

**Petar Janev, inxh. i dipl.**

**TEKNIKA  
HIDROPNEUMATIKE  
PËR VITIN II**

**Shkup, 2013**

**Botues:** MINISTRIA E ARSIMIT DHE SHKENCËS  
E REPUBLIKËS SË MAQEDONISË  
Rr. Mito Haxhivasilev Jasmin, p.N. Shkup

**Recensentë:**

Inxh. i dipl. Dr. Sllave Armenski,  
profesor i rregullt në Fakultetin e Makinerisë – Shkup  
Inxh. e dipl. Stanka Dimovska,  
profesoreshë e në shkollën e mesme „Vllado Tasevski“ – Shkup  
Inxh. e dipl. Vangellka Trajkovska,  
profesoreshë në shkollën e mesme “Boro Petrushevski” - Shkup

**Përkthyes:** Nazmije Sulejmani

**Redaktor profesional:** Prof. Dr. Abdyl Koleci

**Lektore:** Arjeta Çajlani

**Botuesi:** Ministria e arsimit dhe shkencës e Republikës së Maqedonisë

**Shtypi:** Graficki centar dooel, Shkup

**Tirazhi:** 40

Me vendim të Ministrit të Arsimit dhe Shkencës të Republikës së Maqedonisë numër 22-4389/1 të datës 29.07.2010, lejohet përdorimi i këtij libri.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека „Св.Климент Охридски,, Скопје

621.22(075.3)

532/533(075.3)

ЈАНЕВ, Петар

Хидропневматска техника : II година / Петар Јанев. - Скопје :

Министерство за образование и наука на Република

Македонија, 2010. - 108 : илустр. ; 24 см

Библиографија: стр. 108

ISBN 978-608-226-117-1

COBISS.MK-ID 84284682

# P Ë R M B A J T J A

## I. HIDRAULIKA

### VEÇORITË FIZIKE TË FLUIDËVE

- 1) Sistemet hidraulike për përcjellje të energjisë,  
përparësitë dhe mangësitë ..... 1
- 2) Veçoritë fizike të fluidëve ..... 3
- 3) Lëngu ideal dhe real ..... 8

### HIDROSTATIKA

- 4) Shtypja hidrostатike ..... 11
- 5) Barazimi themelor i hidrostатikës ..... 14
- 6) Shtypja hidrostатike e sipërfaqeve të lakuara ..... 17
  - 6.1 Shtypja e lëngut nëpër muret e gypave,  
nyjeve të gypave dhe rezervuarëve ..... 18
- 7) Instrumentet për matjen e shtypjes ..... 21
  - 7.1 Instrumentet me lëng ..... 21
  - 7.2 Instrumentet metalike (deformacione) ..... 25
- 8) Caktimi i dendësisë së lëngut me ndihmën e shtyllës së lëngët ..... 27
- 9) Ligji i Paskalit ..... 29
- 10) Makinat hidraulike dhe parimi i punës
  - 10.1 Presa hidraulike ..... 31
  - 10.2 Akumulatori hidraulik ..... 33
- 11) Karakteristikat e sipërfaqeve të lëngjeve me shtypje të njëjta ..... 35
  - 11.1 Sipërfaqja e lëngut në enë e cila qëndron qetë ..... 36
  - 11.2 Sipërfaqja e lëngut në enë e cila lëviz me nxitim drejtvizor ..... 37
  - 11.3 Sipërfaqja e lëngut në enë e cila rrotullohet rreth  
boshtit vertikal ..... 38
- 12) Ekuilibri i trupave të zhytur në lëng dhe stabiliteti  
i trupave që notojnë ..... 39
  - 12.1 Notimi i trupave ..... 39
  - 12.2 Ekuilibri i trupave të zhytur në lëng ..... 40
  - 12.3 Stabiliteti i trupave që notojnë ..... 41
- Shembuj ..... 45

## HIDRODINAMIKA

13) Llojet e rrymimit, vijat rrymuese .....	51
14) Rrjedhja dhe shpejtësia mesatare.....	55
15) Barazimi i Bernulit për lëngjet ideale dhe reale .....	56
16) Zbatimi i barazimit të Bernulit.....	59
16.1 Gypi i Venturit (ujëmatësi i Venturit) .....	59
16.2 Pompa me avull (ejektori) .....	60
16.3 Gypi pito.....	64
17) Rrymimi laminar dhe turbulent i lëngut.....	66
17.1 Numri i Rejnoldit dhe shpejtësia kritike.....	67
18) Lëvizja e barabartë e lëngut nëpër gypa me prerje konstante .....	68
19) Humbja e energjisë dhe koeficienti i rezistencës gjatë regjimit laminar dhe turbulent të lëvizjes .....	70
20) Rrjedhja e lëngut nëpër vrimën e vogël .....	74
20.1 Rrjedhja e lëngut nëpër vrimën e vogël tërthore në mur të hollë.....	75
20.2 Rrjedhja e lëngut nëpër currilin unazor .....	77
21) Goditja hidraulike dhe masat për tejkalimin e saj.....	78
22) Lëvizja e lëngut nëpër kanal in e hapur .....	81
Shembuj .....	87

## II. PNEUMATIKA

23) Zhvillimi dhe ndarja e pneumatikës.....	93
24) Krahasimi i sistemeve pneumatike me ato hidraulike.....	94
25) Veçoritë e ajrit si fluid punues .....	95
26) Barazimi i gjendjes së gazeve reale .....	97
27) Rrymimi i ajrit të komprimuar .....	99
28) Barazimi i kontinuitetit.....	100
29) Barazimi i Bernulit.....	101
30) Krahasimi i humbjeve në gypat nga fërkimi dhe nga ndryshimi i kahjes së lëvizjes së gazeve .....	102
Shembuj .....	106
Literatura .....	108

## Hyrje

Libri shkollor Teknika hidropneumatike është shkruar sipas programit të paraparë mësimor për teknik makinerie energjetike për vitin II, me fond 2 orë në javë.

Qëllimi i këtij libri është që nxënësit të informohen dhe të pajisen me dituri themelore për aplikimin e hidraulikës dhe pneumatikës në industri. Për këtë qëllim ky libër është ndarë në dy kapituj, hidraulika dhe pneumatika, sipas programit mësimor për profesionin e makinerisë energjetike.

Në kapitullin me titull Hidraulika janë analizuar konceptet themelore nga hidrostatika dhe hidropneumatika.

Në pjesën për Hidrostatikën janë analizuar vetitë fizike të lëngjeve, konceptet dhe ligjet themelore dhe zbatimi i tyre.

Në kapitullin për Hidrodinamikën janë shpjeguar llojet e rrymimit, barazimet themelore të rrymimit, humbjet e energjisë gjatë lëvizjes së fluideve të lëngshme, nocioni për goditjen hidraulike dhe masat për zvogëlim ose tejkalim të saj.

Në kapitullin Pneumatika janë analizuar vetitë themelore të fluideve të gazta, posaçërisht të ajrit si fluid punues. Janë analizuar barazimet për rrymimin e ajrit të komprimuar, humbjet e energjisë gjatë rrymimit dhe përparësitë teknike midis sistemeve hidraulike dhe pneumatike.

Gjatë konceptimit të këtij libri autori është orientuar sipas programit të paraparë mësimor. Është përpjekur që ky libër të fitojë cilësi sa më të mirë profesionale dhe teknike. Për këto tentime kanë dhënë kontribut edhe vërejtjet konstruktive të recensuesve. Të gjitha sugjerimet dhe vërejtjet e mëtejshme me qëllime të mira për përmirësim të cilësisë do të pranohen me kënaqësi. Autori e shpreh falënderimin e tij të singertë ndaj të gjithë atyre të cilët kanë kontribuar për botimin e këtij libri.

Autori



# **H I D R A U L I K A**





## ZHVILLIMI HISTORIK

Hidraulika numërohet midis fushave më të vjetra shkencore, sepse objektet hidraulike janë bërë që prej para erës së re, si për shembull, kanalet për ujitje në Egjipt, gardhet për mbrojtje nga vërshimet në Kinë dhe Indi, pastaj instalimet e ujësjellësit në Greqinë e vjetër, akueduktët, banjat romake etj. Si punim i parë shkencor nga hidraulika llogaritet ligji i Arkimit për notimin e trupave, të shkruar para më tepër se 2000 viteve. Pastaj Galileu ka dëshmuar se madhësia e rezistencës gjatë lëvizjes së trupave të ngurtë nëpër fluide varet nga dendësia e fluidit dhe shpejtësia e lëvizjes së trupit. Gjithashtu, Leonardo da Vinçi, Paskali, Njutni, Toriçeli, Bernuli, Ojleri, Lomonosovi kanë bërë tentime ose kanë zgjidhur probleme të ndryshme nga fusha e hidraulikës.

Gjatë zgjidhjes së problemeve shpesh nuk ka mjaftuar vetëm në mënyrë matematikore të tregohet ligjshmëria e caktuar, por gjithashtu të vërtetohet me të dhëna eksperimentale. Ligjet themelore të hidraulikës të vendosura nga Arkimedi, Paskali, Bernuli e të tjerë, kanë mundësuar ndryshim masiv të hidraulikës në industri kah fundi i shekullit XIX dhe fillimi i shekullit XX. Sot me aplikimin e automatizimit të prodhimit, hidraulika zbatohet në industrinë makinerike, në industrinë e aviacionit, në ndërtimtarinë, në xehetarinë, në industrinë e automjeteve motorike, në bujqësi dhe në fusha të tjera.

### 1. SISTEMET HIDRAULIKE PËR PËRCJELLJE TË ENERGJISË, PËRPARËSITË DHE MANGËSITË

Sistemi për përcjellje të energjisë mund të jetë mekanik, elektrik, hidraulik, pneumatik ose i kombinuar. Çfarë sistemi do të zgjidhet, përcaktohet nga faza e projektit edhe atë sipas procesit teknologjik, kushteve për punë dhe mundësive të shfrytëzuesit.

Përcjellja hidraulike e energjisë mund të bëhet si:

**1. Përcjellje hidrostatike** (volumetrike) e energjisë, ku energjia përcillet vetëm me ndihmë të presionit të lëngut punues.

**2. Përcjellja hidrodinamike** e energjisë ku si bartës janë shtypjet dhe shpejtësia e rrymimit të punës së lëngut.

Sistemi hidraulik për përcjellje të energjisë është përbërë nga më tepër elemente të lidhura midis veti në një tërësi, edhe atë: rezervuar me lëng punues, pompë, elemente për drejtim (valvola dhe përcjellës), elemente për lidhje (gypa dhe shtojca), elementë për pastrim, akumulatorë hidraulik dhe instrumente të nevojshme matëse dhe kontrolluese.

Detyra themelore e sistemit hidraulik është transformim të energjisë mekanike nga motori punues (elektromotori ose motori me djegie të brendshme) në energji hidraulike të lëngut punues (energji të shtypjes dhe energji të rrymimit), me çka kryen një punë të caktuar.

Domethënë, gjatë përcjelljes së energjisë, transformimi bëhet dy herë: pompa e shndërron energjinë mekanike te motori punues në energji hidraulike të lëngut punues, kurse organi ekzekutiv (motori hidraulik) e shndërron energjinë hidraulike të lëngut punues në energji mekanike me çka kryhet punë.

Duke e krahasuar sistemin hidraulik për përcjellje të energjisë me sisteme të tjera, mund të bëhen këto përhapësi dhe mangësi:

**Përparësitë:**

- Shkallë e lartë e shfrytëzimit (rreth 95%);
- Mundësi për realizim dhe punë në çfarëdo kushtesh klimatike;
- Siguri e lartë gjatë punës në afat të gjatë (15 deri 20 vjet);
- Dimensione dhe pesha të vogla (10 deri 20%) në krahasim me agregatat elektrike me forca të njëjta;
- Kontroll i kontinuar dhe rregullim i shpejtësisë së shtypjes punuese në sistem;
- Diapazon i madh i rrotullimeve te hidromotorët (maksimal – minimal 1000:1);
- Momente të vogla të inercionit te pjesët lëvizëse, sepse gabaritet e hidromotorit ose pompës janë afërsisht 80% më të vogla se sa të njëjtat te sistemet e tjera.
- Mbrojtje e thjeshtë nga stërngarkimi i çdo elementi (nëpërmjet kanaleve sipërfaqësore teprica e lëngut kthehet në rezervuar);

- Gjatë ndërtimit të sistemit hidraulik shfrytëzohen shumë elemente standarde.

**Mangësitë:**

- Ndryshime të jashtme të temperaturës kanë ndikim të madh ndaj parametrave punues;
- Konstruksion, montazh dhe mirëmbajtje të ndërlikuar;
- Afat i shkurtë i të gjitha elementeve ndërlihdhëse dhe mundësi për rrjedhje të lëngut punues nga sistemi;
- Varshmëri e madhe reciproke e shtypjes punuese, shpejtësisë së rrymimit dhe madhësisë së rrjedhjes;
- Nevojitet pastërti e madhe të lëngut punues dhe hermetizim maksimal në tërë gjatësinë e sistemit;
- Shkallë më e ulët e shfrytëzimit të sistemeve elektrike.

## 2. VEÇORITË FIZIKE TË FLUIDEVE

Ngase fluidet veçohen me forca të vogla ndërmolekulare, grimcat e tyre janë mjaft lëvizëse dhe vëllimi gjithmonë aftësohet sipas formës së enës ku është vendosur fluidi. Vetitë fizike të fluideve të cilat kanë ndikim ndaj parametrave punues do të analizohen sikurse vijon:

– **Dendësia** shënohet në sistemin ndërkombëtar me simbolin ( $\rho$ ) dhe paraqet masë të fluidit ( $m$ ) të përmbajtur në njësinë vëllimore ( $V$ ).

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Edhe përveç asaj se dendësia është madhësi e ndryshueshme, madhësia (varësisht nga temperatura dhe shtypja), në kushte punuese normale konsiderohet se dendësia e fluideve është madhësi konstante. Kështu, në praktikë merret se uji i cili i përgjigjet temperaturës prej 4 [°C] ka dendësi konstruktive  $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ .

Në tabelën që vijon janë dhënë vlerat për dendësinë ( $\rho$ ) të lëngjeve të caktuara, viskoziteti dinamik ( $\eta$ ) dhe viskoziteti kinetik ( $\nu$ ) në temperaturë prej 20 [°C].

Lëngu	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\eta$ [Pa]	$\nu$ [m <sup>2</sup> /s]
Uji	998,2	1065.10 <sup>-6</sup>	1066.10 <sup>-6</sup>
Benzoli	879	670.10 <sup>-6</sup>	0,762.10 <sup>-6</sup>
Gliceroli	1250 – 1260	105000.10 <sup>-6</sup>	836.10 <sup>-6</sup>
Benzina	680 – 705	(578 – 620).10 <sup>-6</sup>	(0,85 – 0,88).10 <sup>-6</sup>
Metilalkooli	791	600.10 <sup>-6</sup>	0,759.10 <sup>-6</sup>
Vaji makinerik	877– 982	40700.10 <sup>-6</sup>	444.10 <sup>-6</sup>
Zhiva	13547	1566.10 <sup>-6</sup>	0,115.10 <sup>-6</sup>
Nafta	760 – 900	(53,2 – 126).10 <sup>-3</sup>	(25 – 140)10 <sup>-6</sup>
Etilalkooli	789,3	1240.10 <sup>-6</sup>	1,57.10 <sup>-6</sup>

– **Shtypja** është veti e lëngjeve që ta ndryshojë vëllimin dhe dendësinë gjatë ndryshimit të shtypjes dhe temperaturës. Gjatë ndryshimit të shtypjes ajo definohet me koeficientin me shtypjen vëllimore ( $k$ ), që njehsohet sipas barazimit:

$$k = -\frac{\Delta V/V_1}{\Delta p} = -\frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V_1} \left[ \frac{1}{\text{Pa}} \right], \text{ ku është:}$$

$\Delta p = p_2 - p_1$  [Pa] – ndryshimi i shtypjes, kurse

$\Delta V = V_1 - V_2$  [m<sup>3</sup>] – ndryshimi i vëllimit.

Shenja (–) tregon se për zvogëlim të shtypjes përgjigjet rritja e vëllimit dhe e kundërta.

Vlera reciproke e koeficientit të shtypjes quhet *modul i shtypjes ose modul i kompresionit K*.

$$K = \frac{1}{k} \text{ [Pa]}$$

Moduli i kompresionit  $K$  ndryshon varësisht nga lloji i lëngut, shtypja dhe temperatura. Shtypja gjatë ndryshimit të temperaturës definohet me koeficient përfshirës të dilatacionit të temperaturës  $\alpha_v$ :

$$\alpha_v = \frac{\Delta V/V_1}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta V}{V_1} \left[ \frac{1}{\text{K}} \right]$$

Meqë  $\Delta t = t_2 - t_1$  fitohet:  $\Delta V = \alpha_v \times \Delta t \times V_1$  [ $m^3$ ]

Me rritjen e temperaturës së lëngut për vlerën  $\Delta t$  rritet edhe vëllimi i tij, prandaj vëllimi i ri është:

$$V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 \cdot (1 + \alpha_v \cdot \Delta t) \text{ [m}^3\text{]}$$

– **Viskoziteti** ose fërkimi i brendshëm paraqet rezistencën gjatë lëvizjes së fluidit si pasojë e fërkimit reciprok të grimcave dhe fërkimit midis fluidit dhe mureve të enës nëpër të cilën lëviz. Nëse fluidi rri i qetë (fluidi ideal), atëherë nuk ka fërkim të brendshëm. Fluid ideal ose të përsosur në natyrë nuk ekziston. Me studimin teorik të fluidit ideal fitohen rezultate me lëng të kënaqshëm.

Në figurën 1 është paraqitur rrymimi i fluidit i përbërë prej rrymimeve elementare – shtresave të holla, të renditura në distancë reciproke  $\Delta y$ . Nëse shpejtësitë e rrymimit të të dy shtresave fqinje i shënojmë me  $\vartheta$ , respektivisht  $\vartheta + \Delta\vartheta$ , sipas teorisë së Njutnit forca e fërkimit nëpër sipërfaqen takuese  $A$  në të dy shtresat është:

$$F_\mu = \eta \cdot A \frac{\Delta v}{\Delta y}, \text{ [N]} \text{ ku është:}$$

$\eta$  [ $Pa \cdot s$ ] – koeficienti i viskozitetit dinamik,

$A$  [ $m^2$ ] – sipërfaqja takuese.

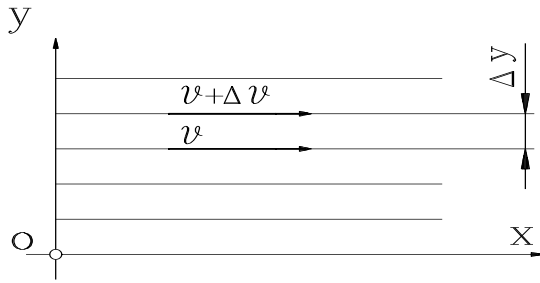


Fig. 1: Rrymimi i fluidit viskoz

Viskoziteti themelor dinamik ( $\eta$ ) ekziston dhe viskoziteti kinetik ( $\nu$ ). Koeficienti e viskozitetit kinetik është raporti midis koeficientit të viskozitetit dinamik ( $\eta$ ) dhe dendësisë së fluidit ( $\rho$ ).

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

Viskoziteti varet nga lloji i lëngut, shtypja dhe temperatura. Me rritjen e temperaturës viskoziteti i lëngut zvogëlohet, kurse me zvogëlimin e temperaturës viskoziteti rritet. Te gazet kjo varësi e temperaturës është e kundërt.

– **Absorbimi** është aftësi e lëngut që t'i thithë dhe t'i zbërthejë gazet. Madhësia e absorbimit varet nga shumë faktorë: lloji i lëngut dhe gazit, temperatura e tyre dhe madhësia e shtypjes së gazit i cili gjendet mbi sipërfaqen e lëngut.

Numri i cili tregon se çfarë vëllimi nga ndonjë gaz mund të absorbojë një litër lëng në 0 [°C] gjatë shtypjes normale prej 1,0132 [bar] është quajtur *koeficienti i absorbimit*.

Eksperimentet kanë treguar se sasi e njëjtë e lëngut në temperaturë të caktuar gjithmonë absorbon vëllim të njëjtë të gazit gjegjësisht, pavarësisht se nën çfarë shtypjeje është gazit. Për shembull, 1[l] ujë në temperaturë prej 20 [°C] të absorbojë 31 [cm<sup>3</sup>] oksigjen, pavarësisht oksigjeni A është nën shtypjeje prej 1, 2, 3 ose më tepër [Pa]. Por, duhet pasur kujdes se sipas ligjit të Bojl–Mariotit, në një vëllim të caktuar prej 37 [cm<sup>3</sup>] ujë nën shtypjeje prej 2 [Pa] gjendet dy herë masë më e madhe e oksigjenit, nën shtypjeje prej 3 [Pa] tri

herë më tepër... në krahasim me vlerën themelore gjatë shtypjes prej 1 [Pa]. Konkludimi i njëjtë ka të bëjë edhe me gaze të tjera të cilat absorbohen në lëng. Këto konkludime nëpërmjet rrugës eksperimentale i ka vërtetuar Anri në vitin 1803. Ai ka konstatuar se sasia e gazit të absorbuar në çfarëdo qoftë lëng në temperaturë të caktuar është në proporcion të drejtë me shtypjen nën të cilën bëhet absorbimi.

Gjithashtu, është dëshmuar se nëse temperatura e lëngut është më e madhe, atëherë vëllimi i gazit të absorbuar do të jetë më i vogël.

– **Kapilariteti** është veti e lëngjeve në enë me dimensione të vogla (enë kapilare) që të ngriten mbi ose të lëshohen nën nivelin themelor në enë.

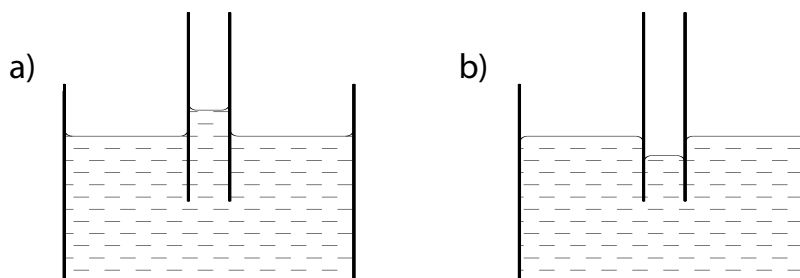


Fig. 2 Kapilariteti

Në Fig. 2a është paraqitur kapilariteti te lëngjet me dendësi të vogël (ujë, alkool...), kurse në Fig. 2b për lëngje me dendësi më të vogël (zhivë, vaj...).

Të lagurit e mureve  $A$  do të jetë mbi ose nën nivelin themelor të lëngut në enë, varet nga lloji i lëngut dhe lloji i materialit nga i cili është bërë ena.

– **Kavitacioni** nuk është veti fizike, por dukuri negative gjatë rrymimit të lëngut, me çka bëhet shkatërrimi i materialit në sipërfaqet kufitare të instalimit. Kavitacioni bëhet gjatë rrymimit të lëngut nëpër gypërcjellësit të cilët kanë ngushtime të dukshme të prerjes tërthore. Atëherë në ato vende shpejtësia e rrymimit rritet, kurse shtypja zvogëlohet. Gjatë rrymimit nëpër kanale rrymuese të cilat rrotullohen (te të gjitha turbomakinat), gjithmonë ekziston rrezik në rrjedhën rrymore që të ekzistojnë zona në cilat shtypja është më e vogël nga shtypja atmosferike, d.m.th. të mbisundojë nënshtypje.

Kjo nënshtypje mund të arrijë vlerë e cila është më e vogël nga vlera e shtypjes në avullin e ngopur të lëngut për temperaturën punuese. Atëherë në atë pjesë të hapësirës rrymore do të bëhet avullimi i lëngut. Avulli do të përqendrohet në pjesët e hapësirës rrymore, duke formuar të ashtuquajtura *kaverne*. Këto kaverne, të sjella nga rrymimi, mund të vinë në zonën me shtypje më të lartë se shtypja e avullit të ngopur. Në ato zona bëhet përqendrimi i avullit dhe grimcave të krijuara gjatë kondensimit së bashku me grimcat përreth, duke tentuar që shpejt ta plotësojë hapësirën Pa ajër (hapësirën e zbrazur nga avulli i cili kondensohet), lëvizin me shpejtësi të madhe. Pastaj ato midis veti ndeshen dhe goditen në muret e gypërcjellësit, goditjet janë shkatërruese dhe shkaktojnë dëmtime në sipërfaqet e forta. Kjo dukuri e shkatërrimit të materialit në sipërfaqet kufitare është e njohur nën emrin **kavitacion**.

Mënyra më e mirë që të shmangët dukuria e kavitacionit është të sigurohet konstruktiv i mirë i kanaleve përcjellëse (gypërcjellësve) dhe forma e sipërfaqeve kufitare nga aspekti rrymor–teknik. Kavitacioni në raste të caktuara, si për shembull te pompat centrifugale, paraqet faktor të limituar për dimensionim të pjesëve të caktuara nga makina rrymore. Kavitacioni manifestohet me dridhje (vibrime) të pakëndshme të makinave dhe gypërcjellësve, të shoqëruara me zhurmë të pakëndshme.

### 3. LËNGU IDEAL DHE REAL

Fluid ideal ose i përsosur në natyrë nuk ekziston. Me studimin teorik të fluidit ideal fitohen rezultatet me lëngun e kënaqshëm. Por, për shkak të llogaritjes së thjeshtë në hidrostatikë praktikohet termi ***lëngu ideal***. Ky është lëng në të cilin nuk ekziston fërkimi (viskoziteti) i brendshëm dhe rrymimi do të ishte i stacionuar – me shpejtësi konstante. Rezultatet e fituara për lëngun e parashikuar ideal janë valide për hidrostatikën, por dallohen nga dukuritë dhe ligjet të cilat analizohen në hidrodinamikë.

Ligjet themelore të hidrostatikës janë me rëndësi të madhe dhe zbatohen në praktikë (ligji i Paskalit, notimi i trupave, shtypja hidrostatike), kurse do të analizohen më poshtë në pjesën për hidrostatikën.



Lëngjet janë mjaft pak shtypëse. Eksperimentalisht është vërtetuar se vëllimi i ujit zvogëlohet për 0,5% nëse shtypja rritet prej 1 deri 100 (bar). Koeficienti i shtypjes sillet  $5 \times 10^{-6}$  ( $\text{kp}/\text{cm}^2$ ). Përndryshe, lëngjet janë joshtypëse dhe elastike, por nëse krahasohen me trupat e ngurtë ato janë shtypëse.

Termi ***lëngu real*** analizohet gjatë lëvizjes (kinetike dhe dinamike) të lëngjeve. Ekzistojnë shumë lloje të rrymimit, kurse çdo rrymim i lëngjeve do të definohet në qoftë se në çdo moment mund të caktohen parametrat themelorë: *shpejtësia* ( $\vartheta$ ), *shtypja* ( $p$ ) dhe *dendësia* ( $\rho$ ) e lëngut varësisht nga *koha* ( $t$ ) dhe pozita në hapësirë.

Në Kinematikë dhe Hidrodinamikë do të njihemi me llojet e rrymimit, barazimin e kontinuitetit, me barazimin e Bernulit për energjetikë, me rrymimin laminar dhe turbulent, shpejtësinë mesatare, rezistencat gjatë rrymimit të lëngut real, me termin me të cilin haset njeriu gjatë të mësuarit dhe zbatimit të fluideve të lëngëta dhe të gazta.

Pyetje për verifikim:

1. Si mund të jetë përcjellja hidraulike e energjisë?
2. Cilat janë vetitë fizike të fluideve?
3. Çka është shtypja?
4. Çka është viskoziteti?
5. Cili është dallimi midis lëngut ideal dhe real?
6. Cilat janë përparësitë e sistemit hidraulik?
7. Cilat janë mangësitë e sistemit hidraulik?
8. Çka është dendësia e fluidit?
9. Çka është shtypja?
10. Çka është absorbimi?
11. Çka është kavitacioni?
12. Për cilin lëng themi se është lëng ideal ose real?

Përfundim

Me materialin e paraqitur në kapitullin e parë nxënësit njihen me vetitë fizike të fluideve, çka është shtypja ose viskoziteti dhe cili është dallimi midis lëngut ideal dhe real. Gjithashtu njihen me dendësinë, shtypjen dhe absorbimin e atyre fluideve dhe me mënyrat për zvogëlimin e tyre. Kjo do të ndihmojë gjatë përcjelljes së mëtejshme të programit mësimor.

# H I D R O S T A T I K A

## 4. SHYTPJA HIDROSTATIKE

Hidrostatika është pjesë e hidraulikës e cila i studion ligjet gjatë qetësimit të lëngjeve. Atëherë lëngjet sillen si fluide ideale, sepse viskoziteti nuk merret parasysh. Në këtë gjendje analizohen ligjet e ekuilibrit.

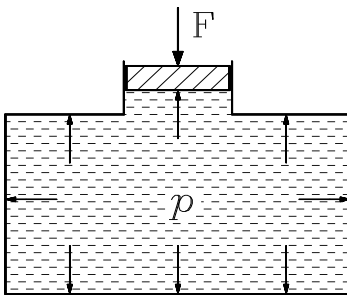


Fig. 3 Shtypja hidrostatike

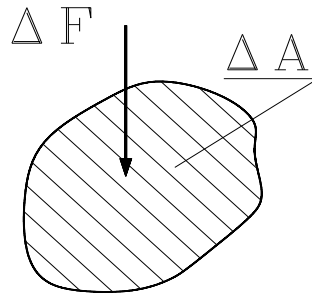


Fig. 4 Sipërfaqja elementare

Që të shpjegojmë se çka është shtypja hidrostatike, e vështrojmë një enë të mbyllur të mbushur plot me lëng të qetë – nuk lëviz. Nëse në sipërfaqen e lëngut vepron me forcë të jashtme ( $F$ ) nëpërmjet pistonit me sipërfaqe takuese ( $A$ ), nga veprimi i forcave të jashtme në lëng do të paraqitet forcë e brendshme e reaksionit (Fig. 3). Kjo forcë në lëng manifestohet si presion ( $p$ ) që vepron normalisht në të gjitha anët e lëngut. Madhësia e asaj shtypjeje caktohet sipas barazimit:

$$p = \frac{F}{A} \text{ [Pa].}$$

Për caktimin e saktë matematikor të madhësisë së shtypjes (presionit) në cilëndo qoftë pikë të lëngut, vëzhgohet sipërfaqja elementare ( $\Delta A$ ), ndaj të cilës vepron forca elementare ( $\Delta F$ ) (Fig. 4). Nëse zvogëlohet madhësia e

sipërfaqes elementare ( $\Delta A$ ), do të zvogëlohet edhe madhësia e forcës elementare ( $\Delta F$ ), e cila vepron ndaj saj.

Vlera kufitare e raportit ndërmjet forcës elementare ( $\Delta F$ ) dhe sipërfaqes elementare ( $\Delta A$ ) do të jetë madhësi përfundimtare dhe do ta paraqesë madhësinë e shtypjes në pikën përkatëse.

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta F}{\Delta A} \right)$$

Domethënë, madhësia e shtypjes në cilëndo qoftë pikë paraqet vlerë kufitare nga raporti i forcës elementare të shtypjes ( $\Delta F$ ) dhe sipërfaqes elementare ( $\Delta A$ ) kur ajo tenton kah zeroja.

Njësia për matje të shtypjes është *paskal* [Pa]. Një paskal paraqet shtypjen e prodhuar nga fuqia e forcës prej 1[N] (1njutën) në mënyrë të barabartë të shpërndarë në sipërfaqe prej një metër katror.

$$1 \text{ [Pa]} = \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

Në sistemin ndërkombëtar për njësi matëse përdoren edhe këto njësi: hektopaskal [hPa] = 10<sup>2</sup> [Pa], kilopaskal [kPa] = 10<sup>3</sup> [Pa], megapaskal [MPa] = 10<sup>6</sup> [Pa]. Në teknikë shpesh përdoret njësi matëse [bar], respektivisht:

$$1 \text{ [bar]} = 10^5 \text{ [Pa]}.$$

Shtypja e cila paraqitet në lëng, faktikisht jep forcë të reaksionit e cila sipas intensitetit është e barabartë me forcën e jashtme, por me kahje të kundërt që të krijohet ekuilibër. Forca e reaksionit ndaj pistonit caktohet sipas barazimit:

$$R = p \cdot A = \frac{F}{A} \cdot A = F \text{ [N]}.$$

Domethënë, si pasojë nga veprimi i forcës së jashtme ndaj lëngut të qetë, në lëng paraqitet shtypja e cila quhet **shtypje hidrostatike**.

Te enët e mbyllura (lumenjtë, liqenet, detet...), kur nuk ekziston forcë e jashtme ndaj sipërfaqes së lëngut, në thellësi ( $h$ ), nga sipërfaqja e lirë ekziston shtypje hidrostatike në brendinë e lëngut. Në rast të tillë shtypja hidrostatike në lëngje është prodhim i dendësisë së lëngur ( $\rho$ ), nxitimit të Gravitetit të tokës ( $g$ ) dhe thellësisë ( $h$ ) (lartësisë së shtyllës ujore prej shpërfaqjes deri te pika vrojtuese).

$$p = \rho \cdot g \cdot h \text{ [Pa]}.$$

Nga barazimi për shtypje hidrostatike shihet se madhësia e shtypjes hidrostatike, në cilëndo qoftë pikë të vrojtuar, varet posaçërisht nga thellësia ( $h$ ) – e cila është madhësi e ndryshueshme. Ky konstatim është i saktë, sepse dendësia llogaritet si madhësi konstante për lëngjet sintetike, por gjithashtu edhe ndikimi i gravitetit të Tokës ( $g$ ) ka vlerë konstante. Domethënë, të gjitha pikat që shtrihen në një rrafsh horizontal (në thellësi të njëjtë), janë nën ndikim të shtypjes së njëjtë hidrostatike. Në rastin e përgjithshëm, madhësia e shtypjes hidrostatike ( $p$ ) dallohet nga madhësia e shtypjes atmosferike  $p \neq p_{at}$ . Nga kjo vijon se edhe ndryshimi i shtypjeve është  $p - p_{at} \neq 0$ .

Shtypja atmosferike ( $p_{at}$ ) është shtypje e ajrit në atmosferë për shkak të masës së vet. Definicioni për atmosferën fizike paraqet madhësi mesatare të shtypjes së ajrit ndaj sipërfaqes së detit në temperaturë prej 0 [°C] dhe është 101325 [Pa] = 1,01325 [bar].

Në teknikë, për shkak të mënyrës të matjes së shtypjes, shpesh manipulohet me ndryshimin e shtypjes në raport me shtypjen atmosferike (Fig. 5) dhe janë futur termat: *shtypja absolute*, *mbishtypja* dhe *nënshtypja (vakumi)*.

1. Nëse shtypja matëse është  $p > p_{at}$  atëherë ndryshimi i shtypjeve  $p - p_{at}$  quhet *shtypje manometrike* ose **mbishtypje** dhe shënohet me ( $p_m$ ), kurse njehsohet me barazimin:

$$p_m = p - p_{at} [\text{Pa}]$$

2. Nëse shtypja matëse është  $p < p_{atr}$  atëherë ndryshimi i shtypjeve  $p_{at} - p$  quhet *nënshtypje manometrike* ose **vakum** dhe shënohet me ( $p_v$ ), kurse njehsohet me barazimin:

$$p_v = p_{at} - p [\text{Pa}]$$

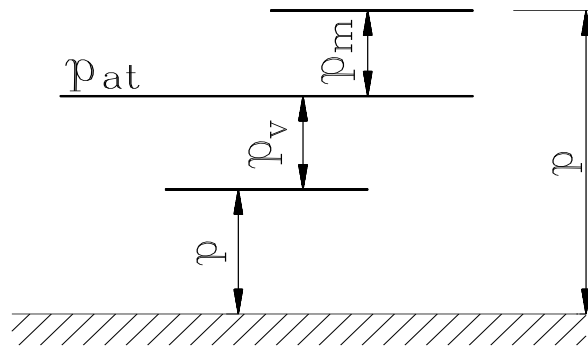


Fig. 5 Llojet e shtypjes

Nga barazimi për mbishtypjen dhe nënshtypjen shihet se gjithmonë  $p_m > 0$ , kurse  $p_v < 0$ . Në shprehjet për mbishtypje dhe nënshtypje me  $p$  është shënuar shtypja **absolute** hidrostатike e cila lehtë mund të njehsohet kur është e njohur mbishtypja, respektivisht nënshtypja:

– gjatë mbishtypjes:  $p = p_m + p_{at} [\text{Pa}]$ ,

– gjatë nënshtypjes:  $p = p_{at} - p_v [\text{Pa}]$ .

## 5. BARAZIMI THEMELOR I HIDROSTATIKËS

Që ta definojmë barazimin themelor të hidrostатikës, shqyrtohet gjendja ekuilibruese e prizmit elementar me bazë  $A$  dhe lartësi  $H$ , nga lëngu i qetë në enë të mbyllur (Fig. 6a).

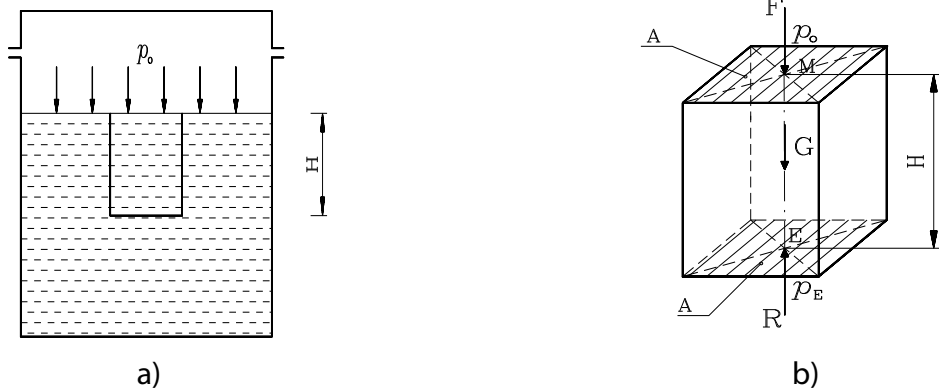


Fig. 6 Gjendja ekuilibruese

Në meset M dhe E në anën e sipërme dhe të poshtme të prizmit veprojnë shtypjet ( $p_0$ ) dhe ( $p_E$ ) (Fig. 6b). Nëse për prizmin supozojmë pozitë ekuilibruese, konstatojmë me sa vijon:

Forcat që veprojnë në krahët anësore të prizmit midis vete eliminohen, sepse janë të barabarta sipas intensitetit por me kahje të kundërta;

I. Forcat që veprojnë vertikalisht teposhtë janë:

1. Forca e shtypjes ( $F$ ) ndaj bazës së sipërme të prizmit. Nëse ajo bazë përputhet me nivelin e lëngut, atëherë  $p_M = p_0$ , prandaj vijon se:

$$F = p_M \cdot A = p_0 \cdot A \text{ [N]}$$

2. Forca e masës së vëllimit të vrojtuar të fluidit të lëngshëm (prizmi elementar):

$$G = v \cdot \rho \cdot g = H \cdot A \cdot P \cdot g \text{ [N], ku:}$$

- $A \text{ [m}^2\text{]}$  – sipërfaqja e bazës së prizmit,
- $V \text{ [m}^3\text{]}$  – vëllimi i prizmit elementar,
- $H \text{ [m]}$  – lartësia e prizmit elementar,
- $\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$  – dendësia e lëngut.

II. Forcave që veprojnë vertikalisht teposhtë, i kundërvihet forca e reaksionit  $R$  me intensitet të barabartë, por me kahje të kundërt. Madhësia e vet caktohet me barazimin:

$$R = p_E \cdot A = p \cdot A \text{ [N]}, \text{ ku:}$$

$p$  [Pa] – shtypja hidrostатike në cilëndo qoftë pikë nga sipërfaqja e poshtme  $A$  të prizmit elementar

Që të jetë i qetë prizmi i vrojtuar elementar nga lëngu, ai patjetër duhet të jetë në ekuilibër statik. Kusht për ekuilibrin statik është që shuma e të gjitha forcave të cilat veprojnë në boshtin vertikal ( $y$ ) të jetë e barabartë me zero:

$$\Sigma y = 0; \quad F + G - R = 0$$

Nëse i marrim vlerat për  $F$ ,  $G$  dhe  $R$ , fitohet:

$$p_0 \cdot A + H \cdot A \cdot \rho \cdot g - p \cdot A = 0$$

Nëse të gjithë anëtarët nga barazimi i fundit i pjesëtojmë me  $A$ , fitohet:

$$p_0 + \rho \cdot g \cdot H - p = 0$$

Barazimi paraqet barazim themelor të hidrostатikës dhe me fjalë do të thotë: shtypja e përgjithshme ( $p$ ) në cilëndo qoftë pikë të lëngut të qetë është e barabartë me shtypjen që mbisundojë ndaj sipërfaqes ( $p_0$ ), posaçërisht në shtypjen hidrostатike të lëngut në lartësi (thellësi) në të cilën gjendet pika e vrojtuar.

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot H$$

Me barazimin themelor të hidrostатikës mund të definohet ndryshimi i shtypjeve në dy pika që gjenden në lartësi (thellësi) të ndryshme).

$$p - p_0 = \rho \cdot g \cdot H$$



## 6. SHTYPJA HIDROSTATIKE E SIPËRFAQEVE TË LAKUARA

Njehsimi i forcës së shtypjes hidrostатike ndaj sipërfaqeve të lakuara haset në instalimet hidraulike. Ngase ajo forcë vepron normalisht ndaj sipërfaqes së pikës së vrojtuar, te sipërfaqet e lakuara njehsohet tjetër, ndryshe se sa te sipërfaqet e rrafshëta. Për njehsim të intensitetit të forcës së shtypjes hidrostатike ndaj sipërfaqes së lakuar (Fig. 7), së pari duhet të caktohen komponentët (projeksionet) e vet nëpër rrafshin horizontal  $F_x$  dhe vertikal  $F_y$ .

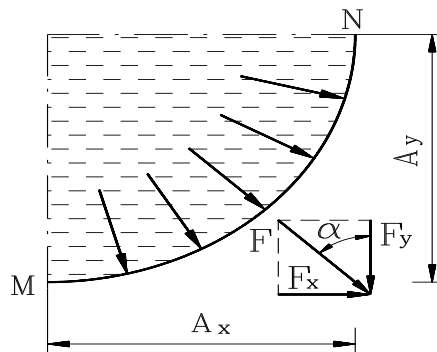


Fig. 7 Shtypja ndaj sipërfaqes së lakuar

Për këtë qëllim vrojtohet pjesa MN e sipërfaqes së lakuar të një rezervuari. Forca e shtypjes hidrostатike vepron normalisht në tangjentën e sipërfaqes së lakuar në cilëndo qoftë pikë të saj. Nga e gjithë kjo që thamë kemi vërtetuar se intensiteti i asaj force sillet:

$$F = p \cdot A \text{ [N]}$$

Ngase projeksioni i sipërfaqes së lakuar në rrafshin horizontal është  $A_x$ , kurse në rrafshin vertikal  $A_y$ , madhësitë e tyre njehsohen me barazimet:

$$A_x = A \cdot \cos \alpha \text{ [m}^2\text{]}, \text{ respektivisht: } A_y = A \cdot \sin \alpha \text{ [m}^2\text{]}.$$

Intensiteti i komponentëve nga forca e përgjithshme e shtypjes hidrostатike caktohet me barazimet:

$$F_x = p \cdot A_y = p \cdot A \cdot \sin \alpha \text{ [N]}; \quad F_y = p \cdot A_x = p \cdot A \cdot \cos \alpha \text{ [N]}.$$

Forca e përgjithshme nga shtypja hidrostатike ndaj sipërfaqes së lakuar caktohet sipas barazimit:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{p^2 \cdot A^2 \cdot (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)} = \sqrt{p^2 \cdot A^2} = p \cdot A \text{ [N]}.$$

Kahja e veprimit ndaj sipërfaqes së lakuar caktohet sipas barazimit:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_x}{F_y}$$

### *6.1 Shtypja e lëngjeve ndaj mureve të gypave, bërthamave të gypave dhe rezervuarëve*

Forca e përgjithshme e shtypjes hidrostатike, e cila vepron ndaj murit të gypit (kur masa e lëngut shmanget) sillet:

$$F = p \cdot d \cdot l \text{ [N]}.$$

Sipërfaqja  $A$  e mureve të gypit caktohet me shprehjen:

$$A = 2 \cdot \delta \cdot l \text{ [m}^2\text{]}, \text{ ku:}$$

$d$  – diametri i brendshëm i gypit,

$\delta$  – trashësia e murit të gypit,

$l$  – gjatësia e gypit.

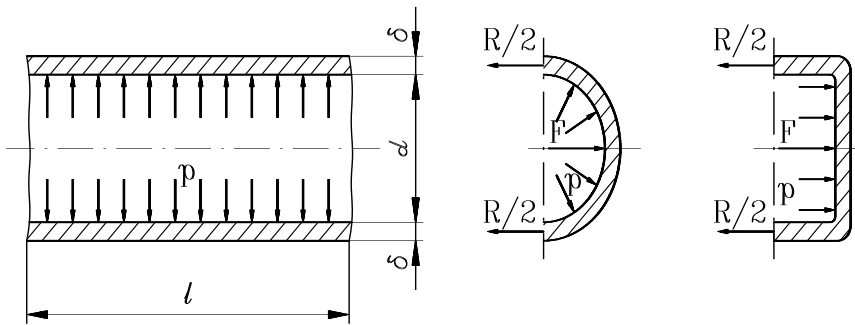


Fig. 8 Shtypja ndaj mureve të gypave

Forca hidrostatike e shtypjes shkakton forcën e reaksionit ( $R$ ) në materialin nga i cili është bërë gypi. Kjo forcë e reaksionit caktohet sipas barazimit  $R = F$  [N], kurse vlera e vet maksimale respektivisht vlera kufitare njehsohet me ndihmën e shprehjes:

$$R_{gr} = A \cdot \sigma_{lej} [N], \text{ ku:}$$

$\sigma_{lej}$  – paraqet tensionin e lejuar të tërheqjes së materialit nga i cili është bërë gypi,

$A$  [ $m^2$ ] – sipërfaqja e prerjes tërthore.

Nga kushtet për ekuilibrin statik mund të caktohet trashësia e murit të gypit:

Respektivisht nëse është  $F = R$  rrjedh se  $p \cdot d \cdot l = 2 \cdot \delta \cdot l \cdot \sigma_{lej}$

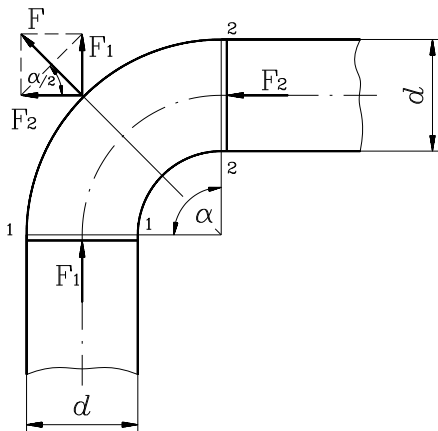
$$\text{Respektivisht } \delta = \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma_{doz}} [m]$$

Trashësia e tillë e njehsuar rritet për vlerën e koeficientit  $A$ , që paraqet shtesë kundër korrozionit. Sipas kësaj, barazimi përfundimtar për trashësinë e murit të gypit është:

$$\delta = \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma_{doz}} + a \text{ [m]}$$

Njehsimi i forcës hidrostatike të shtypjes te rezervuarët bëhet në mënyrë të njëjtë, vetëm se mbahet llogari se rezervuari  $A$  është i hapur ose i mbyllur. Në këtë mënyrë definohet madhësia e shtypjes hidrostatike në rezervuar, e me këtë edhe madhësia e forcës hidrostatike e shtypjes.

Në gypërcjellësit shpesh ka lakesa (bërryla) dhe njehsimi i forcës hidrostatike të shtypjes caktohet sipas Fig. 9. Në lakesën (bërrylin), nën ndikim të shtypjes hidrostatike në prerjet 1-1 dhe 2-2 do të paraqiten forcat  $F_1$  dhe  $F_2$  të cilat tentojnë ta zhvendosin bërrylin e gypërcjellësit. Forca e përgjithshme hidrostatike e shtypjes ( $F$ ) është e barabartë me rezultanten e forcës së përforcimit të bërrylit me gypërcjellësit.



Ngase shtypja hidrostatike  $p$  në gyp është e barabartë kudo, prerja tërthore e gypit gjithashtu është e barabartë, rrjedh se forcat e shtypjes hidrostatike do të jenë të barabarta, d.m.th.

$$F_1 = F_2 = p \cdot A = p \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \text{ [N]}.$$

Fig. 9. Shtypja ndaj bërrylit

Rezultantja e forcës së përgjithshme të shtypjes hidrostatike fitohet me mbledhje gjeometrike të forcave të veçanta, d.m.th.

$$F = F_1 + F_2 = 2 \cdot p \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = p \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \text{ [N]},$$

$$\text{ose } F = (F_1 + F_2) \sin \frac{\alpha}{2} \text{ [N]}$$

## 7. INSTRUMENTET PËR MATJEN E SHTYPJES

Për matjen e shtypjes hidrostatike përdoren instrumente të ndryshme, të cilat ndahen në dy grupe kryesore:

1. Instrumentet me lëng dhe
2. Instrumentet metalike (deformacione).

### 7.1 Instrumentet me lëng

Matja e shtypjes hidrostatike me këto instrumente bëhet me matjen e lartësisë së shtyllës së lëngut, që paraqitet për shkak të dallimit të shtypjeve. Me këto instrumente mund të maten shtypja atmosferike (barometri), mbi-shtypja (manometri) dhe nënshtypja (vakummetri).

Të gjitha instrumentet me lëng kanë konstruksion të thjeshtë, kurse si lëng pune përdoret zhiva, uji i distiluar ose etilalkooli.

**Barometri** (fig. 10) shërben për matjen e shtypjes atmosferike. Si lëng pune shpesh përdoret zhiva. Në gotën e hapur të qelqit 1 të mbushur me zhivë, është zhytur gypi i hollë 2, i cili prej më parë gjithashtu është mbushur me zhivë. Gypi ka gjatësi prej 1 [m], kurse skaji i sipërm i tij është i mbyllur.

Hapësira e zbrazët (lartë), e cila krijohet gjatë rrotullimit të gypit është e mbushur me avull të zhivës dhe në atë hapësirë llogaritet se shtypja është afërsisht e barabartë me zero.

Matja e shtypjes atmosferike bëhet me matjen e lartësisë ( $h$ ) në lëngun e gypit. Kjo bëhet në këtë mënyrë:

Shtypja absolute në pikën  $A$  (në sipërfaqen e lëngut në gyp) sillet:

$$p_A = p_{at} - \rho \cdot g \cdot h \text{ [Pa]}.$$

Para anëtarit  $p \cdot g \cdot H$  në barazimin e sipërm merret shenja (-), sepse lartësia e shtyllës së lëngut në gypin e hollë matet në kahjen e kundërt të nivelit të gotës (në kahjen negative).

Gypi dhe gota paraqesin enë të lidhura dhe në rrafshin e sipërfaqes së lirë kanë një shtypje të barabartë, respektivisht:

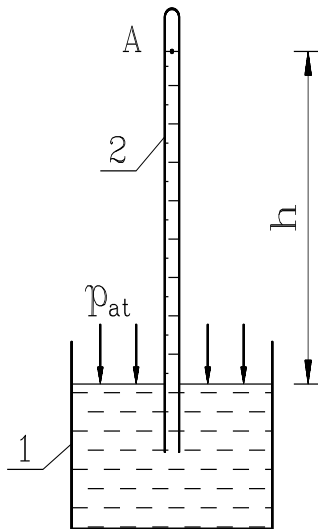


Fig. 10 Barometri

$$p_A + \rho \cdot g \cdot h = p_{at}$$

Ngase më parë konstatuam se shtypja mbi nivelin e lëngut në gyp sillet gati zero, ( $p_a \approx 0$ ) vijon se:

$$p_{at} = \rho \cdot g \cdot h \text{ [Pa]}, \quad \text{ose} \quad h = \frac{p_{at}}{\rho \cdot g} \text{ [m]}.$$

Nëse ndaj sipërfaqes së lirë të lëngut në gotë vepron shtypja atmosferike  $p_{at} = 101337$  [Pa], kurse dendësia e zhivës është  $\rho = 13547$  [kg/m<sup>3</sup>], atëherë lartësia e shtyllës së lëngut do të jetë:

$$h = \frac{P_{at}}{\rho \cdot g} = \frac{101337}{13547 \cdot 9.81} = 0,763[m]$$

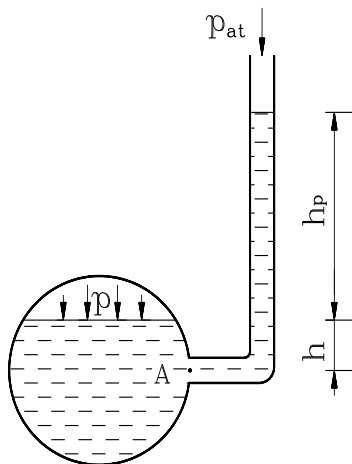


Fig. 11 Manometri me lëng

Nëse nga ana tjetër lëngu në gotën (1) dhe në gypin e hollë është ujë me  $\rho = 998,2$  [kg/m<sup>2</sup>], gjatë kushteve të njëjta, lartësia e shtyllës së ujit sillet:

$$h = \frac{P_{at}}{\rho \cdot g} = \frac{101337}{9792,342} = 10,349[m]$$

Përveç për matje të shtypjes atmosferike në teknikë, barometri mund të përdoret edhe për matje të nën shtypjes.

**Manometri** (fig. 11) shërben për matjen e mbishtypjes. Mbishtypja matet me ndihmën e lartësisë së shtyllës së lëngut ( $h_p$ ) në gypin e qelqit me diametër prej 5 [mm]. Nëse shtypja ( $p$ ) në sipërfaqe të enës me lëng është më e vogël se shtypja atmosferike, atëherë lëngu do të ngrihet në

gyp mbi nivelin e enës për lartësi ( $h_p$ ). Madhësia e shtypjes në lëngun (a), që gjendet në mesataren midis enës dhe gypit, caktohet në këtë mënyrë:

1. Duke shikuar nga ana e djathtë, shtypja hidrostатike në pikën A është:

$$p_A = p_{at} + \rho \cdot g \cdot (h_p + h) \text{ [Pa]}$$

2. Duke shikuar nga ana e majtë, shtypja e njëjtë është:

$$p_A = p + \rho \cdot g \cdot h \text{ [Pa].}$$

Madhësia e shtypjes hidrostатike në pikën A duhet të jetë e barabartë, pavarësisht nga cila anë shihet. Me barazimin e vlerave nga barazimet e mëparshme fitohet:

$$p_{at} + \rho \cdot g \cdot (h_p + h) = p + \rho \cdot g \cdot h,$$

$$p_{at} + \rho \cdot g \cdot h_p + \rho \cdot g \cdot h = p + \rho \cdot g \cdot h,$$

$$p = p_{at} + \rho \cdot g \cdot h_p = p_{at} + p_m.$$

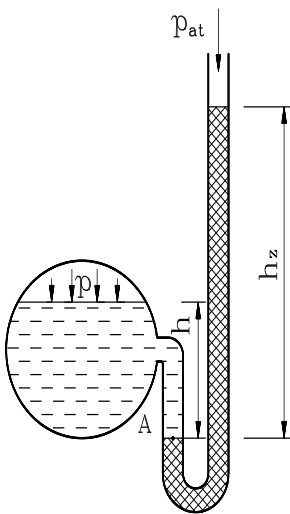


Fig. 12 Manometri me zhivë

Nga barazimi i fundit shihet se lartësinë e shtyllës së lëngut (lartësinë e ngritjes)  $h_p$  në gyp e karakterizon mbishtypja ( $p_m$ ) në enë dhe shërben për matjen e tij.

Për matjen e vlerave më të mëdha të mbishtypjes, si lëng pune në manometër shfrytëzohet zhiva e cila ka dendësi më të madhe se lëngjet e tjera. Me atë arrihet edhe lartësia (gjatësia) shumë e vogël në gypin e qelqit dhe manometri ka konstruksion më kompakt.

Në figurën 12 është paraqitur manometri me zhivë me U-gyp. Nën veprimin e shtypjes ( $p$ ) në enën me lëng, zhiva në U-gypin ngrihet në lartësinë  $h_z$ . Shtypja në pikën A, në të vërtetë është shtypje e lëngut në enën që matet, kurse caktohet në këtë mënyrë:

– shikuar nga ana e djathtë:

$$p_A = p_{at} + \rho_z \cdot g \cdot h_z \quad [\text{Pa}],$$

– shikuar nga ana e majtë:

$$p_A = p + \rho \cdot g \cdot h \quad [\text{Pa}].$$

Me barazimin e vlerave për  $p_A$  fitohet:

$$p = p_{at} + \rho_z \cdot g \cdot h_z - \rho \cdot g \cdot h = p_{at} + g(\rho_z \cdot h_z - \rho \cdot h) \quad [\text{Pa}],$$

ku:  $\rho_z$  – dendësia e zhivës,  
 $\rho$  – dendësia e lëngut në rezervuar.

Mbishtypja, e cila matet me manometër, është:

$$p_m = g(\rho_z \cdot h_z - \rho \cdot h) \approx g \cdot \rho_z \cdot h_z \quad [\text{Pa}], \text{ kur është } \rho \ll \rho_z$$

**Vakummetri** (fig. 13) përdoret për matjen e nënshtypjes. Sipas konstrukcionit i përngjan manometrit me zhivë. Në U–gypin ka zhivë, kurse ajo lidhet me enën B në të cilën matet madhësia e shtypjes ( $p$ ). Nëse shtypja ( $p$ ) në enë është më e vogël se shtypja atmosferike, atëherë zhiva në U–gypin zhvendoset kah ena. Lartësia e shtyllës së zhivës ( $h_z$ ), me të cilën matet madhësia e nënshtypjes, caktohet në këtë mënyrë:

$$p_{at} = p + h_z \cdot \rho_z \cdot g \quad [\text{Pa}], \text{ respektivisht:}$$

$$p = p_{at} - h_z \cdot \rho_z \cdot g \quad [\text{Pa}], \text{ sepse:}$$

$$\rho_z \cdot g \cdot h_z = p_{at} - p \Rightarrow h_z = \frac{p_{at} - p}{\rho_z \cdot g} \quad [\text{m}], \text{ respektivisht:}$$



$$p_V = h_z \cdot \rho_z \cdot g \quad [\text{Pa}].$$

Me barazimin e fundit konstatojmë se nënshtypja (vakumi) caktohet me matjen e lartësisë së shtyllës së zhivës ( $h_z$ ).

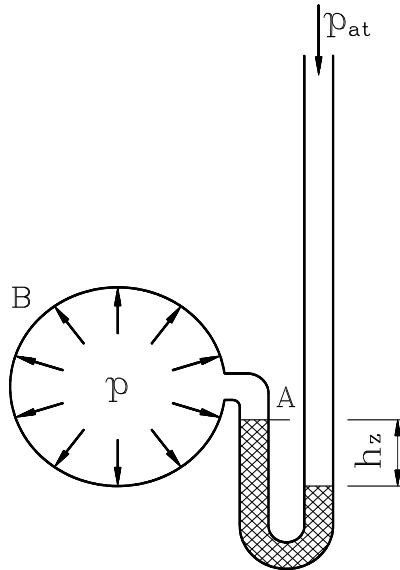


Fig. 13 Vakummetri

## 7.2 Instrumentet metalike (deformacione)

Instrumentet metalike më tepër zbatohen për matjen e mbishtypjes të lëngjet, gazet dhe avujt. Karakterizohen me konstruktion të thjeshtë, kurse me ato mund të matet mbishtypja deri më 60 [MPa]. Këto instrumente janë quajtur deformacione, sepse parimi i matjes bazohet në matjen e deformacionit të spirales, membranës ose elementit tjetër që shkaktohet nga ndryshimi i shtypjes.

**Manometri metalik me spirale** (fig. 14) zbatohet për matje të shtypjes. Manometri shpesh është vendosur në kuti në formë rrethore 4, në të cilën është lakuar gypi metalik 1 nga bakri, bronzi ose çeliku.

Skaji i mbyllur në (6) është lidhur me mekanizmin përcjellës (5) dhe (7), kurse skaji tjetër (i hapur) i gypit është lidhur me mbështetësin (8) dhe gëzhojën dhe (9). Në mekanizmin e transmetimit është vendosur shigjeta lëvizëse (3), e cila mund të lëvizë në shkallën e gravuar (2). Me gëzhojën ndihmëse (9), manometri lidhet me enën në të cilën gjendet fluidi nën presion. Nën ndikimin e shtypjes gypi i lakuar dëshiron të drejtohet. Pastaj, skaji i mbyllur (6) zhvendoset, kurse zhvendosja nëpërmjet mekanizmit përcjellës (5) dhe (7), e mban akrepin (3). Zhvendosja e akrepit regjistrohet në shkallën (2) si madhësia e shtypjes në enë. Si njësi të matjes, me të cilat gravohet shkalla, zakonisht përdoren [ $kPa$ ] ose [ $bar$ ].

Varësisht nga materiali nga i cili është përpunuar gypi i lakuar, kufizohet përdorimi i manometrit. Për matje të shtypjeve të larta gypi përpunohet nga çeliku, kurse për matje të shtypjeve të mesme ose të ulëta përpunohet nga bronzi ose bakri.

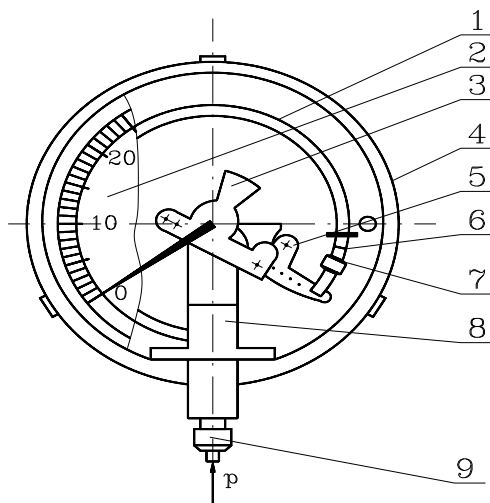


Fig. 14 Manometri metalik me spirale

**Manometri metalik me membranë** (fig. 15) përbëhet nga membrana valore e çelikut (1), e cila është shtrënguar midis pjesës që del përpara (2).

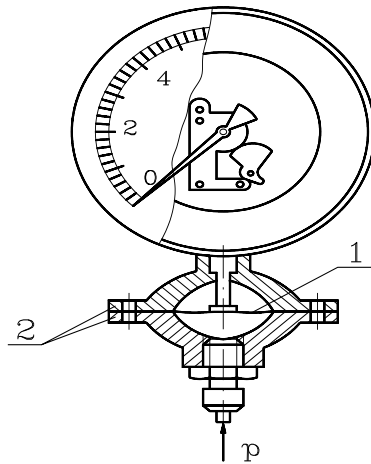


Fig. 15 Manometri metalik me membranë

Manometri lidhet me enën, shtypja e së cilës matet. Nën ndikim të shtypjes ( $p$ ) membrana lakohet (deformohet) lart, kurse deformimi i saj nëpërmjet mekanizmit përcjellës e zhvendos akrepin. Në shkallën e graviturar akrepi tregon sa është shtypja në enë. Zakonisht, manometrat me membranë përdoren për matjen e shtypjeve prej 20 [kPa] deri 3 [MPa].

## 8. CAKTIMI I DENDËSISË SË LËNGJEVE ME NDIHMËN E SHTYLLËS SË LËNGUT

Dendësia e lëngut me ndihmën e shtyllës së lëngut caktohet me ndihmën e U-gypit në dy mënyra:

1. Nëse lëngjet nuk përzihen mes vete, atëherë U-gypi është drejtuar me skajet e hapura lartë (fig. 16). Lëngjet me të cilat mbushet U-gypi kanë dendësi të ndryshme ( $\rho_1$ ) dhe ( $\rho_2$ ), takohen në rrafshin A – A. Që të caktohet madhësia e dendësisë së lëngut, vendosen barazimet për shtypje absolute nga të dyja anët e rrafshit A – A.

Shikuar nga ana e majtë e U-gypit, barazimi është:

$$p = p_{at} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 [\text{Pa}]$$

Shikuar nga ana e djathtë, barazimi është:

$$p = p_{at} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2 [Pa]$$

Me futjen e të dy barazimeve fitohet:

$$p_{at} + \rho_1 \cdot h_1 \cdot g = p_{at} + \rho_2 \cdot h_2 \cdot g$$

Me rregullimin e barazimit fitohet:

$$\rho_1 \cdot h_1 = \rho_2 \cdot h_2, \text{ respektivisht: } \rho_1 = \frac{\rho_2 \cdot h_2}{h_1}, \text{ ose } \rho_2 = \frac{\rho_1 \cdot h_1}{h_2}$$

2. Nëse lëngjet me të cilat mbushet U-gypi përzihen mes vete, atëherë U-gypi rrotullohet me skajet e hapura në enët me lëngje përkatëse (Fig. 17). Në U-gypin lëngjet do të kyçen deri në lartësitë  $h_1$  dhe  $h_2$ . Nëse shtypja në gyp mbi lëng është  $p$ , dendësia e lëngjeve ( $\rho_1$  dhe  $\rho_2$ ) njehsohen në këtë mënyrë:

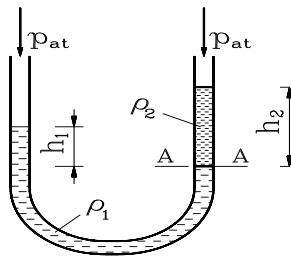


Fig. 16 U-gypi

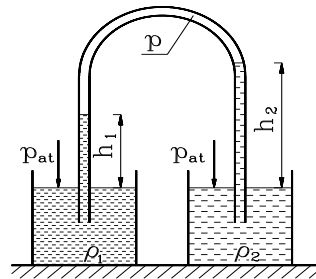


Fig. 17 Enë të lidhura me U-gypin

Shtypja në sipërfaqen e lëngut në enë nga ana e majtë është:

$$p_{at} = p + h_1 \cdot \rho_1 \cdot g$$

kurse nga ana e djathtë është:

$$p_{at} = p + h_2 \cdot \rho_2 \cdot g$$

Me barazim të ekuacioneve nga ana e majtë dhe e djathtë fitohet:

$$p + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = p + \rho_2 \cdot g \cdot h_2, \text{ ose } \rho_1 \cdot h_1 = \rho_2 \cdot h_2$$

Nga barazimi i fundit mund të caktohet vlera e dendësive të lëngjeve në enën e majtë ose të djathtë.

$$\rho_1 = \frac{\rho_2 \cdot h_2}{h_1} \text{ ose } \rho_2 = \frac{\rho_1 \cdot h_1}{h_2}$$

### 9. LIGJI I PASKALIT

Nëse një enë e mbushur me lëng mbyllet me pistonin  $K$  dhe mbi pistonin veprohet me forcë të jashtme  $F$ , atëherë në lëng krijohet shtypje e cila është:

$$p = \frac{F}{A} \text{ [Pa]}$$

Me ndihmën e barazimit themelor të hidrostatikës mund të caktohet madhësia e shtypjes hidrostatike në cilëndo qoftë pikë të lëngut (fig. 18).

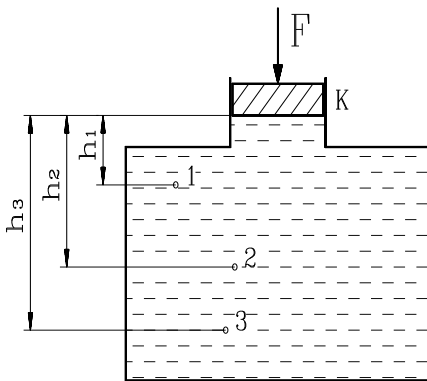


Fig. 18 Shtypja hidraulike

$$\begin{aligned} p_1 &= p + \rho \cdot g \cdot h_1; \\ p_2 &= p + \rho \cdot g \cdot h_2 \\ p_3 &= p + \rho \cdot g \cdot h_3; \\ &\dots\dots\dots \\ p_n &= p + \rho \cdot g \cdot h_n. \end{aligned}$$

Në barazimet e mëparshme për madhësinë e shtypjes hidrostatike shihet se përbëhet nga dy madhësi, shtypja hidrostatike nga masa e vet e lëngut  $\rho \cdot g \cdot h$ , plus madhësia e shtypjes së shkaktuar në lëng për shkak të veprimit

të forcës së jashtme  $F$ . Sipas kësaj mund të konkludohet se shtypja, e cila shkaktohet në lëng nën ndikimin e forcës së jashtme, në mënyrë të barabartë përcillet nëpër të kudo Pa kurrfarë ndryshimi. Këtë konkluzion e ka konstatuar Paskali dhe në fizikë është i njohur si **ligji i Paskalit**, respektivisht *madhësia e forcës së shtypjes, që vepron në sipërfaqe të caktuar është proporcionale me madhësinë e asaj sipërfaqe*. Ligji i Paskalit më mirë ilustron me shembullin e enëve të lidhura, fig. 19.

Nga ana e djathtë e enës më të ngushtë, nën ndikim të forcës së jashtme ( $F_1$ ) në lëng shkaktohet shtypja ( $p$ ), e cila është:

$$p = \frac{F_1}{A_1} \text{ [Pa]}$$

Sipas ligjit të Paskalit, ajo shtypje përcillet kudo në lëng, respektivisht edhe në pjesën sipërfaqësore të enës. Me atë shtypje lëngu do të veprojë në pistonin ( $K_2$ ) nga ana e poshtme me forcë hidrostatike ( $F_2$ ). Madhësia e kësaj force mund të caktohet nga barazimi:

$$p = \frac{F_2}{A_2} \text{ [Pa]}, \text{ respektivisht: } F_2 = p \cdot A_2 \text{ [N]}.$$

Nga figura dhe barazimet mund të konstatohet se forca e shtypjes ( $F_2$ ) do të jetë aq herë më e madhe nga forca ( $F_1$ ) sa është më e madhe sipërfaqja ( $A_2$ ) nga sipërfaqja ( $A_1$ ).

Ligji i Paskalit është një nga ligjet themelore të hidraulikës dhe ka zbatim të madh praktik te presat hidraulike, ngritësit hidraulik, sistemi hidraulik për frenim të automjeteve motorike, te pajisjet dhe veglat e ndryshme për shtrëngim etj.

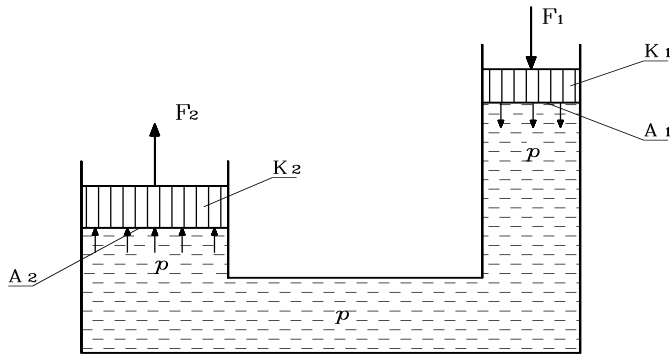


Fig. 19 Enët e lidhura

## 10. MAKINAT HIDRAULIKE DHE PARIMI I PUNËS

### 10.1 Presa hidraulike

Presha hidraulike përbëhet prej dy enëve të lidhura me prerje të ndryshme tërthore  $A_1$  dhe  $A_2$ . Enët janë të mbushura me lëng dhe të mbyllura me postona lëvizës  $K_1$  dhe  $K_2$ . Nëse në pistonin  $K_1$  vepron me forcë  $F_1$ , në lëng shkaktohet shtypja hidrostatike  $p$ :

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{4 \cdot F_1}{d_1^2 \cdot \pi}$$

Sipas ligjit të Paskalit, shtypja e njëjtë do të përcillet në lëng nga pistonin  $K_2$  dhe në të do të veprojë me forcën:

$$F_2 = p \cdot A_2 = \frac{p \cdot d_2^2 \cdot \pi}{4}$$

Respektivisht, në forca është:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Kjo tregon se intensiteti i forcave të shtypjes ndaj pistonave sillet në proporcion të drejtë me katrorët e diametrave të pistonave. Për shembull, të marrim se  $d_2 = 10 [mm]$ , kurse  $d_1 = 2 [mm]$ , do të fitojmë se  $F_2 / F_1 = 100/4 = 25$ , respektivisht  $F_2$  do të jetë 25 herë më e madhe se  $F_1$ .

Nëse pistoni  $K_1$  zhvendoset në distancë  $s_1$  teposhtë nën veprim të forcës  $F_1$ , vëllimi i lëngut të shtypur do të jetë:

$$V = A_1 \cdot s_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot s_1 [m^3]$$

Zhvendosja e pistonit  $K_1$  do të shkaktojë zhvendosje të pistonit  $K_2$  në anën e kundërt të distancës  $s_2$  me çka vëllimet e zhvendosura të lëngut do të jenë të barabarta.

$$V = A_2 \cdot s_2 = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot s_2 [m^3]$$

Meqenëse vëllimi i lëngut të shtypur në të dy pjesët e enës është i barabartë, me barazim të ekuacioneve fitohet:

$$\frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot s_1 = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} s_2, \quad \text{respektivisht:}$$

$$d_1^2 \cdot s_1 = d_2^2 \cdot s_2 \quad \text{dhe} \quad \frac{s_1}{s_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Kjo tregon se zhvendosja e pistonave sillet në proporcion të kundërt me katrorët e prerjeve të tyre.

Nga ana tjetër mund të shprehet varësia nga zhvendosja nëpërmjet punës së kryer në mënyrën e cila vijon: Meqenëse raporti i forcave ka qenë i barabartë me raportin e katrorëve të diametrave,  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$ , si dhe raporti i zhvendosjeve  $\frac{s_1}{s_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$ , rrjedh se:

$$\frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{s_1}{s_2}, \quad \text{respektivisht: } F_2 \cdot s_2 = F_1 \cdot s_1.$$



Domethënë, puna e kryer nga njëra dhe tjetra anë e enëve të lidhura do të jetë e barabartë. Puna e kryer paraqet prodhimin midis forcës  $F_1$  respektivisht  $F_2$  dhe zhvendosjes  $s_1$  respektivisht  $s_2$  në pistonin  $K_1$  respektivisht  $K_2$ .

Llogaritë janë të besueshme nëse shmanget fërkimi midis mureve të enës dhe pistonave.

Në Fig. 20 është paraqitur skema e presës hidraulike, e cila përbëhet prej dy enëve të lidhura me prerje të ndryshme tërthore rrethore.

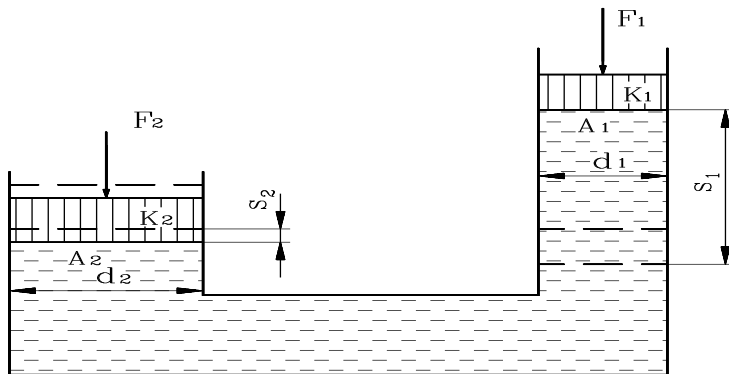


Fig. 20 Presa hidraulike

## 10.2 Akumulatori hidraulik

**Akumulatorët hidraulik** janë elemente të sistemit hidraulik në të cilët akumulohet një pjesë e lëngut punues kur në sistem nuk përdoret e tërë sasia. Kur sistemi hidraulik punon me kapacitet të plotë dhe në momente kur duhet të realizohet energjia maksimale, lëngu punues nga akumulatori kthehet në sistem, me çka arrihet rrjedhje më e madhe, e me këtë edhe energji maksimale. Kur nuk ka nevojë për energji maksimale në akumulator kthehet një pjesë e lëngut punues. Akumulatorët posaçërisht janë të dobishëm për sistemet të cilat punojnë përkohësisht me kapacitet maksimal, por rregullisht me kapacitet të zvogëluar. Përndryshe, akumulatorët hidraulik shërbejnë edhe si burim të energjisë, kur pompa për një kohë të shkurtë do të pushojë së punuari. Atëherë prej akumulatorëve plotësohet sasia e nevojshme e lëngut punues. Gjithashtu, gjatë defekteve të vogla (plasaritjes së gypit ose

valvulës, zëvendësimin të unazave ndërlidhëse), ose gjatë rrjedhjes së ngadalshme të lëngut, akumulatorët e plotësojnë sasinë e humbur (të zvogëluar). Dobi të madhe nga akumulatori ka sistemi hidraulik gjatë kohës së goditjes hidraulike, sepse akumulatori mund ta amortizojë tërësisht.

Sipas mënyrës në të cilën shtypet lëngu punues nga akumulatorët hidraulik, ata ndahen në:

- 1) Akumulatorë me peshore,
- 2) Akumulatorë me spirale, dhe
- 3) Akumulatorë me gaz.

**Akumulatori hidraulik me peshore** (fig. 21a) në kohën më të re rrallë përdoret për shkak të konstruksionit shumë të madh. Përndryshe, ata janë cilindra punues me piston në të cilin janë vendosur peshore që të mbahet lëngu nën shtypje punuese. Në fillim, kur mbushet sistemi hidraulik me lëng punues, mbushet edhe akumulatori, me çka pistoni nën veprim të shtypjes punuese ngrihet lart. Kur sistemi do të ketë nevojë për energji maksimale, nga akumulatori për një kohë të shkurtë, nën ndikim të masës së peshores, lëshohet e tërë sasia e lëngut punues në sistemin hidraulik. Në këtë mënyrë rritet rrjedhja dhe shpejtësia e rrymimit të lëngut punues, e me këtë arrihet energjia maksimale.

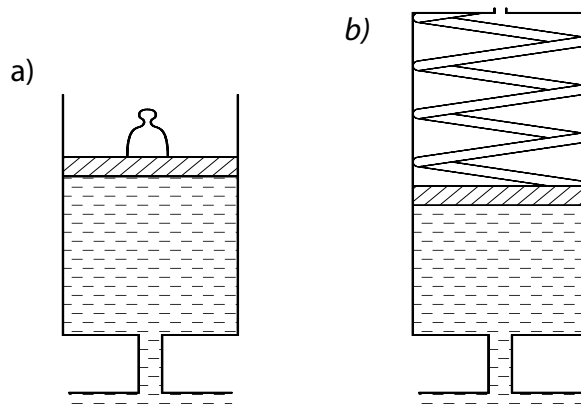


Fig. 21 Akumulatori hidraulik me peshore dhe spirale

**Akumulatori hidraulik me spirale** (fig. 21b) funksionon në parim të ngjashëm dhe ka konstruksion rebusi. Dallimi qëndron në atë se peshorja është zëvendësuar me spirale. Lëngu punues mbahet nën presion me

ndihmën e spirales e cila shtypet gjatë mbushjes së akumulatorit nga forca hidrostатike e shtypjes së lëngut. Gjatë përdorimit të energjisë maksimale në sistem, lëngu nën veprim të forcës së spirales, për një kohë të shkurtë shtypet në sistemin hidraulik dhe në këtë mënyrë mundëson rrjedhje më të madhe nëpër të dhe realizim të energjisë maksimale. Për akumulatorë më të mëdhenj dhe shtypje me të madhe punuese, spiralja duhet të ketë dimensione më të mëdha që do të shkaktojë konstruksion madhor të akumulatorit, prandaj ai shpesh është i papërshtatshëm për përdorim.

**Akumulatorët me gaz** (fig. 22) sot shpesh përdoren për shkak të konstruksionit të thjeshtë dhe kohëzgjatjes së pakufizuar të gazit. Sipas përdorimit, akumulatorët me gaz ndahen në dy grupe:

1. Pa element për ndarje të lëngut dhe gazit,
2. Me element për ndarje të lëngut dhe gazit (pistonit ose membranës).

Zakonisht përdoren akumulatorë me element për ndarje, kurse më shpesh përdoren gazet inerte ose azoti. Meqenëse gazet janë materie mjaft shtypëse, gjatë mbushjes së akumulatorit me lëng punues, ata ngjishen në vëllim shumë të vogël në enë, me çka u zvogëlohet shtypja. Gjatë përdorimit të sistemit me energji maksimale, nën ndikim të shtypjes së gazit, lëngu punues për një kohë shumë të shkurtë shtypet në sistem, duke e rritur rrjedhën dhe shpejtësinë e rrymimit të lëngut punues. Në fig. 22a është paraqitur akumulatori hidraulik me piston, në fig. 22b akumulatori me fluskë ajri, kurse në fig. 22c akumulatori me membranë.

Zgjedhja e akumulatorëve hidraulik varet nga parametrat themelorë të sistemit hidraulik. Zakonisht prodhuesi rekomandon diagrame për zgjedhje të akumulatorit sipas karakteristikave punuese të sistemit.

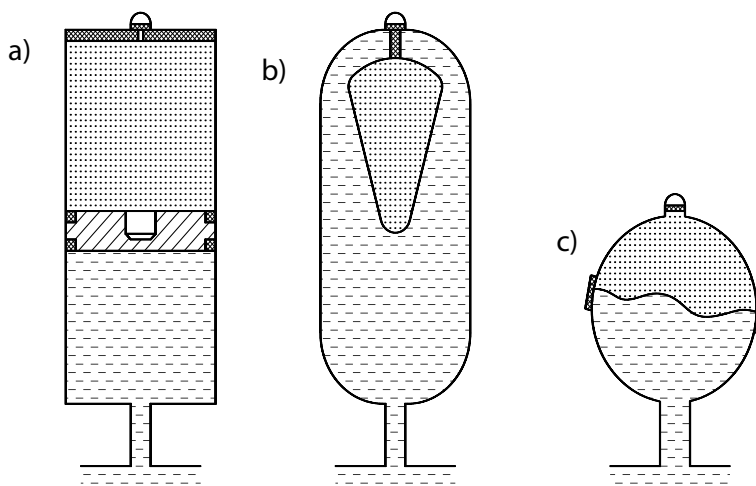


Fig. 22 Akumulatorët hidraulik me gaz

## 11. KARAKTERISTIKAT E SIPËRFAQEVE TË LËNGJEVE ME SHTYPJE TË BARABARTA

Gjatë analizës së sipërfaqeve të lëngjeve me shtypje të barabarta ha-sim tri gjendje të ndryshme, edhe atë:

1. Sipërfaqja e lëngut në enë e cila rri qetë (nuk lëviz),
2. Sipërfaqja e lëngut në enë e cila lëviz me nxitim, dhe
3. Sipërfaqja e lëngut në enë e cila rrotullohet.

### 11.1 Sipërfaqja e lëngut në enë e cila rri qetë (nuk lëviz)

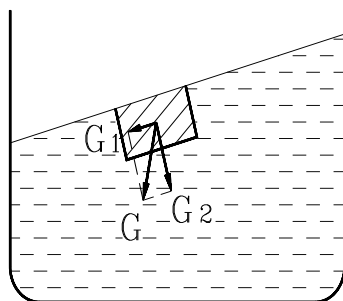


Fig. 23 Ena në qetësi

Në lëngun i cili rri qetë vepron vetëm for-ca e gravitetit të Tokës.

Nëse sipërfaqja e lëngut është e pjerrët, si në fig. 23, bëhet analiza sa do të jetë forca e ndikimit të gravitetit të Tokës. Nëse veçohet vetëm një pjesë e lëngut me masë  $G$ , e cila ve-pron vertikalisht në raport me enën, përfitohet

se në raport me sipërfaqen e lëngut, forca e masës  $G$  mund të zërthehet në dy komponentë edhe atë:

$G_1$  – komponenti horizontal, i cili vepron paralelisht me sipërfaqen e lëngut dhe tenton që pjesën e lëngut ta zhvendosë në drejtim të veprimit,

$G_2$  – komponenti vertikal, i cili vepron normalisht në sipërfaqen e lëngut.

Pjesa elementare e lëngut do të jetë në ekuilibër vetëm nëse komponenti horizontal  $G_1 = 0$ , respektivisht nëse komponenti vertikal vepron në drejtim të forcës së përgjithshme  $G$ . Kjo do të ndodhë vetëm nëse sipërfaqja e lëngut që rri e qetë është në pozitën horizontale. Nëse merret parasysh se te enët e hapura ndaj sipërfaqes së lëngut gjithmonë vepron shtypja atmosferike normalisht ndaj sipërfaqes, mund të konstatohet se veprimi i saj nuk ka ndikim në formën e sipërfaqes. Te sipërfaqet e mëdha ujore (liqenet dhe detet) forca e gravitetit të Tokës vepron kah qendra e Tokës. Ato sipërfaqe janë pjesë të rruzullit tokësor, por gjithmonë duken si rrafsh horizontal, e prej këtu rrjedh shprehja “uji i rrafshët”. Nëse në lëng, përveç ndikimit të gravitetit të Tokës vepron edhe ndonjë forcë tjetër, për shembull forca e inercionit, forca centrifugale e tjera, atëherë sipërfaqja e lëngut gjithmonë do të jetë e vendosur normalisht në raport me forcën rezultante e cila vepron ndaj lëngut.

### 11. 2. Sipërfaqja e lëngut në enë e cila lëviz me nxitim drejtvizor

Nëse një enë me lëng lëviz në mënyrë drejtvizore (Fig. 24) me nxitim të barabartë  $a$ , atëherë ekuilibri i lëngut në raport me enën varet nga veprimi i forcave në vijim:

1. Forca e gravitetit të Tokës  $G = m \cdot g$  dhe

2. Forca inerciale  $F_i = m \cdot a$ .

Forca rezultante do të jetë:

$$R = \sqrt{G^2 + F_i^2} = \sqrt{(mg)^2 + (ma)^2} = m\sqrt{g^2 + a^2}$$

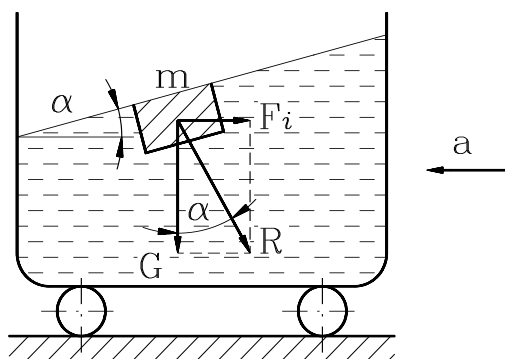


Fig. 24 Ena që lëviz në mënyrë drejtvizore

Ajo forcë rezultante do të jetë nën këndin  $a$  ndaj vertikales. Nga trekëndëshi i forcave del se:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_i}{G} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{a}{g}$$

Nga barazimi i fundit shihet se madhësia e këndit  $A$  ndaj rrafshit horizontal jashtëzakonisht varet nga madhësia e nxitimit ( $a$ ).

### 11.3 Sipërfaqja e lëngut në enë që rrotullohet rreth boshtit vertikal

Nëse lëngu gjendet në enë e cila rrotullohet rreth boshtit vertikal (Fig. 25), atëherë në një pjesë të lëngut me masë  $m$  ndikojnë forcat:

a. Forca e masës, vertikalisht teposhtë,

$$G = m \cdot g$$

b. Forca centrifugale  $F_C$ , e cila krijohet si pasojë e rrotullimit dhe ka kahje të rrezes së rrotullimit ( $r$ ):

$$F_C = m \cdot R \cdot \omega^2$$

Rezultantja e përgjithshme e forcës  $R$  vepron normalisht në sipërfaqe të lëngut. Intensiteti i forcës centrifugale  $F_C$  rritet me rritjen e rrezes  $r$ , por me këtë rritet edhe pjerrtësia e sipërfaqes së lëngut.

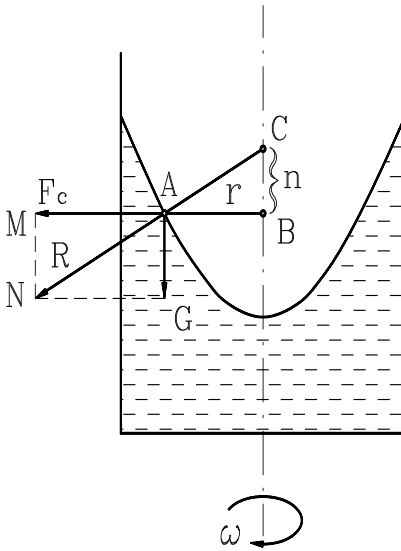


Fig. 25 Ena me lëng e cila rrotullohet

Nga figura e trekëndëshave ABC dhe AMN del:

$$n : r = G : F_C$$

Nga ky raport për distancën  $N$  fitohet:

$$n = \frac{G \cdot r}{F_C} = \frac{m \cdot g \cdot r}{m \cdot r \cdot \omega^2} = \frac{g}{\omega^2}$$

Nga barazimi i fundit del: nëse madhësia e shpejtësisë këndore është vlerë konstante ( $\omega = const.$ ), atëherë edhe vlera e gjatësisë  $n$  do të jetë madhësi konstante. Njëkohësisht parabola është vijë e lakuar me karakteristike të tillë, subnormalja  $n$  e së cilës ka madhësi konstante. Prandaj, sipërfaqja e lëngut, i cili rrotullohet rreth boshtit vertikal, formon paraboloid rrotullues.

## 12. EKUILIBRI I TRUPAVE TË ZHYTUR NË LËNG DHE STABILITETI I TRUPAVE QË NOTOJNË

### 12.1 Notimi i trupave

Në fig. 26 është paraqitur trupi me formë të tejdrukshme të zhytur në lëng. Nëse trupi i zhytur ka masë  $m$ , atëherë forca e masës ( $G$ ), e cila vepron në peshën e rëndimit të trupit vertikalisht teposhtë do të jetë:

$$G = m \cdot g [N],$$

Forca e shtypjes hidrostatike nga lëngu vepron në trupin e zhytur me intensitet të barabartë me masën e lëngut të shtypur. Kjo forcë vepron vertikalisht lart në peshën e rëndimit të lëngut të shtypur dhe do të jetë:

$$F_p = V \cdot \rho \cdot g \text{ [N]}, \text{ ku:}$$

$V[m^3]$  – është vëllimi i trupit të zhytur

$\rho[kg]$  – është dendësia e lëngut.

Ngase forca  $F_p$  e shtyp trupin e zhytur lart, kjo është quajtur shtypje hidrostatike. Barazinë e forcës së shtypjes me masën e lëngut të shtypur e ka dëshmuar Arkimedi në vitin (287–212) para erës së re duke e formuar si *ligj të Arkimedit* i cili thotë: **Çdo trup i zhytur në lëng humb nga pesha e vet aq sa është vëllimi i lëngut të shtypur.** Sipas këtij ligji, masa e dukshme e trupit të zhytur në lëng është:

$$G_1 = G - F_p = m \cdot g - \rho \cdot g \cdot V \text{ [N]}$$

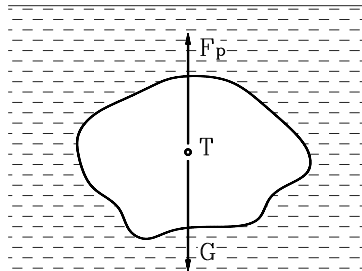


Fig. 26 Trupi i zhytur në lëng

## 12.2 Ekuilibri i trupave të zhytur në lëng

Për trupat e zhytur në lëng janë të mundshme tri karakteristika, rastet e të cilave:

1. Nëse masa e trupit është më e madhe nga shtypja hidrostatike ( $G > F_p$ ), atëherë trupi bie dhe fundoset deri në fund të lëngut,
2. Nëse masa e trupit është më barabartë me shtypjen hidrostatike ( $G = F_p$ ), atëherë trupi do të notojë në sipërfaqe të lëngut dhe do të lundrojë mbi të.
3. Nëse masa e trupit është më e vogël nga shtypja hidrostatike ( $G < F_p$ ), atëherë trupi do të notojë në sipërfaqe të lëngut derisa nuk barazohet masa e trupit me forcën e shtypjes hidrostatike.



Për ekuilibrin e trupave të zhytur në lëng, respektivisht të trupave që notojnë, duhet të jenë të plotësuar dy kushte:

- forca e masës së trupit të jetë e barabartë me forcën e shtypjes hidrostatike ( $G = F_p$ ),
- forca e masës së trupit ( $G$ ) të veprojë në vertikalen e njëjtë me forcën e shtypjes hidrostatike ( $F_p$ ) (Fig. 27).

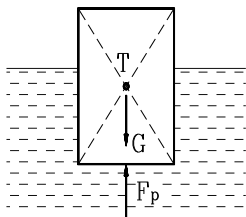


Fig. 27 Pozita ekuilibruese

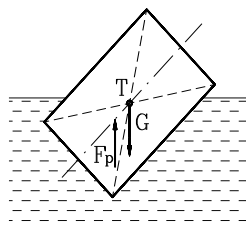


Fig. 28 Pozita jo ekuilibruese

Në qoftë se qendra e rëndimit të trupit i cili noton ( $t$ ) dhe pika e rënies së forcës së shtypjes hidrostatike ( $D$ ) nuk shtrihen në vijën e njëjtë vertikale, atëherë forcat  $G$  dhe  $F_p$  do të rëndojnë që ta rrotullojnë trupin, respektivisht trupi nuk do të jetë në pozitë ekuilibruese (Fig. 28).

### 12.3 Stabiliteti i trupave që notojnë

Në qoftë se janë plotësuar të dy kushtet për notimin e trupave, nuk do të thotë se trupi do të notojë në mënyrë stabile. Ndaj stabilitetit të trupave që notojnë gjithmonë kanë ndikim edhe forcat e jashtme të cilat tentojnë që ta zhvendosin trupin në pozitën ekuilibruese. Që të kontrollohet ndikimi i forcave të jashtme ndaj stabilitetit të trupit që noton, paramendohet që trupi pak të jetë rrotulluar nga pozita e mëparshme ekuilibruese (Fig. 29b).



Fig. 29 Stabiliteti gjatë notimit

Forca e masës së trupit  $G$  edhe atëherë do të veprojë në pikën e rëndimit të trupit ( $T$ ), kurse forca e shtypjes hidrostatike ( $F_p$ ) do të veprojë në zhvendosjen e pikës rënëse ( $D'$ ), e cila paraqet pikë rëndimi të lëngut të shtypur në pozitën e re. Intensiteti i forcave të masës  $G$  dhe shtypja hidrostatike  $F_p$  janë të barabarta, por ato forca nuk veprojnë në vijën e njëjtë vertikale. Drejtimet e veprimeve janë të larguara për distancë dhe për atë krijojnë moment të forcave që tenton ta kthejë trupin në pozitën e fillestare ekuilibruese. Ai moment do të jetë:

$$M = G \cdot a \text{ [Nm]}$$

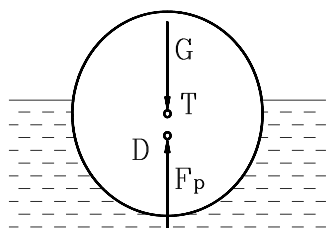


Fig. 30 Pozita ekuilibruese indiferente

Për trupin i cili është zhvendosur nga pozita fillestare ekuilibruese dhe në mënyrë të pavarur kthehet në pozitën fillestare, thuhet se noton lirisht.

Për trupin i cili është zhvendosur nga pozita ekuilibruese dhe nuk mund të kthehet në mënyrë të pavarur në pozitën fillestare ekuilibruese, por vazhdon të anohet derisa nuk rrotullohet, thuhet se noton në mënyrë labile.

Nëse, nga ana tjetër, trupi i cili noton është në formë cilindrike ose në formë të topit, atëherë ai siç rrotullohet mbetet në pozitë ekuilibruese. Trupat e tillë notojnë në pozitë indiferente, sepse ndikimi i forcave të jashtme nuk mund t'i zhvendosë nga pozita ekuilibruese. Në figurën 30 është paraqitur trupi në formë të topit. Si përfundim nga e gjithë ajo që u tha për notimin e trupave mund të konstatohet se ekzistojnë tri pozita karakteristike: **stabile, labile dhe indiferente**. Aftësia e trupave që të kthehen në pozitën fillestare stabile, pas zhvendosjes nën ndikim të forcave të jashtme, është quajtur stabilitet gjatë notimit të trupave. Ajo aftësi ka rëndësi të veçantë për stabilitetin e objekteve lundruese (barkave, anijeve...). Te të gjithë këta objekte dallohen dy lloje të stabilitetit: stabiliteti i tërthortë dhe i zgjatur.

**Stabiliteti i tërthortë** është kur njëra krah anësor i objektit është ngritur në raport me krahun tjetër (Fig. 31a).

**Stabiliteti i zgjatur** është kur njëri skaj i e objektit është ngritur në raport me skajin tjetër (Fig. 31b).

Nga stabilizimi i tërthortë dhe i zgjatur rëndësi shumë të madhe praktike ka stabilizimi i tërthortë. Forcat e jashtme të goditjeve të valëve dhe shtypja nga era e lëkundin objektin i cili noton. Notimi stabil do të bëhet nëse momenti që paraqitet gjatë mënjanimit të objektit e mban ekuilibrin me momentin që e japin forcat e jashtme.

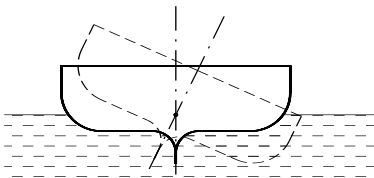


Fig. 31a Stabilizimi i tërthortë

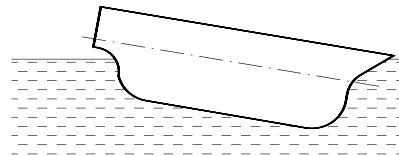


Fig. 31b Stabilizimi i zgjatur

Në Fig. 32 është paraqitur prerja e tërthortë e anijes në pozitë të mënjeluar.

Momenti i stabilitetit është:

$$M = G \cdot a \text{ [Nm]}$$

Edhe pse vëllimi i lëngut të shtypur do të jetë i barabartë me vëllimin e pozitës së ekuilibrit (të drejtuar), pika e rënies të forcës së shtypjes hidrostetike nuk mbetet në boshtin e notimit, por zhvendoset në pikën ( $D$ ). Forca e shtypjes hidrostetike do të veprojë vertikalisht lart dhe e pret boshtin e lundrimit të anijes në pikën ( $M$ ), e cila quhet **metaqendër**. Distanca  $r$  midis pikës së rënies të shtypjes hidrostetike ( $D$ ) dhe metaqendrës ( $M$ ) quhet rreze metaqendrore ( $r$ ) (Fig. 32).

Për njehsim të përafërt të rrezes metaqendrore ( $r$ ) zbatohet barazimi:

$$r = \frac{J_x}{V} \text{ [m].}$$

Përndryshe, praktikisht është vërtetuar se varësisht nga madhësia e anijes, rrezja metaqendrore sillet prej 0,30 deri 1,20[m] metra.

Në barazimin për njehsim të madhësisë së rrezes metaqendrore,  $J_x$  paraqet momentin e inercionit në vijën ujore  $A_1, A_2, A_3, A_4$  në raport me boshtin e vet të zgjatur qendror, kurse  $v$  është vëllimi i lëngut të shtypur.

Nëse distanca ndërmjet pikës së rëndimit ( $T$ ) dhe pikës rënëse të forcës hidrostatike të shtypjes ( $D$ ) shënohet me  $\delta$ , atëherë kushtet për ekuilibër do të jenë:

- nëse  $r > \delta$ , anija do të jetë në ekuilibër stabil,
- nëse  $r < \delta$ , anija gjendet në ekuilibër labil dhe
- nëse  $r = \delta$ , anija gjendet në ekuilibër indiferent.

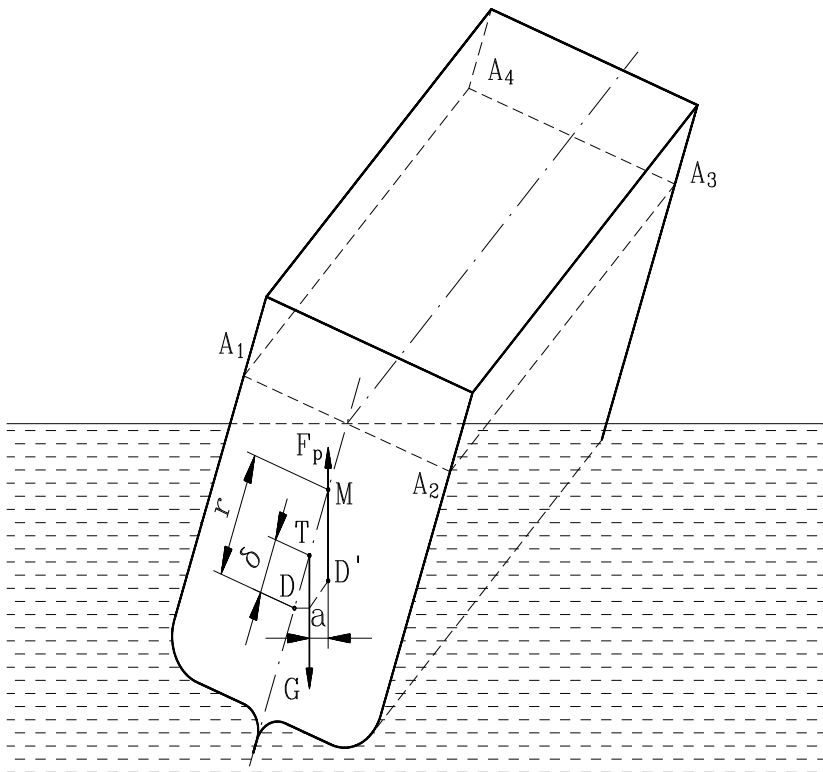


Fig. 32 Përcaktimi i rrezes së metaqendrës

SHEMBUJ:

1. Të caktohet dendësia e lëngut punues, masa e të cilit sillet në  $m = 8$  [kg], kurse vëllimi i enës në të cilën është vendosur lëngu është  $V = 4$  [ $m^3$ ].

Zgjidhje:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8}{4} = 2 \text{ [kg/m}^3\text{]}.$$

2. Në llozin e ngritëses hidraulike (Fig. 34) veprohet me forcën  $F_1 = 150$  [N]. Në qoftë se janë dhënë  $l = 1$  [m];  $m = 0,3$  [m],  $d = 30$  [mm],  $D = 275$  [mm], rruga e pistonit të vogël  $s_1 = 38$  [mm], nevojitet të caktohet:
- madhësia e forcës  $F_2$ ,
  - shtypja hidrostatike në lëng  $p$ ,
  - forca  $F$  e cila do të veprojë ndaj sipërfaqes ballore  $A_2$  të pistonit të madh

Zgjidhje:

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l}{m} = \frac{150 \cdot 1000}{300} = 500 \text{ [N]}.$$

$$p = \frac{F_2}{A_1} = \frac{500}{0,0007} = 714285,7 \text{ [Pa]}.$$

$$F = F_1 \cdot \frac{l}{m} \cdot \frac{A_2}{A_1} = 500 \cdot \frac{0,076}{0,0009} = 42220 \text{ [N]}.$$

3. Ngritësja hidraulike për automobila (punon në parimin sikurse presa hidraulike nga figura 20) me masë prej 200 [KN] dhe ka diametër të pistonit  $d_1 = 25$  [mm]. Në qoftë se veprohet me forcën  $F_1 = 12,5$  [KN] me çka pistoni  $K_2$  kalon rrugën  $s_2 = 42$  [mm], atëherë sa rrugë do të kalojë pistoni  $K_1$  dhe sa duhet të jetë diametri  $d_2$  për cilindrin kryerës nga ngritësja?

Zgjidhje:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \Rightarrow d_2 = \sqrt{\frac{F_2 \cdot d_1^2}{F_1}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 25^2}{12,5}} = 100 \text{ [mm]},$$

$$\frac{s_1}{s_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \Rightarrow s_1 = s_2 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 42 \cdot \left(\frac{100}{25}\right)^2 = 672 \text{ [mm]}.$$

4. Me çfarë force  $F$  duhet të vepohet ndaj pedalit për frenim tek automobili me frena hidraulike, nëse diametri i cilindrit kryesor është  $d = 100 \text{ [mm]}$ , forca e frenimit  $F_1 = 120 \text{ [N]}$ , kurse diametri i barabanit të rrotës është  $d = 450 \text{ [mm]}$ , (Fig. 33)?

Zgjidhje:

$$p = \frac{F}{A_1} = \frac{F_1}{A_2} \text{ [N/m}^2\text{]} = 754,7 \text{ [Pa]}.$$

$$p = \frac{F}{A_1} \Rightarrow F = p \cdot A_1 = 754,7 \cdot 0,0079 = 5,962 \text{ [N]}$$

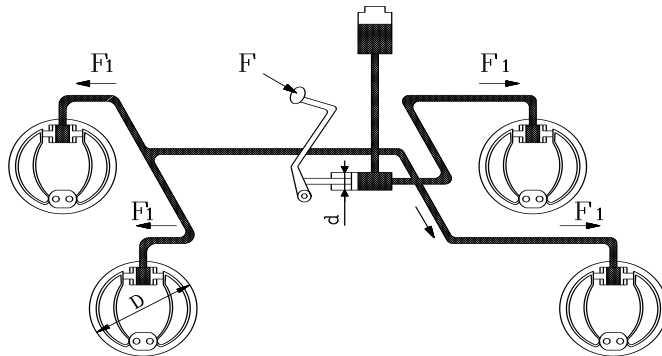


Fig. 33 Sistemi hidraulik për frenim (ndalim)

5. Çfarë force  $F$  mund të arrihet me ngritësen hidraulike (Fig. 34), nëse  $D = 320 \text{ [mm]}$ ,  $d = 120 \text{ [mm]}$ ,  $m = 60 \text{ [mm]}$ ,  $l = 650 \text{ [mm]}$ , kurse forca e llozit  $F_1 = 500 \text{ [N]}$ ?

Zgjidhje:  $F = 38348,105 \text{ [N]}$

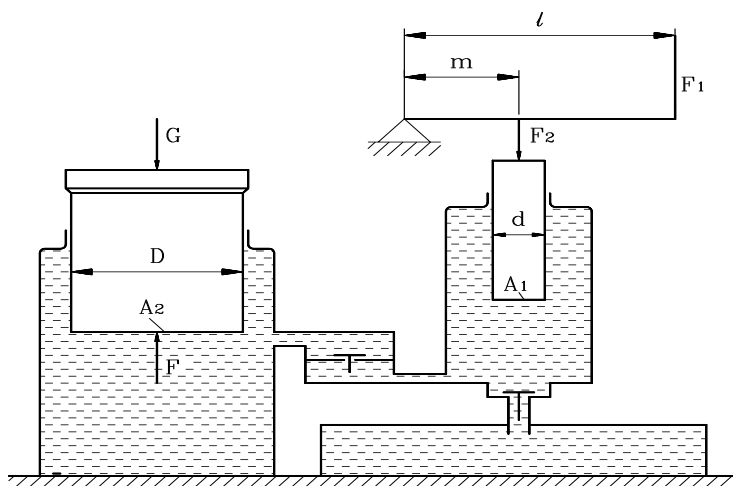


Fig. 34 Ngritësja hidraulike

6. Të caktohet shtypja hidrostатike e ujit në gypërcjelljës në fillim, në mes dhe në fund, nëse lartësia e shtyllës rrjedhëse në vrimën e rrjedhjes nga niveli është  $h = 2[m]$ , kurse gjatësia e gypërcjellësit është  $L = 200[m]$  dhe nëse gypërcjellësit është montuar nën kënd  $\alpha = 55^\circ$ .

Zgjidhje:

$$p_1 = 1,3 [Pa], \quad p_s = 9,4 [Pa], \quad p_k = 17,6 [Pa]$$

7. Të caktohet shtypja dhe masa specifike e ujit në oqean në thellësi prej  $h = 1000[m]$ , nëse dihet se masa specifike e sipërfaqes është  $g = 1020[kg/m^3]$  dhe moduli i shtypjes së ujit është  $E_0 = 4,7 \cdot 10^{-5}[cm^2/kg]$ .

Temperatura është e pandryshueshme nëpër tërë gjatësinë e shtyllës rrjedhëse.

Zgjidhje:

$$p_h = 102[Pa], \quad g = 1020 [kg/m^3]$$

8. Çfarë force  $F_2$  mund të arrihet me presën hidraulike sipas figurës 20, nëse janë dhënë këto të dhëna:  $d_2 = 350 [mm]$ ,  $d_1 = 25 [mm]$ ,  $F_1 = 12 [N]$  dhe  $s_1 = 68 [mm]$ . Sa do të jetë zhvendosja e cilindrit  $K_2$ ?

Zgjidhje:

$$F_2 = 2352 \text{ [N]}; \quad s_2 = 0,35 \text{ [mm]}.$$

9. Të caktohet lartësia  $H$  dhe forca e shtypjes  $F_1$  e cila do të veprojë ndaj fundit të enës cilindrike të mbushur me ujë me  $\rho = 998,2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  dhe diametër  $D = 420 \text{ [mm]}$ , nëse ena është mbyllur me piston mbi të cilin veprohet me forcë të jashtme  $F = 134 \text{ [N]}$ . Vëllimi i ujit në enë është  $V = 1324 \text{ [cm}^3\text{]}$  (Fig. 35).

Zgjidhje:

$$H = 0,0096 \text{ [m]}; \quad F_1 = 146,98 \text{ [N]}.$$

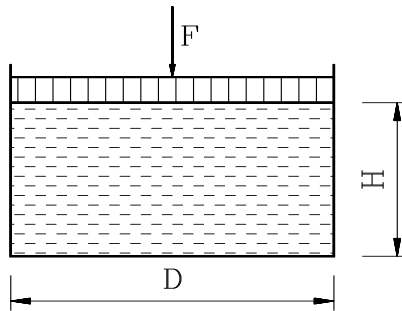


Fig. 35: Ena e mbyllur e mbushur me ujë

10. Ngritësja hidraulike nga figura 34 është dedikuar për ngritjen e pjesëve makinerike me masa deri  $4\,500 \text{ [N]}$ . Janë dhënë:  $d = 80 \text{ [mm]}$ ,  $D = 280 \text{ [mm]}$ ,  $m = 60 \text{ [mm]}$ ,  $l = 370 \text{ [mm]}$  dhe zhvendosja e pistonit të vogël  $s_1 = 135 \text{ [mm]}$ . Me çfarë force duhet të veprohet në llozin, sa do të jetë forca  $F$  ndaj pistonit  $K_2$  dhe zhvendosja  $s_2$  e pistonit të madh?

Zgjidhje:

$$F_1 = 60,81 \text{ [N]}; \quad F_2 = 375 \text{ [N]}; \quad s_2 = 10 \text{ [mm]}.$$



11. Të caktohet vëllimi, dendësia specifike dhe dendësia relative specifike e trupit, i cili në ajër peshon  $G_1 = 80$  [N], kurse në ujë  $G_2 = 52$  [N].

Zgjidhje: Në bazë të ligjit të Arkimedit vijon:

$$G_1 - G_2 = g_v \cdot V_T$$

Nga ky barazim caktohet madhësia e vëllimit:

$$V_T = 0,028 \text{ [m}^3\text{]}$$

Dendësia specifike e trupit caktohet nga relacioni:

$$G = g_T \cdot V_T \quad \text{respektivisht}$$

$$g_T = 2857 \text{ [N/m}^3\text{]}$$

Dendësia relative specifike e trupit është raporti i masës specifike të trupit ndaj dendësisë specifike të lëngut në të cilën është zhytur trupi:

$$g_R = 2,857$$

12. Trupi në formë të kubit me brinjë  $a = 2$  [m] dhe masë  $G = 10$  [t], varet në litar të lidhur në balonë të mbushur me helium. Të caktohet vëllimi i heliumit i cili nevojitet për të mbajtur ekuilibrin e sistemit të ajrit, nëse masa e balonës ndaj heliumit dhe litarit është  $G_l = 400$  [N]? Dihet se dendësia specifike e heliumit është 13,8% nga dendësia specifike e ajrit standard, e cila është  $g_v = 1,23$  [kg/m<sup>3</sup>].

Zgjidhje:

$$V = 7437 \text{ [m}^3\text{]}$$

Pyetje për verifikim:

1. Çka thotë barazimi themelor i hidrostatikës?
2. Çfarë instrumente për shtypje njeh?
3. Me cilat njësi matet shtypja?
4. Çka thotë ligji i Paskalit?
5. Si funksionon presa hidraulike?
6. Cilat lloje të akumulatorëve hidraulik i njeh?
7. Si mund të jetë ekuilibri i trupave që notojnë?
8. Çka është stabiliteti i zgjatur?
9. Çka është stabiliteti i tërthortë?
10. Çka është rrezja metaqendrore?
11. Cila shtypje quhet shtypje hidrostatike?
12. Çka është mbishtypja, e çka nënshtypja?
13. Çka është atmosfera fizike?
14. Për çka shërben barometri?
15. Çka matet me manometër?

Përfundim

Qëllimet e programit janë njohja e nxënësve me vetitë themelore të fluideve (lëngjeve), cila është detyra dhe ku hasim me zbatimin e ligjeve themelore të hidraulikës. Nëpërmjet përmbajtjeve nxënësit njihen me nocionet për shtypjen, njësitë për matjen e saj, me barazimin themelor të hidraulikës dhe llojet e instrumenteve për matjen e shtypjes. Përmes ligjit të Paskalit njihen me atë si funksionon presa hidraulike, me karakteristikat e sipërfaqeve të lëngjeve gjatë qetësisë, lëvizjen dhe rotacionin. Gjithashtu, njihen me ligjin e Arkimedit dhe nocionet themelore të notimit, ekuilibrit dhe stabilitetit të trupave që lundrojnë. Me ndihmën e shembujve të zgjidhur nxënësit do të njihen me shembuj praktik të jetës së përditshme për zbatimin e hidraulikës. Shembujt për ngritësen hidraulike, presën ose sistemin hidraulik për ndalim (frenim) të automjetet motorike tregojnë se hidraulika ka aplikim të gjerë në shumë fusha. Këto njohuri do të jetë një bazë e mirë për ndërtimin e mëtejshëm në praktikë dhe edukimin e nxënësve.

# HIDRODINAMIKA E LËNGJEVE

## 13. LLOJET E RRYMIMIT, VIJAT RRYMUESE

**Kinematika dhe dinamika** e lëngjeve është degë e hidraulikës që përfshin dhe studion lëvizjen e lëngjeve.

**Kinematika** e analizon lëvizjen e lëngjeve duke marrë parasysh shkaqet që e shkaktojnë lëvizjen.

**Dinamika** nga ana tjetër e analizon lëvizjen e lëngjeve, duke marrë parasysh shkaqet që e shkaktojnë lëvizjen.

Për studimin e lëvizjes së lëngjeve zbatohen dy metoda: metoda e **Lagranzhit** dhe **Ojlerit**.

Sipas metodës së **Lagranzhit**, lëvizja e çdo fluidi në grimcë nëpër hapësirë është funksion i vektorit të pozitës dhe kohës si madhësi të pavarura të ndryshuara. Në mekanikën e fluideve kjo metodë zbatohet vetëm në disa hulumtime fundamentale laboratorike.

Sipas metodës së **Ojlerit**, cilado qoftë madhësi hidromekanike (shpejtësia, shtypja, dendësia, nxitimi...), ka të bëjë me pikën e caktuar të hapësirës, të definuar me vektorin e pozitës në moment të caktuar.

Domethënë, lëvizja ose rrymimi i lëngjeve do të jetë definuar nëse në cilëndo qoftë pikë të hapësirës, në çdo moment mund të caktohen parametrat themelorë: shpejtësia ( $v$ ), shtypja (presioni) ( $p$ ) dhe dendësia ( $\rho$ ) varësisht nga pozita në hapësirë dhe nga koha ( $t$ ).

$$v = v(x, y, z, t),$$

$$p = p(x, y, z, t),$$

$$\rho = \rho(x, y, z, t).$$

Nga të gjitha llojet e rrymimit është ai rrymim tek i cili madhësitë themelore hidromekanike të hapësirës fluide ndërrohen prej pike në pikë dhe varen nga të gjitha tri koordinatat njëkohësisht. Rrymimet e tilla janë quajtur **rrymime tredimensionale**.

Përveç rrymiveve tredimensionale, ekzistojnë rrymime të cilat imazhi i rrymës është i njëjtë në të gjitha rrafshet të cilat midis vete janë paralele. Ato rrymime janë quajtur **rrymime të rrafshëta**, ngase madhësitë hidrodinamike varen vetëm nga dy koordinata dhe prandaj edhe quhen **rrymime dydimensionale**. Në rrymimet dydimensionale numërohen edhe rrymimet boshtore simetrike, sepse tek ato imazhi i rrymës është i njëjtë në të gjitha rrafshet që kalojnë nëpër boshtin e simetrisë. Te rrymimet dydimensionale çdo madhësi hidrodinamike varet prej dy koordinatave të rrafshit dhe kohës, respektivisht:

$$\begin{aligned}v &= v(x, y, z, t), \\p &= p(x, y, z, t), \\ \rho &= \rho(x, y, z, t).\end{aligned}$$

Për rrymimin në gypërcjelljës ose në kanale mund të fitohet lëng i plotë ose i kënaqshëm, nëse dihet ndryshimi i madhësisë hidrodinamike nëpër gjatësinë e vijës boshtore. Rrymimi i tillë është quajtur rrymim **linear** ose **njëdimensional**.

Hidrodinamika është pjesë e hidromekanikës së fluideve, e cila i shfrytëzon ligjshmëritë e rrymimit njëdimensional. Te ky rrymim pozitat e pikave të vijës rrymore janë përcaktuar me rrugën ( $s$ ) nëpër gjatësinë e vijës rrymore.

Rrymimi i lëngjeve mund të jetë: rrymim *stacionar* dhe *jostacionar*.

**Rrymimi stacionar** është ai rrymim tek i cili shpejtësia dhe shtypja e rrymimit si parametra themelore të lëvizjes nuk ndryshojnë me kalimin e kohës, por varen nga pozita e pikës së vrojtuar.

$$v = f_1(x, y, z); \quad p = f_2(x, y, z).$$

**Rrymimi jostacionar** është rrymimi gjatë të cilit shpejtësia dhe shtypja në cilëndo qoftë pozitë ndryshojnë varësisht nga koha, respektivisht janë funksione të kohës dhe hapësirës.

$$v = f_1(x, y, z, t);$$

$$p = f_2(x, y, z, t)$$

Varësisht nga ndryshimi i shpejtësisë, rrymimi mund të jetë:

**Rrymimi ekuilibruet** është rrymim stacionar, kur shpejtësia e rrymimit të lëngut përgjatë rrjedhës rrymore është konstante.

**Rrymimi i paekuilibruar** është rrymim stacionar, gjatë të cilit shpejtësia e rrymimit të lëngut ndryshohet sipas intensitetit përgjatë rrjedhës rrymuese.

**Rrymimi rezistues** i lëngut është rrymim gjatë të cilit rrjedha rrymore është përfshirë plotësisht nga muret e forta të kanalit përcjellës dhe nuk ekziston sipërfaqe e lirë. Ky rrymim krijohet si pasojë e ndryshimit të shtypjes dhe veprimit të forcës së masës. Lloji i tillë i rrymimit është i pranishëm në instalimet e ujësjellësve (të gjitha llojet e sistemeve të mbyllura hidraulike).

**Rrymimi jorezistues** i lëngut është rrymim gjatë të cilit rrjedha rrymore ka sipërfaqe të lirë. Lloji i tillë i rrymimit haset te lumenjtë, kanalizimi etj.

**Vija rrymore** është vijë tek e cila në çdo pikë kahja e shpejtësisë përputhet me kahjen e tangjentës të tërhequr në atë pikë. Te rrymimi stacionar në çdo pikë përgjigjet shpejtësia e cila nuk ndryshon me kalimin e kohës. Atëherë vija rrymore përputhet me trajektoren e grimcës. Te rrymimi jostacionar, ngase shpejtësia me kalimin e kohës ndryshon, ndryshon edhe vija rrymore dhe prandaj kjo quhet vijë rrymore momentale si në Fig. 36a.

**Rrjedhën elementare rrymore** e përbëjnë shumë vija rrymore të cilat kalojnë në sipërfaqen elementare, të vendosura paralelisht në raport me vijat rrymore.

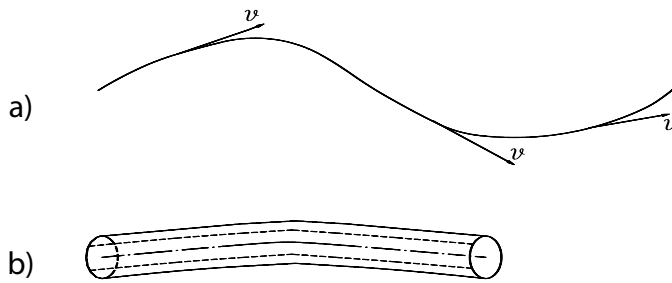


Fig. 36 Vija rrymore, rrjedhë elementare rrymore

Nëse sipërfaqja elementare fiton vija përfundimtare, fitohet rrjedha rrymore me **dimensione përfundimtare**. Rrjedha rrymore me dimensione përfundimtare (Fig. 35b) sillet si gyp i ngurtë i mbyllur, prandaj edhe gjatë analizave vrojtohet në atë mënyrë.

Rrjedha elementare rrymore me dimensione përfundimtare haset te rrymat stacionare, kurse te rrymat jostacionare quhet *rrjedhë momentale rrymore*.

Te rrjedha rrymore elementare me dimensione përfundimtare ndryshimet e shtypjes dhe shpejtësisë njehsohen varësisht vetëm nga një ndryshore – distanca e prerjes së vrojtuar tërthorazi nga një prerje fillestare. Ky rrymim është quajtur **rrymim njëdimensional** dhe zbatohet në hidraulikë. Te rrymimi i tillë për njehsim përdoret shpejtësia mesatare e rrymimit.

Te rrymimi **jostacionar**, ndryshimi i shtypjes dhe shpejtësisë varen nga një, dy ose tri madhësi alternative. Sipas kësaj, rrymimi i tillë mund të jetë:

- Njëdimensional (linear),
- Dydimensional (rrafshinor);
- Tredimensional (hapësinor).

Rrymimet e tilla analizohen në hidromekanikës teorike.

## 14. RRJEDHJA DHE SHPEJTËSIA MESATARE

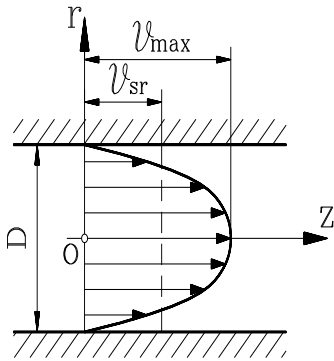


Fig. 37 Diagrami i shpejtësisë së rrymimit

Rrjedhja paraqet sasinë e fluidit të rrjedhur, i cili kalon në prerjen normale të tërthortë të një përcjellësi (rrjedhë rrymore) në njësi kohe. Sipas mënyrës së njehsimit, dallohen dy lloje të rrjedhës edhe atë:

**Shtypja vëllimore** është sasi e lëngut të matur në njësi vëllimore, që kalon në prerjen tërthore në përcjellës në njësi kohe dhe njehsohet me barazimin:

$$q_V = \frac{V}{t} = A \cdot v_{sr} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Nga barazimi i njëjtë mund të caktohet shpejtësia mesatare e rrymimit:

$$v_{sr} = \frac{q_V}{A} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Shpejtësia mesatare e rrymimit është shpejtësi e menduar e cila gjithmonë merret si mesatare e gjatë dimensionimit të përcjellësve në sistemet hidraulike.

Nëse shprehja për rrjedhën vëllimore shumëzohet me dendësinë ( $\rho$ ) fitohet **rrjedhja e masës** ( $q_m$ ), e cila njehsohet me barazimin:

$$q_m = \rho \cdot A \cdot v = \rho \cdot q_V = \frac{\rho \cdot V}{t} = \frac{m \cdot V}{V \cdot t} = \frac{m}{t} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] - \text{dendësia e lëngut,}$$

$m$  [kg] – masa e lëngut,

$t$  [s] – koha e rrymimit.

Në sistemet hidraulike shfrytëzohet rrjedhja vëllimore, sepse për lëngjet dendësia njehsohet si madhësi konstante e ( $\rho = \text{const.}$ ). Rrjedhja e masës shfrytëzohet në sistemet pneumatike, sepse te fluidet kompresibile (gazet), dendësia është madhësi alternative ( $\rho \neq \text{const.}$ ).

## 15. BARAZIMI I BERNULIT PËR LËNGJET IDEALE DHE REALE

Barazimi i Bernulit konsiderohet si barazim energjetik në hidraulikë, sepse e shpreh ligjin për mbajtje të energjisë. Anëtarët e barazimit të Bernulit e shprehin energjinë disponuese të fluidit (energjinë kinetike, potenciale dhe energjinë e presionit). Shuma e këtyre tri llojeve të energjisë në cilëndo qoftë pikë (prerje) është madhësi konstante, kurse gjatë rrymimit bëhet shndërrimi i një lloj energjie në llojin tjetër. Gjithashtu, barazimi i Bernulit është barazimi themelor në hidropneumatikë i cili jep varshmëri ndërmjet shpejtësive të rrymimit, shtypjes në prerje të ndryshme tërthore dhe vendpozitës nëpër gjatësinë e gypërcjellësit gjatë tërë rrjedhës rrymore.

Në Fig. 38 është paraqitur rrjedha rrymore nëpër përcjellës me prerje të ndryshueshme të tërthortë për të cilën analizohen madhësitë e energjisë specifike të fluidit midis prerjeve I dhe II. Zakonisht, barazimi i Bernulit bëhet për fluidin ideal dhe real.

**Barazimi i Bernulit për fluidin ideal** nuk i merr parasysh viskozitetin as edhe rezistencat gjatë rrymimit të fluidit, por është i përbërë nga tre anëtarë dhe thotë:

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z = \text{const.}$$



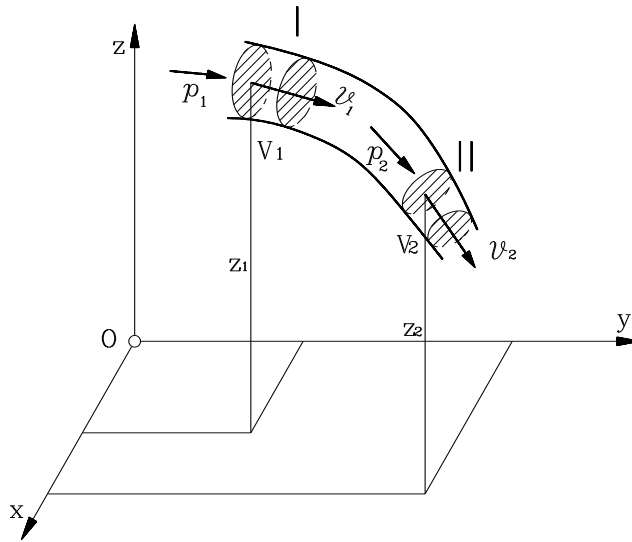


Fig. 38 Rrjedha rrymore me prerje të ndryshueshme të tërthortë

Çdonjëri nga anëtarët e shpreh energjinë specifike që e përmban njësia e masës të fluidit, d.m.th.:

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} = e_K - \text{energjia kinetike,}$$

$$\frac{p}{\rho \cdot g} = e_p - \text{energjia e shtypjes,}$$

$$z = e_z - \text{energjia potenciale.}$$

Gjithashtu, çdo anëtar i barazimit të Bernulit ka dimension të gjatësisë në  $[m]$  dhe mund të jetë paraqitur si madhësi gjeometrike, e së këndejmi rrjedhin emrat:

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} - \text{lartësia e shpejtësisë (dinamike),}$$

$$\frac{p}{\rho \cdot g} - \text{lartësia e shtypjes (lartësia piezometrike),}$$

$z$  – lartësia e pozitës, ose lartësia gjeodezike.

Shuma e të tri lartësive quhet **rezistencë totale** e rrjedhës së fluidit.

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z = H$$

Barazimi i Bernulit për cilado dy pika të vijës rrymore me parametra  $p_1, V_1, z_1$ , respektivisht  $p_2, V_2, z_2$ , të matur në raport me cilindo qoftë rrafsh horizontal, thotë:

$$\frac{V_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 = \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 = \text{const.} = C$$

respektivisht:  $e_1 = e_2 = \text{const.}$

Shuma e energjive në ndonjë pike  $M_1$  nga vija rrymore është e barabartë me shumën e energjive në cilendo pikë  $M_2$  nga e njëjta vijë rrymore është edhe madhësi konstante.

**Barazimi i Bernulit për fluid real** e merr parasysh edhe viskozitetin e fluidit, për ç'arsye paraqiten rezistenca të fërkimit gjatë rrymimit të fluidit nëpër përcjellës. Për shmangien e rezistencave të fërkimit, një pjesë e energjisë specifike të fluidit ( $e_1$ ), shpenzohet për shmangie të rezistencave të rrymimit, prandaj sipas ligjit për mbajtje të energjisë vijon:

$$e_1 = e_2 + \Delta e \quad \text{ku:}$$

$\Delta e$  – energjia specifike, e shpenzuar për shmangie të rezistencave hidraulike gjatë rrymimit të fluideve reale, e cila në mënyrë të pashmangshme humbet si nxehtësi dhe energji e zhurmës.

Nëse merret parasysh energjia specifike, e cila shpenzohet për shmangie të rezistencave të fërkimit, atëherë barazimi i Bernulit për fluidet reale, ose barazimi i korigjuar i Bernulit, e ka këtë formë vijuese:

$$\frac{V_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 = \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + h$$

Çdo anëtar i këtij barazimi e shpreh energjinë përkatëse specifike sipas njësisë së masës, sikurse barazimi:

$h = \frac{\Delta e}{g}$  [m] - paraqet energjinë e humbur për kapërcimin e rezisten cave të fërkimit, ose energjia në pikën 1 është e barabartë me shumën e energjisë në pikën 2, plus energjia e cila shpenzohet për kapërcimin e rezistencave nga fërkimi.

Barazimi i Bernulit ka të bëjë me cilëndo qoftë vijë rrymore të rrjedhës rrymore nëpër të cilën transportohet rrjedha vëllimore  $q_v = v_{sr} \cdot A$  [ $m^3/s$ ] në njësi kohe. Caktimi i madhësisë të energjisë së humbur ( $\Delta e$ ) do të analizohet në mënyrë të veçantë në njësinë metodike Humbjet e energjisë.

## 16. ZBATIMI I BARAZIMIT TË BERNULIT

Barazimi i Bernulit në hidraulikë zbatohet për njehsim të:

- Sasisë së rrjedhjes në gypa (gypin e Venturit),
- Shpejtësisë së rrymimit,
- Shtypjes statike dhe dinamike (Pito–gypat),
- Lartësisë së shtyllës së lëngut,
- Sasisë së thithjes (ejektorit)...

Në teknikën e larjes, sasia e rrjedhjes nëpër gypa zbatohet:

*16.1 Gypi i Venturit – Ujëmatësi i Venturit* shërben për matjen e shpejtësisë së rrymimit ( $U$ ) ose madhësisë së rrjedhjes ( $Q$ ) në vendin e caktuar në industrinë hidraulike. Ujëmatësi përbëhet nga gypi horizontal (gypi i Venturit), i cili në mes është ngushtuar siç është treguar në Fig. 39.

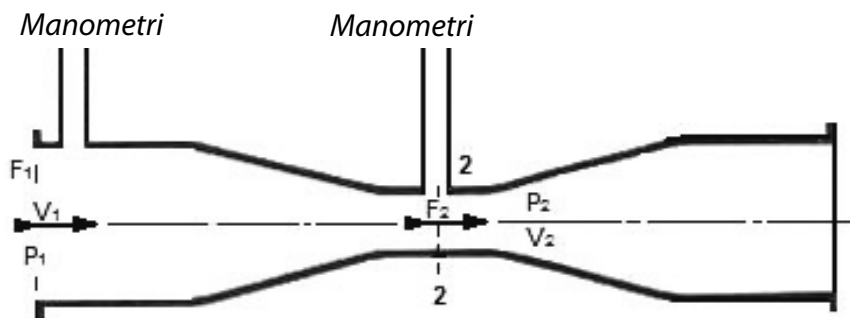


Fig. 39 Gypi i Venturit

Barazimi i Bernulit për prerjet 1 dhe 2 do të jetë:

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Nga barazimi për kontinuitet  $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$  mund të caktohet vlera e  $v_1$ , prandaj për shpejtësinë e prerjes 2 fitohet:

$$v_1 = v_2 \frac{A_2}{A_1}$$

Me zëvendësimin e asaj vlere në barazimin e Bernulit dhe në rregullimin, fitohet:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \cdot (1 - \frac{A_2^2}{A_1^2})}} \quad \left[ \frac{m}{sek} \right]$$

kurse madhësia e rrjedhjes do të jetë:

$$Q_2 = A_2 \cdot v_2 = A_2 \cdot \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \cdot (1 - \frac{A_2^2}{A_1^2})}} \quad [m^3]$$

Vlerat e shtypjeve  $p_1$  dhe  $p_2$  caktohen me manometra të cilët janë të lidhur me gypa ose me manometër diferencial i cili menjëherë e mat ndryshimin  $p_1 - p_2$ .

16.2 Pompa me avull (ejektori) – shpesh përdoret sepse ofron sigurim të madh, ka konstruktion të thjeshtë dhe dimensione të vogla. Për funksionimin e saj duhet pasur në disponim ujë nën shtypje i cili quhet ujë makinerik. Uji makinerik mund të sigurohet me pompë të veçantë ose shfrytëzohet uji nën shtypje nga instalimi i ujësjellësit. Në figurën 40 është paraqitur skema e pajisjes së ejektorit me elementet e veta. Uji makinerik për ejektorin E sigurohet nga rezervuari 1. Ejektori tërheq ujë nga rezervuari 2 dhe e ngre deri te rezervuari 3. Në skemë janë paraqitur:

$h_{vs}$  – lartësia e thithjes,

$h_p$  – lartësia shtypëse,

$H$  – ndryshimi midis shtypjes së ujit makinerik dhe shtypjes së zhvilluar me ejektorin, e shprehur si energji e vërtetë potenciale [m].

$h_o$  – ndryshimi i vërtetë midis nivelit të rezervuarit të sipërm 1 dhe ejektorit E.

$h$  – lartësia e përgjithshme, prej nivelit të rezervuarit 2 deri te niveli i rezervuarit 3.

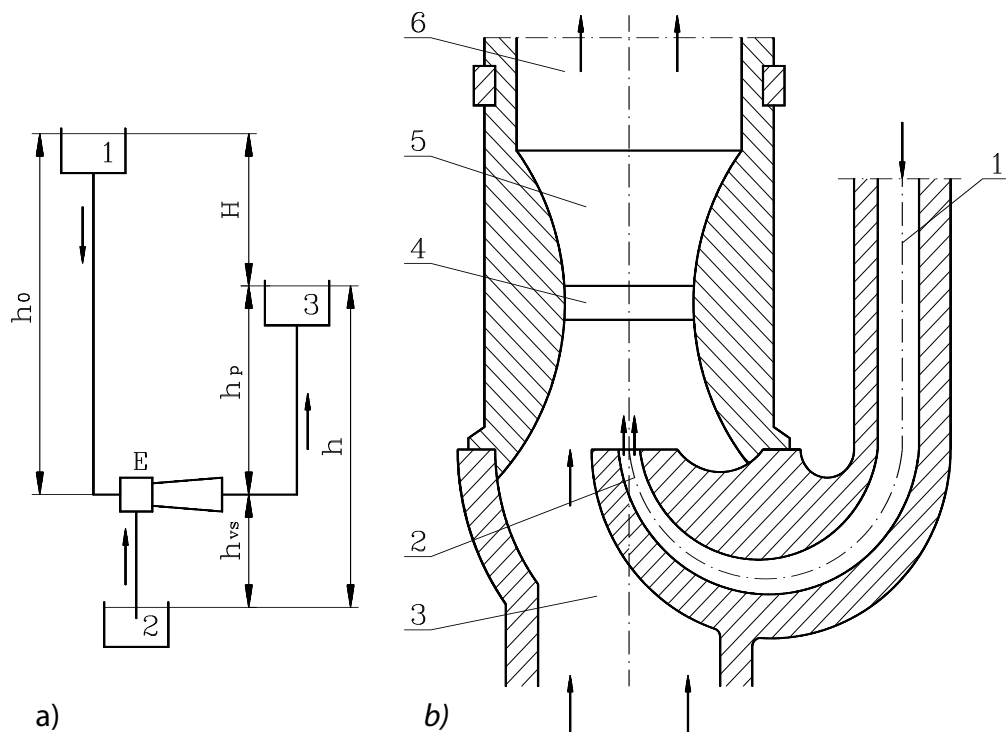


Fig. 40 Ejektori

Në Fig. 40b është paraqitur skema e ejetropompës me pjesët përbërëse. Lëngu nën presion përcillet në ejetor nëpërmjet kanalit (1) dhe nëpërmjet lëshueses së avullit (2) hyn në pjesën e vet të brendshme. Gjatë daljes së lëshuesit të avullit, energjia e shtypjes transformohet në energji kinetike, prandaj lëngu del me shpejtësi të madhe edhe në hapësirën rreth lëshuesit të avullit krijohet nënshtypja. Zona e nënshtypjes përhapet edhe në kanal in thithës (3) nëpër të cilin lëngu nga rezervuari i poshtëm hyn në ejetor. Në dhomën (4) përzihen lëngjet nga kanali thithës (3) dhe lëngu nën shtypje nga kanali (1). Kjo përzierje lëviz lart kah difuzeri (5). Në difuzer, për shkak të rritjes së vëllimit, shpejtësia e rrymimit zvogëlohet dhe gradualisht energjia kinetike transformohet në energji të shtypjes. Kjo energji e shtyp lëngun nëpër kanal in dalës (6) prej ejetorit kah rezervuari grumbullues (3).

Funksionimi i ejetorit mund të shpjegohet me ndihmën e gypit me ngushtim, siç është treguar skematikisht në figurën 41. Nëse ngushtimin e lidhim me gypin B për rezervuarin nga i cili thithet lëngu, sikurse në figurë, atëherë për shkak të shpejtësisë së rrymimit të ujit nëpër gypin horizontal A, së pari hiqet ajri nga gypi vertikal B, e pastaj nga rezervuari C ngrihet shtylla e lëngut me lartësi  $h$ . Nëse distanca A prej rezervuarit C deri te gypi A është më e vogël se  $h$ , atëherë do të bëhet rrymimi i lëngut nga rezervuari C nëpër gypin B kah gypi A. Nëse ngushtimi është mjaft i madh, shtypja në të mund të ketë vlerë afërsisht zero ( $p_1 = 0$ ). Atëherë mund të caktohet se me çfarë shpejtësie do të rrymojë lëngu, ose nëpërmjet cilit ngushtim arrihet shpejtësia e caktuar e rrymimit. Me zëvendësim të  $p_1 = 0$  fitohet:

$$\frac{p_0}{\rho \cdot g} + h_1 = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g}$$

$$v_1 = \sqrt{2g\left(\frac{p_0}{\rho \cdot g} + h_1\right)}$$

Nga barazimi për kontinuitet  $v_1 A_1 = v A$  fitohet vlera e  $\vartheta_1$  dhe nëse në të zëvendësohet vlera  $v = \sqrt{2gh}$ , fitohet raporti ndërmjet prerjeve tërthore të gypit  $A$  (pjesa e Pa ngushtuar  $A$  ndaj pjesës së ngushtuar  $A_1$ ).

$$\frac{A}{A_1} = \sqrt{\frac{\frac{p_0}{\rho \cdot g} + h_1}{h}}$$

Në këtë parim ndërtohen shumë pompa të avullit për thithjen e ujit, avullit të ujit ose ajrit.

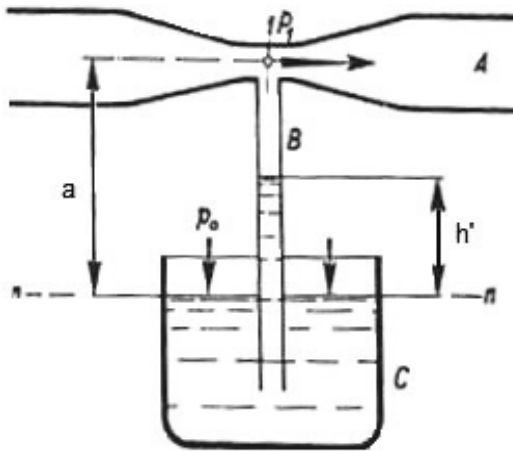


Fig. 41 Gypi me ngushtim

Ejektorët konstruktohen për shtypje të ujit makinerik prej 3,5 deri 4 [bar] dhe për lartësi thithëse deri 3m, për shkak të shmangies së kavitacionit. Shpesh përdoren për rritjen e lartësisë thithëse të pompave centrifugale, posaçërisht gjatë nxjerrjes së ujit nga rezervuarë ose puse të thella. Lidhet me pjesën e poshtme të gypit thithës deri te pompa qendrore, kurse si ujë për lëvizje e shfrytëzon ujin e njëjtë nga kanali shtypës të pompës centrifugale. Me atë kombinim nxirret uji prej thellësive mbi 40m, kurse roli i ejektorit është që ta ngrejë ujin deri te lartësia ku mund ta thithë pompa centrifugale.

Në figurën 42 është paraqitur prerja e thithëses së avullit edukatorit, e cila me vint mund të kyçet në instalimin e ujësjellësit. Uji nën shtypje

(3 – 6) [bar] nga rrjeti i ujësjiellësit rrymon nëpër mjetin për avull  $D$ , e thith ujin nga rezervuari nëpërmjet gypit  $S$  dhe nëpër hapjet  $L$  e shtyp kah instalimi shtypës në anën e djathtë, për të cilin është lidhur e젝tori. Me e젝torin mund të ngihet uji në lartësi deri 10m, kurse thellësia e rezervuarit prej ku do të thithet uji mund të jetë deri 3m.

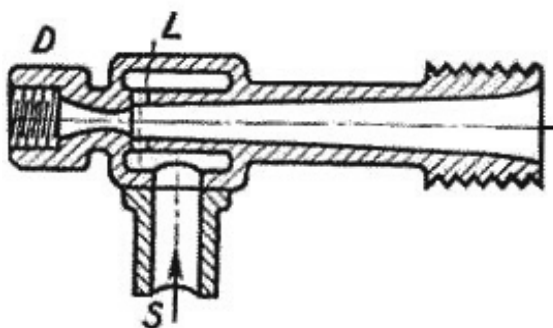


Fig. 42 E젝tori për kyçje me gvint

16.3 Pito–gypi është gyp qelqi i hapur nga të dyja anët, kurse njëra anë është lakuar nën kënd të drejtë. Me atë matet lartësia e shpejtësisë ose *shtypja dinamike* ( $p_d$ ) gjatë rrymimit të lëngut. Në figurën 43 është paraqitur Pito–gypi, i cili gjithmonë ngushtohet me pjesën e lakuar nga ana e kundërt e drejtimit të rrymimit të lëngut.

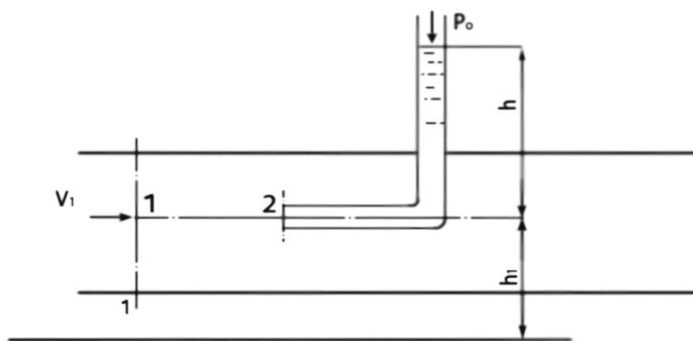


Fig. 43 Gypi Pito (Pitot)



Nëse vihet barazimi i Bernulit për pikat 1 dhe (drejtpërdrejt në buzë të gypit) fitohet:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + h_1$$

Ngase shpejtësia e buzës së gypit në pikën 2 është  $v_2 = 0$ , me zëvendësimin e vlerës së vet në barazimin e Bernulit fitohet:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g}$$

Shtypja e buzës së gypit ( $p_2$ ) e mban ekuilibrin me shtyllën e lëngut në lartësinë  $h$  dhe me shtypjen atmosferike ( $p_0$ ),

$$\text{respektivisht: } p_2 = h \cdot \rho \cdot g + p_0$$

Nëse ajo vlerë për  $p_2$  rritet në barazimin e Bernulit fitohet:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} = \frac{h \cdot \rho \cdot g + p_0}{\rho \cdot g}$$

respektivisht,

$$h = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1 - p_0}{\rho \cdot g} \quad [\text{m}]$$

Shtylla e lëngut ( $h$ ) është shuma e lartësisë së shpejtësisë  $\frac{v_1^2}{2g}$  dhe lartësisë së shtypjes  $\frac{p_1 - p_0}{\rho \cdot g}$ . Me ndihmën e lartësisë së shpejtësisë mund të

zhvendoset shtypja dinamike ( $p_d$ ) për çdo lëng nëse dihet dendësia e tij ( $\rho$ ), por njehsohet sipas barazimit:

$$p_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2g}$$

## 17. RRYMIMI LAMINAR TURBULENT

(Numri i Rejnoldsit dhe shpejtësia kritike)

Me eksperimente të shumta për rrymimin e fluidit real – viskoz është vërtetuar se në praktikë hasen dy lloje të rrymimit: *laminar* dhe *turbulent*.

**Rrymimi laminar** bëhet me rrjedha rrymore si shtresa, respektivisht me lamela te të cilat te trajektoret e grimcave, vijat rrymore dhe rrjedhat rrymore, gjatë rrymimit bëhet përzierja e grimcave fluide (Fig. 44a).

Rrymimi laminar haset te rrymimet me shpejtësi të vogla, për shembull, rrymimi në shtresën e lyerjes me vaj te pllakat e rrafshëta ose te bazamentet radiale rrëshqitëse. Rrymimi nëpër gypa me shpejtësi të vogla veçohet me ndryshim parabolik të shpejtësisë.

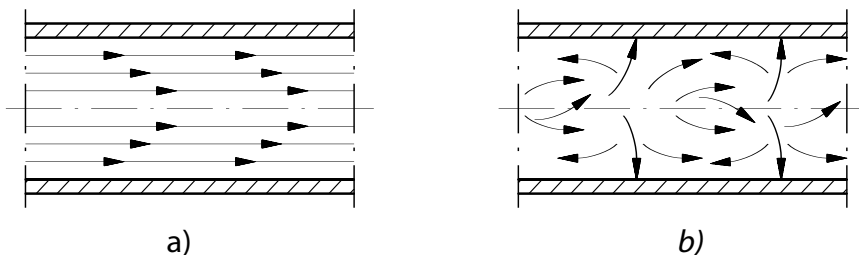


Fig. 44 Rrymimi laminar dhe turbulent

Me rritjen e shpejtësisë së rrymimit, rrymimi laminar kalon në atë **turbulent**, tek i cili bëhet përzierja e grimcave midis rrjedhave rrymore fqinje dhe rrymimi është valëzuar (Fig. 44b). Rrymimi turbulent haset tek instalimet e ujësjellësit, te gazpërcjellësit, te të gjitha llojet e pompave dhe turbinave, te kompresorët, ventilatorët, te rrymi i ajrit në atmosferë, tek uji në det, lumenj dhe kanale. Te rrymimi turbulent në sipërfaqe të lirë paraqiten thellësi ose ngritje, sepse shpejtësia e rrymimit me kalimin e kohës ndërrohet në mënyrë kaotike Pa ndonjë ligjshmëri.

Me zvogëlimin e shpejtësisë së rrymimit, rrymimi turbulent kalon në atë laminar tek i cili sipërfaqja e lirë është e lëmuar. Kalimi nga rrymimi laminar në atë turbulent dhe e kundërta nuk varet vetëm nga madhësia e shpejtësisë së rrymimit, por edhe nga karakteristika të tjera fizike dhe gjeometrike.

### 17.1 Numri i Reynoldsit dhe shpejtësia kritike

Në teknikë rrymimet turbulente kanë rëndësi më të madhe se sa rrymimet laminare. Ndryshimin midis këtyre rrymimeve e ka definuar Reynolds me eksperimentet që i ka bërë në vitin 1883. Në figurën 45 skematikisht është paraqitur aparati me të cilin Reynolds ka bërë eksperiment dhe praktikisht ka dëshmuar se kur rrymimi prej atij laminar kalon në atë turbulent.

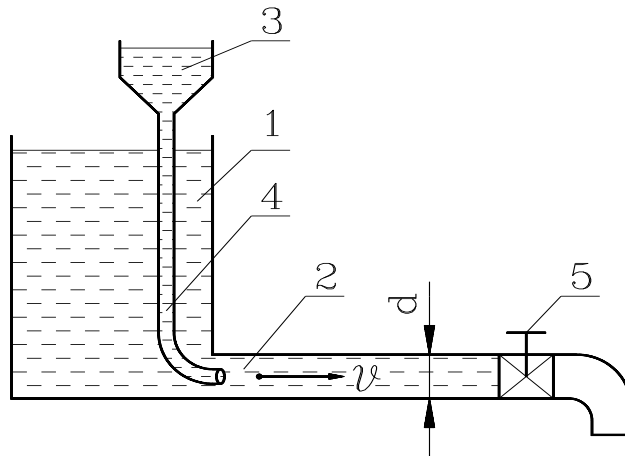


Fig. 45 Eksperimenti i Reynoldsit

Nga rezervuari (1) lëngu Pa ngjyrë rrjedh nëpër gypin (2), kurse nga rezervuari i vogël (3) nëpër gypin e hollë (4) rrjedh lëngu me ngjyrë me dendësi të njëjtë. Kur shpejtësia e rrymimit ( $v$ ) të lëngut Pa ngjyrë është e vogël, rrymat janë të drejta (paralele), që është veti e rrymimit laminar. Me hapjen e valvulës (5) rritet shpejtësia e rrymimit të lëngut në gypin (2), rrymimet përzihen mes vete dhe rryma kalon në turbulente. Kalimi prej një lloji në tjetrin gjithmonë është bërë gjatë shpejtësisë së caktuar, të cilën Reynolds e ka definuar si **shpejtësi kritike**. Për lëngjet me viskozitet të ndryshëm, kjo shpejtësi ka pasur vlera të ndryshme. Kjo e ka nxitur që të formulohet shprehje me të cilën do të mund të definohet lloji i rrymimit në çdo rast, për lëngjet me vlerë të ndryshme. Kjo shprehje është quajtur numri i Reynoldsit dhe është:

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}, \text{ ku janë:}$$

$v$  [m/s] – shpejtësia e rrymimit,

$d$  [m] – diametri i brendshëm i gypit,

$\nu$  [m<sup>2</sup>/s] – koeficienti i viskozitetit kinetik të lëngut.

Numri i Rejnoldsit është madhësi padimensionale dhe me eksperiment është caktuar madhësia kritike e  $R_e = 2320$ , gjatë të cilës bëhet ndryshimi i llojit të rrymimit. Rejnolds ka konstatuar se:

Për vlerën e  $R_e < 2320$  – rrymimi është laminar, kurse

Për vlerën e  $R_e > 2320$  – rrymimi është turbulent

Vlera e shpejtësisë kritike të rrymimit njehsohet nga vlera e numrit të Rejnoldsit, dhe ajo është:

$$v_{kr} = \frac{R_{ekr} \cdot \nu}{d} \text{ [m/s]}$$

Në sistemet hidraulike të cilat zakonisht përdoren, rrymimi i fluidit anësor është turbulent.

## **18. LËVIZJA EKUILIBRUESE E LËNGUT NËPËR GYPA ME PRERJE KONSTANTE**

Për shkak të prerjes konstante të gypit, shpejtësia mesatare e rrymimit në të gjitha prerjet do të jetë e barabartë. Nga figura 46 shihet se lartësia e shpejtësisë përgjatë gypit do të ketë vlerë të barabartë  $\frac{v^2}{2g}$ .

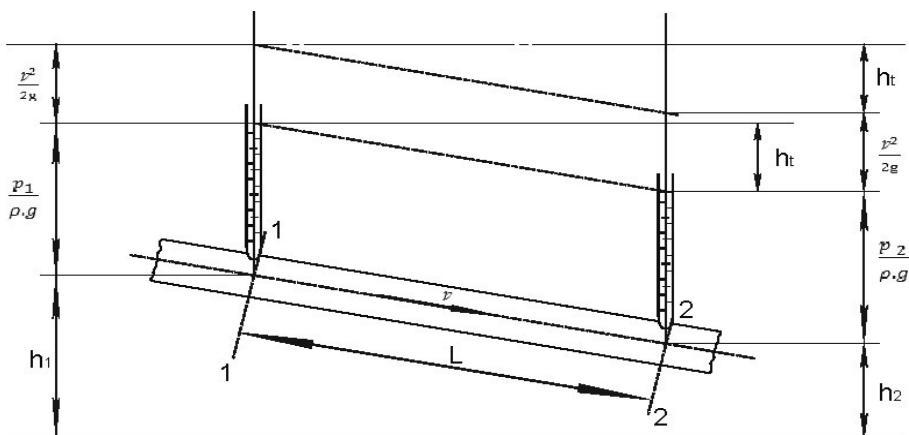


Fig. 46 Gypi me prerje konstante

Barazimi i Bernulit për prerjet 1 dhe 2 do të jetë:

$$h_1 + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} = h_2 + \frac{v^2}{2g} + h_t \text{ respektivisht:}$$

$$h_t = h_1 - h_2 + \frac{(P_1 - P_2)}{\rho \cdot g}$$

Në Fig. 46 mbi gyp janë treguar lartësitë e shpejtësisë dhe rezistenca, si dhe ndryshimet e lartësisë së shtypjes. Nëse gypi është vendosur horizontalisht, atëherë:

$$h_1 = h_2$$

dhe barazimi i mëparshëm do të jetë:

$$h_t = \frac{(P_1 - P_2)}{\rho \cdot g}$$

Në rastin e tillë për *kapërcimin* e lartësisë së rezistencës harxhohet lartësia e shtypjes. Për shkak të rezistencës gjatë rryimit të lëngut nëpër gypin horizontal bëhet zvogëlimi i shtypjes (rënia e shtypjes). Për gypin me prerje konstante rrethore tërthore lartësia e rezistencës zakonisht njehsohet sipas barazimit të Darsit (Darcy), i cili është:

$$h_t = \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

ku:  $\lambda$  – koeficienti i fërkimit, madhësia e të cilit varet nga numri i Rejnoldsit dhe ashpërsia e gypit, për  $R_e = 2320$  (rrymimi laminar) respektivisht:

$$\lambda = 64 / R_e = 64 \cdot N / \vartheta \cdot d$$

Nëse ajo vlerë zëvendësohet në barazimin e Darsit për lartësinë e rezistencës, fitohet:

$$h_t = \frac{32 \cdot \nu \cdot L \cdot v}{d^2 \cdot g}$$

*Lartësia e rezistencës te rrymimi laminar është proporcionale me shpejtësinë e rrymimit.* Për rrymimin turbulent kur vlera e  $R_e > 2320$ , ndryshohet vlera e koeficientit  $\lambda$ , por varet edhe nga ashpërsia e mureve të gypit nëpër të cilin rrymon lëngu.

## 19. HUMBJA E ENERGJISË DHE KOEFICIENTI I REZISTENCËS GJATË REGJIMIT LAMINAR DHE TURBULENT TË LËVIZJES

Gjatë rrymimit të lëngut viskoz (fluideve reale) një pjesë e energjisë mekanike të lëngut në mënyrë të pakthyeshme harxhohet për *kapërcim* të rezistencës hidraulike. Kjo pjesë e energjisë kalon në energji termike e cila nuk përdoret për qëllime të dobishme. Sistemet dhe instalimet hidraulike janë përbërë prej elementeve të ndryshme nëpër të cilat rrymon fluidi. Të gjitha elementet e ndryshme, gypat e drejtë me prerje konstante ose të ndryshueshme, lakesat, pjesët kaluese, elementet për rregullim të rrjedhës (valvulet, përcjellësit), dorëzat etj., shkaktojnë rezistenca të ndryshme të rrymimit. Sipas vendit ku paraqiten rezistencat hidraulike, në përgjithësi ndahen në dy lloje:

- *Rezistenca lineare* – rezistenca nga fërkimi i pjesës drejtkëndore të instalimit,
- *Rezistenca lokale ose vendore.*

Humbjet e energjisë, e cila është pasojë e veprimit të këtyre rezistencave, janë quajtur *humbje lineare* ose *humbje nga fërkimi* dhe *humbje lokale*.

**Humbjet lineare** ose humbjet nga fërkimi janë pasojë e rezistencës që paraqitet për shkak të veprimit të forcave të fërkimit reciprok të grimcave fluide dhe fërkimit nëpër muret e gypërcjellësit dhe varen nga këta faktorë:

- gjatësia dhe diametri i pjesës drejtkëndore të gypërcjellësit,
- ashpërsia e sipërfaqeve të mureve,
- lloji i rryimit (laminar ose turbulent), dhe
- forma e prerjes diametrale të gypërcjellësit.

Madhësia e rënies së shtypjes për shkak të rezistencave lineare midis dy prerjeve në distancën  $L$ , nëpër gypërcjelljës me prerje tërthore konstante, caktohet sipas shprehjes:

$$\Delta p_1 = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v_{sr}^2 \cdot \rho}{2} \quad [\text{Pa}], \text{ ku janë:}$$

$L$  [m] – gjatësia e gypërcjellësit,

$d$  [m] – diametri i brendshëm i gypërcjellësit,

$v_{sr}$  [m/s] – shpejtësia mesatare e rryimit,

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – dendësia e fluidit,

$\lambda$  – koeficienti i rezistencës për shkak të fërkimit që ka madhësi të ndryshueshme dhe gjatë rryimit stacionar varet nga numri i Rejnoldsit  $R_e$  dhe ashpërsia relative e gypit  $L/d$ . Gjatë rryimit laminar madhësia  $\lambda = 64/R_e$ , kurse gjatë rryimit turbulent madhësia e  $\lambda$  caktohet sipas barazimeve empirike (eksperimentale), formulave të Prantlit, Nikuardit, Kolbrukut ose Altshulit, në të cilat  $\lambda = \lambda(R_e, \delta/d)$ .

Energjia e humbur e shtypjes mund të sillet edhe në lartësinë e humbur:

$$h_1 = \frac{\Delta p_1}{\rho \cdot g} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v_s^2}{2 \cdot g} \quad [\text{m}]$$

Humbjet **lokale** mund të jenë të shumëllojshme dhe i nxisin rezistencat të cilat paraqiten për shkak të:

- ndryshimit të menjëhershëm të drejtimit të rryimit,
- ndryshimit të menjëhershëm të prerjes së rrjedhës rrymore (ngushtimit, zgjerimit, hyrjes ose daljes së gypërcjellësit nga rezervuari e tjera),

- ndarjes së rrjedhës rrymore (degëzimit të gypërcjellësit në dy ose më tepër pjesë),
- rezistencave nëpër armaturë të ndryshme, të ndërtuar në gypërcjelljës për drejtim dhe rregullim (valvuleve, çezmave, përcjellësve e të tjera).

Madhësia e rënies së shtypjes ( $\Delta p_2$ ) në raste të tilla njihet sipas shprehjes:

$$\Delta p_2 = \xi \cdot \frac{v_s^2 \cdot \rho}{2} \quad [\text{Pa}]$$

Energjia e humbur për shkak të *kapërcimit* të rezistencave lokale, gjithashtu mund të paraqitet si lartësi e humbur edhe atë:

$$h_2 = \frac{\Delta p_2}{\rho \cdot g} = \xi \cdot \frac{v_s^2}{2 \cdot g} \quad [\text{m}], \text{ ku është:}$$

$\xi$  – koeficient i rezistencës lokale që caktohet në bazë të të dhënave eksperimentale dhe merret nga tabelat ose diagramet. Më mirë është që madhësia e vet të merret nga të dhënat që i rekomandojnë prodhuesit e elementeve të cilët e prodhojnë rezistencën lokale.

Nëse në gypërcjelljës ekzistojnë më tepër rezistenca lokale, lartësia e humbur e përgjithshme fitohet si shumë e të gjitha rezistencave lokale, respektivisht:

$$h_2 = \frac{1}{2 \cdot g} \sum_{i=1}^m \xi_i \cdot v_{si}^2 \quad [\text{m}], \text{ ku:}$$

$n$  – numri i rezistencave lokale.

Nëse në gypërcjelljës ekzistojnë  $n$  pjesë me diametër të ndryshëm  $d_i$  dhe gjatësi  $L_i$  si dhe  $m$  rezistenca lokale, atëherë në rast të përgjithshëm lartësia e humbur e përgjithshme caktohet nga:

$$h = h_1 + h_2 = \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left( \sum_1^n \lambda_i \cdot \frac{L_i}{d_i} \cdot v_{si}^2 + \sum_1^m \xi_i \cdot v_{si}^2 \right) \quad [\text{m}]$$

Gjatë projektimit të hidrosistemeve, në rastin e përgjithshëm, duhet të mbahet llogari gjatë zgjedhjes së parametrave themelor, rezistencat e përgjithshme të shkaktojnë maksimalisht 5 deri 6% rënie të shtypjes punuese.

Dimensionimi i gypërcjellësit duhet të bëhet sipas barazimit:



$$A = \frac{q_V}{v_{sr}} \quad [\text{m}^2]$$

Gyppërcjellësit me prerje rrethore:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{q_V}{v_{sr}} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot q_V}{\pi \cdot v_{sr}}} = 1,13 \sqrt{\frac{q_V}{v_{sr}}} \quad [\text{m}], \text{ ku:}$$

$A$  [ $\text{m}^2$ ] – sipërfaqja e prerjes tërthore të gyppërcjellësit,

$q_V$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] – rrjedhja vëllimore,

$v_{sr}$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] – shpejtësia mesatare e rrymimit,

$d$  [ $\text{m}$ ] – diametri i brendshëm i gyppërcjellësit.

Me instalimin e pompës në gyppërcjelljës, në rrjedhën rrymore sillen energjia e nevojshme që të rrymojë lëngu nëpër gyppërcjelljës. Madhësia e energjisë së sjellë njehsohet me vendosjen e barazimit të energjisë për nivelet e rezervuarit thithës (a) dhe shtypës (b). Ky barazim i energjisë është:

$$e_1 + e_p = e_2 + e_h, \text{ ku janë:}$$

$$e_1 = \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} - \text{energjia e përgjithshme e lëngut në rrafshin e nivelit 1-1 nga rezervuari thithës,}$$

$e_p$  – energjia të cilën pompa e jep në lëng,

$$e_2 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + g \cdot H_g - \text{energjia e përgjithshme e lëngut në rrafshin 2-2 në rezervuarin shtypës,}$$

$$e_h = g(h_1 + h_2) = g \cdot h - \text{energjia e cila harxhohet për përvetësim të rezistencave hidraulike}$$

Me zëvendësimin e vlerave përkatëse, barazimi i energjisë merr formën:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + e_p = g \cdot H_g + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + g \cdot h$$

Për rezervuarë të hapur  $p_1 = p_2 = p_{atm}$  kurse shpejtësitë e rrymimit të sipërfaqeve të rezervuarëve janë  $v = v_1 = v_2 \cong 0$ . Me zëvendësimin e këtyre vlerave në barazimin e energjisë fitohet:

$$\frac{p_{at}}{\rho} + \frac{v^2}{2} + e_p = g \cdot H_g + \frac{p_{at}}{\rho} + \frac{v^2}{2} + g \cdot h,$$

$$e_p = g \cdot H_g + g \cdot h = g(H_g + h)$$

*Shembull:* Që të transportohet lëngu prej rezervuarit (a) deri te rezervuari (b), (Fig. 47), pompa P patjetër duhet të sjellë energji për *kapërcim* të lartësisë gjeodezike  $H_g$  dhe energji të nevojshme për *kapërcim* të rezistencave hidraulike.

$$h = \frac{\Delta e}{g}$$

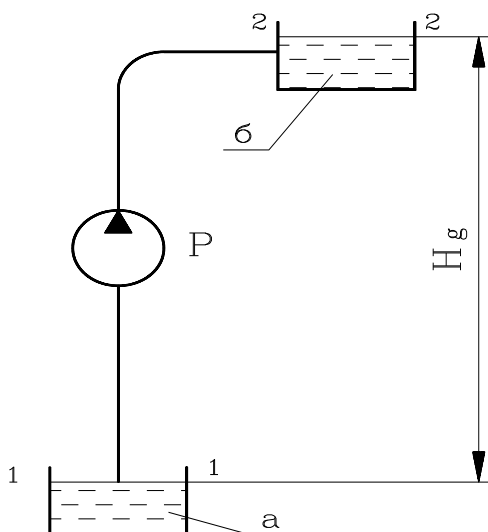


Fig. 47: Skema e stabilimentit të pompës

## 20. RRJEDHJA E LËNGUT NËPËR VRIMËN E VOGËL

Nganjëherë shumë më tepër energji humbet për shkak të rezistencave lokale (vendore), ashtu që humbjet lineare të energjisë janë të mëdha dhe kanë të bëjnë me ato vendore. Lloj i tillë i rrymimit është rrjedhja nëpër vrimën e vogël gjatë daljes së lëngut nga ena, sepse atëherë gati tërë humbja e energjisë ndodh për shkak të rezistencave vendore (lokale).

## 20.1 Rrjedhja e lëngut nëpër vrimën e vogël tërthore në mur të hollë

Vrimat e vogla nëpër të cilat rrjedh lëngu janë vende në të cilat janë theksuar rezistencat lokale gjatë rrymimit. Ka shumë lloje të rezistencave, por rrjedhja në vrimën e vogël në mur të hollë shpesh haset kur lëngu rrjedh nga rezervuari. Rezervuarët zakonisht janë me mure të holla ose nga ana tjetër vrima është bërë ashtu që currili i prek vetëm këndet e ngushta, por jo edhe sipërfaqen anësore të vrimës Fig. 48).

Nga rezervuari në të cilin niveli i lëngut mbahet me derdhje të kontinuar, vrima për rrjedhje le të gjendet në lartësinë (thellësinë)  $H$ . Shpejtësia e rrjedhjes  $v_1$  të lëngut në kushte ideale do të jetë sa shpejtësia e rënies së lirë nga lartësia  $H$ . Rrjedhja e lëngut nëpër vrimë është:

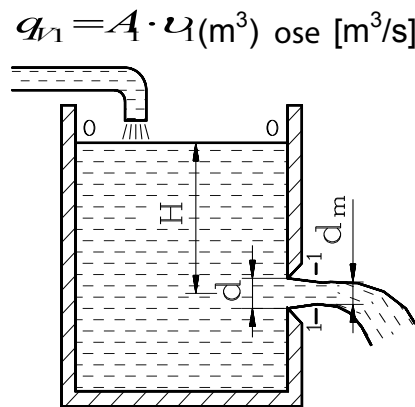


Fig. 48 Rrjedhja nëpër vrimën e vogël në mur të hollë gjatë nivelit konstant

Për kushte reale shpejtësia e rrjedhjes caktohet me zbatimin e barazimit të Bernulit, i cili vihet për prerjet 0 – 0 (sipërfaqja e rezervuarit) dhe 1 – 1 (në dalje të vrimës për rrjedhje).

$$\frac{v_0^2}{2 \cdot g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z_0 = \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z_1 + h$$

Ngase:  $v_0=0$ ,  $z_0 = H$ ,  $z_1 = 0$ ,  $h = \xi \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g}$ , rrjedh se:

$$H = \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + \xi \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \cdot (1 + \xi)$$

$$v_1^2 = \frac{1}{1 + \xi} \cdot 2 \cdot g \cdot H$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \text{ [m/s]}, \quad \text{ku}$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi}}$$

$\varphi < 1$  është koeficienti i shpejtësisë së rrjedhjes. Për ujin ai është prej 0,96 deri 1. Madhësia e koeficientit varet nga forma e vrimës, lartësia  $H$  dhe vetitë fizike të lëngut. Hulumtimet eksperimentale tregojnë se prerja e tërthortë  $A$  e currilit zvogëlohet afërsisht për 20% për shkak të kontraksionit të vet (fig. 49). Koeficienti i kontraksionit caktohet sipas barazimit:

$$\psi = \frac{A_m}{A} < 1 \Rightarrow A_m = \psi \cdot A \quad \text{ku:}$$

$A_m$  – prerja minimale e currilit.

Madhësia e rrjedhjes caktohet sipas barazimit:

$$q_v = v_1 \cdot A_m = \varphi \cdot \psi \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \text{ [m}^3\text{/s]}, \quad \text{ku}$$

$\mu = \varphi \cdot \psi < 1$  – koeficienti i rrjedhjes.

Vlera e koeficientit  $\mu$  caktohet në mënyrë eksperimentale dhe paraqet funksion të numrit të Rejnoldsit  $\mu = f(R_e)$ . Madhësia e saj varet nga forma e vrimës dhe vetitë fizike të lëngut.

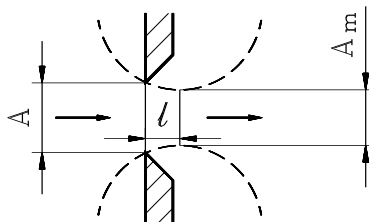


Fig. 49 Kontraksioni i currilit

Përzvogëlimin e rezistencës së fërkimit, vrima përpunohet ose shfrytëzohen elemente lidhëse me kënde të ngushta ose të gjera sikurse në Fig. 50.

Edhe pse vlera e koeficientit të rrjedhjes në rastin e përgjithshëm sillet në kufijtë:

$$0,5 < \mu < 1,0$$

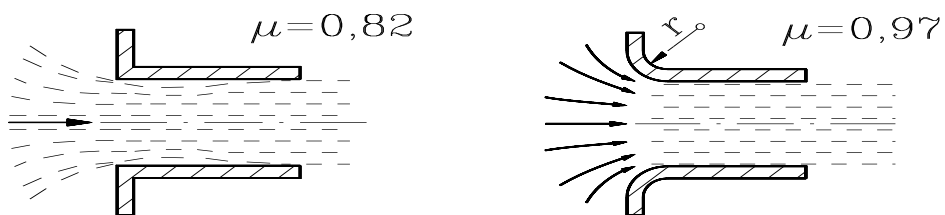


Fig. 50 Elementet lidhëse

## 20.2 Rrjedhja e lëngut nëpër currilin unazor

Rrjedhja nëpër currilin unazor është dukuri e shpeshtë në praktikë. Haset te cilindrat hidraulikë, motorët, pompa dhëmbëzore, motori hidraulik dhëmbëzor, te rotorin dhe statorin, te makinat hidraulike dhe në shumë raste të tjera.

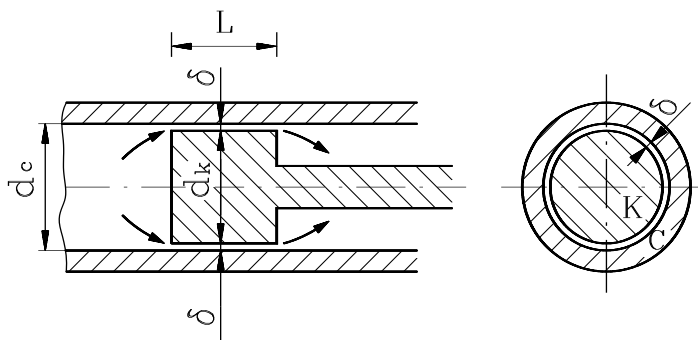


Fig. 51 Rrjedhja e lëngut nëpër currilin unazor

$$d_c = d_{sr} + \delta,$$

$$d_k = d_{sr} - \delta,$$

$$d_{sr} = \frac{d_c + d_k}{2}$$

Në Fig. 51 është treguar currili unazor midis cilindrit anësor C dhe pistonit K i cili lëviz nëpër cilindër. Kur currili midis sipërfaqes së jashtme dhe të brendshme të cilindrit është shumë i vogël  $\delta = \frac{d_c - d_k}{2}$ , atëherë rënia e shtypjes ( $\Delta p$ ) dhe madhësia e rrjedhjes ( $q_v$ ) mund të njehsohen me shprehjet:

$$\Delta p = \frac{12 \cdot \eta \cdot q_v \cdot L}{d_{sr} \cdot \pi \cdot \delta^3} \quad [\text{Pa}]; \quad q_v = \frac{\Delta p \cdot d_{sr} \cdot \pi \cdot \delta^3}{12 \cdot \eta \cdot L} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Nëse currili është shumë i vogël, kemi rast sikurse tek enët kapilare edhe rrymimi është me rezistenca të mëdha. Në mënyrë eksperimentale është vërtetuar se për të ekzistuar rrjedhje me rezistenca të mesme currili duhet të ketë dimensione  $\delta = (2 - 8) [\mu\text{m}]$ .

## 21. GODITJA HIDRAULIKE DHE MASAT PËR TEJKALIMIN E SAJ

Te dukuria kavitacioni ishte përmendur termi goditja hidraulike si pasojë e ndryshimit të përnjëhershëm (momental) të shpejtësisë së rrymimit, respektivisht shtypjes punuese. Rritja momentale e shtypjes në sistemin hidraulik (në instalim) është dukuri e quajtur **goditja hidraulike**. Kjo dukuri e padëshiruar dhe negative për instalimin manifestohet me dridhje të tërë sistemit, goditje, zëra të fortë dhe nëse nuk është i mbrojtur sistemi, mund të shkaktojë havari. Shkaku për këtë dukuri mund të jetë:

- a) hapja ose mbyllja e përnjëhershme e valvuleve,
- b) ndërprerja e befashme e pompës për përcjellje të fluidit të lëngshëm (ndërprerja e rrymës elektrike).

Goditja më e fortë hidraulike bëhet gjatë mbylljes momentale të valvulës në sistem, me çka momentalisht ndërpritet lëvizja e fluidit (lëngut).

Kjo posaçërisht është karakteristike gjatë shpejtësive të mëdha të rrymimit dhe rrjedhjeve të mëdha, sepse atëherë energjia kinetike e lëngut në afërsi të drejtpërdrejtë të valvulës shndërrohet në energji të shtypjes dhe shkakton rritje të shumëfishtë të shtypjes anësore në sistemin hidraulik. Kjo dukuri posaçërisht do të manifestohej në sistemet hidraulike bashkëkohore nëse nuk janë të siguruara (të mbrojtura), ngase shpejtësitë e rrymimit janë

të mëdha, kurse mbyllja e valvuleve ose ndryshimi i kahjes së rrymimit me shpërndarësit bëhet për pjesë të sekondës. Rritja momentale e shtypjes  $\Delta p$  në sistem njehsohet sipas barazimit:

$$\Delta p = p_2 - p_1 \text{ ose } p = \rho \cdot c \cdot v \text{ [Pa]}, \text{ ku:}$$

$\rho$  – dendësia e lëngut,

$v$  – shpejtësia mesatare e rrymimit,

$c$  – shpejtësia e shtrirjes së valës goditëse, d.m.th. shtrirja e zërit nëpër lëng.

$$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{k \cdot D}{E \cdot \delta}}} \text{ [m/s]}$$

$K$  – moduli i elasticitetit të lëngut,

$E$  – moduli i elasticitetit të materialit nga i cili është bërë gypi.

Kohëzgjatja e goditjes hidraulike ose perioda  $T$  është koha derisa vala goditëse e kalon dy herë gjatësinë e gyppërcjellësit (prej pengesës – vendi ku është ndaluar rrymimi deri te rezervuari në sistem dhe përsëri deri te pengesa).

$$T = \frac{2 \cdot L}{c} \text{ [s]}$$

Derisa kohëzgjatja e mbylljes së valvulës  $t$  është më e vogël, respektivisht më e madhe nga perioda  $t$ , goditja hidraulike mund të jetë:

$t < T$  – goditja e plotë hidraulike,

$t > T$  – goditja jo e plotë (indirekte) hidraulike.

Për zvogëlimin e pasojave të dëmshme nga goditja hidraulike bëhet sigurimi i sistemit, me instalim të elementeve plotësuese (kompensatorë të goditjes), të paraqitur në figurën 52. Ekzistojnë shumë lloje të kompensatorëve, edhe atë:

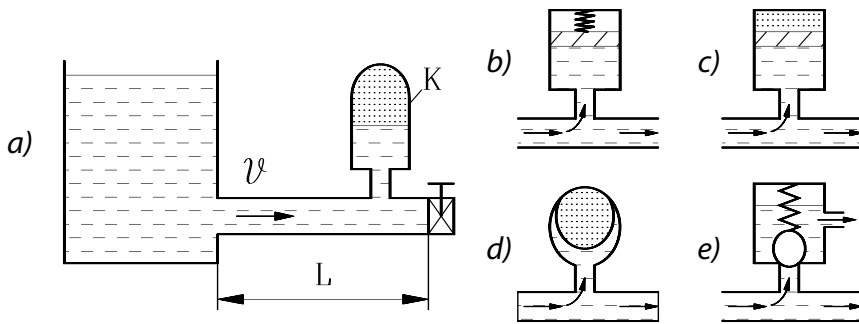


Fig. 52 Llojet e kompensatorëve

- a) kompensatori ajror,
- b) kompensatori pistonal me spirale,
- c) kompensatori pistonal me dhomë gazi,
- d) kompensatori hidropneumatik me membranë,
- e) kompensatori valvular me spirale.

Me kompensatorët zvogëlohet perioda e goditjes hidraulike  $T$  në atë mënyrë që në rritjen momentale të shtypjes në sistem, një pjesë e lëngut punues hyn në kompensator.

Te *kompensatori ajror* (Fig. 52a), meqenëse ajri është materie ngjeshëse, lëngu punues, nën ndikim të shtypjes së rritur, e plotëson kompensatorin duke e ngjeshur ajrin në vëllim minimal. Meqë do të normalizohet shtypja punuese, lëngu punues tërhiqet (kthehet) në sistem nën ndikim të shtypjes të ajrit të ngjeshur.

Te *kompensatori pistonal me spirale* (Fig. 52b), lëngu punues me shtypje të rritur e zhvendos pistonin lart duke e ngjeshur spiralen. Me normalizim të shtypjes punuese në sistem, forca e spirales së ngjeshur e kthen pistonin në pozitën fillestare, me çka kthehet lëngu punues në sistem. Në mënyrë të njëjtë funksionojnë edhe kompensatorët në figurën 52 c dhe d.

Për kompensatorin në Fig. 52e karakteristike është ajo se ka valvulë sigurie dhe kanal derdhës. Kur shtypja punuese në sistem do të rritet, e përvetëson forcën e spirales dhe e hap valvulën siguroese, prandaj një pjesë



e lëngut punues hyn në kompensatorin. Nëse goditja hidraulike është me intensitet të fuqishëm, sasia e lëngut që hyn në kompensator është e madhe dhe nëpërmjet kanalit derdhës do të kthehet në rezervuarin e sistemit.

Është me rëndësi të përmendet vendi i instalimit të kompensatorëve i cili gjithmonë është në afërsi të drejtpërdrejtë të valvuleve (pengesave) ku shkaktohet goditja hidraulike. Prej të gjitha llojeve të kompensatorëve shpesh instalohen kompensatorët ajrorë me valvulë sigurie. Kompensatorët pistonal më rrallë instalohen për shkak të rezistencave gjatë lëvizjes së pistonit.

## 22. LËVIZJA E LËNGUT NËPËR KANAL TË HAPUR

Lëvizja e lëngut nëpër kanal in e hapur dallohet nga rrymimi nëpër gyp, sepse në kanal lëngu ka sipërfaqe të lirë në të cilën vepron shtypja atmosferike. Nëse fundi i kanalit është horizontal, atëherë edhe sipërfaqja e lëngut do të jetë horizontale, kurse lëngu do të rrijë qetë. Nëse fundi i kanalit mënjanohet nën kënd të caktuar me sipërfaqen horizontale (Fig. 53), atëherë mënjanohet e tërë masa e lëngut dhe sipërfaqja e saj do të jetë e mënjanuar. Në grimcat e lëngut do të veprojë komponenti i forcës së gravitetit të Tokës që grimcave u jep shpejtësi të caktuar në drejtim të kanalit, siç është paraqitur në figurë. Masa e lëngut ( $m$ ) në prerjen 1 – 1 që gjendet në thellësinë  $h$ , nën sipërfaqen e lëngut ka shpejtësinë  $h_1 - h$ , duke llogaritur nga kahja  $a - a$ . Në sipërfaqen e lëngut ndikon shtypja atmosferike ( $p_0$ ), kurse në thellësinë  $h'$ , nën sipërfaqen e lëngut shtypja ka vlerë  $p_0 + h' \cdot \rho \cdot g$ .

Në prerjen 2 – 2 masa e njëjtë e lëngut ( $m$ ) do të jetë në thellësinë  $h''$ , kurse shtypja e asaj thellësie është  $p_0 + h'' \cdot \rho \cdot g$ .

Barazimi i Bernulit për lëngun **ideal** për proceset 1 – 1 dhe 2 – 2 do të jetë:

$$h_1 - h' + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + \frac{(p_0 + h' \cdot \rho \cdot g)}{\rho \cdot g} = h_2 - h'' + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \frac{(p_0 + h'' \cdot \rho \cdot g)}{\rho \cdot g}$$

Pas rregullimit matematikor të barazimit fitohet:

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$$

Ngase në barazimin nuk janë thellësitë  $h'$  dhe  $h''$ , barazimi i fundit ka karakter të përgjithshëm dhe vlen për grimcat në cilëndo thellësi ose në sipërfaqe të lëngut.

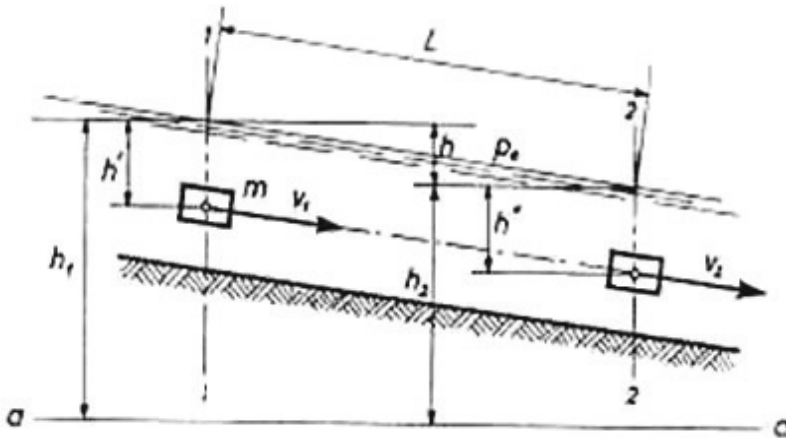


Fig. 53 Rrjedhja nëpër kanalin e hapur

Te lëngu **real**, një pjesë e energjisë së lëngut në prerjen 1 – 1 do të përhapet për *kapërcim* të rezistencës nga fërkimi ( $h_f$ ) që të arrijë në prerjen 2 – 2. Atëherë barazimi i përgjithshëm do ta ketë formën:

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_f$$

Gjatë lëvizjes së lëngut nëpër kanalin e hapur janë të mundshme këto raste:

**a) Uji në kanal të lëvizë në mënyrë të njëtrajtshme**

Në atë rast shpejtësia e lëvizjes gjithmonë është e barabartë, d.m.th.

$$v_1 = v_2$$

Atëherë barazimi për lëvizje nëpër kanalin e hapur (2) merr formën:

$$h_1 - h_2 = H = h_f$$

Nga barazimi i fundit vijon si përfundim: *energjia e pozitës (h) për lëngun me masë m e cila lëviz njëtrajtësisht, përdoret vetëm për kapërcim të rezistencës së fërkimit (h<sub>f</sub>).*

Gjatë lëvizjes së njëtrajtshme të lëngut në kanal të hapur nevojite mënjanim i caktuar me të cilin do të kompensoheshin humbjet e energjisë për shkak të fërkimit. Lartësia H quhet *humbje e lartësisë*, që e paraqet rënien e lëngut për gjatësi të caktuar L. Njehsohet rënia relative  $R_p$  (%) me njësi gjatësie sipas barazimit:

$$R_p = \frac{h}{L} (\%)$$

### b) Uji në kanal lëviz shpejt

Lëvizja e shpejtuar e ujit në kanal të hapur bëhet nëse vlera e rënies relative  $R_p$  të kanalit është më e madhe se sa nevojitet për *kapërcim* të rezistencës së fërkimit ose nëse gjerësia e kanalit zvogëlohet. Nëse vlera e rënies relative  $R_p$  është më e vogël ose nëse gjerësia e kanalit rritet, lëvizja e lëngut do të jetë e ngadalësuar.

### c) Njehsimi i kanalit

Madhësia e rezistencës së fërkimit në kanal varet nga:

- forma e kanalit,
- gjatësia e kanalit,
- shpejtësia e rrymimit të lëngut, dhe
- ashpërsia e mureve të kanalit.

1. Ndikimi i formës së kanalit. Nëse nëpër kanal lëviz sasi e barabartë e lëngut në njësinë e kohës Q me shpejtësi mesatare u, kanali duhet të ketë prerje të tërthortë A:

$$A = \frac{Q}{u} [\text{m}^2]$$

Kanali mund të ketë formë të ndryshme (të cekët, të thellë, të gjerë, të ngushtë, me formë drejtkëndore, trapezoide, rrethore ose të shtypur), por gjithashtu ta ketë prerjen e nevojshme të tërthortë. Forma më e përshtatshme e kanalit do të jetë ajo e cila pranë prerjes së kërkuar të tërthortë do të ketë sipërfaqe më të vogël të lagur, për shkak të fërkimit të lëngut me muret e kanalit.

Te sipërfaqja më e vogël e lagur ka humbje më të vogël të energjisë nga fërkimi. Si masë për formë më të përshtatur të kanalit merret raporti i prerjes së tërthortë të kanalit dhe përfshirja e sipërfaqes së lagur  $U$  e cila quhet **rrezja hidraulike  $R$** , respektivisht:

$$R = \frac{A}{U} [m]$$

Nga barazimi i fundit mund të konstatohet se për vlerë më të madhe të  $R$  për vlerë të dhënë të prerjes së tërthortë, kanali do të jetë i volitshëm sepse vlera e sipërfaqes së lagur do të jetë më e vogël dhe e kundërta.

2. Gjatësia e kanalit ka ndikim negativ, sepse nëse është më e madhe gjatësia e kanalit, humbjet e energjisë për *kapërcim* të rezistencës nga fërkimi janë më të mëdha dhe e kundërta.
3. Shpejtësia e rrymimit ka ndikim negativ, sepse gjithmonë në kanale rrymimi është turbulent dhe humbjet e energjisë për shkak të *kapërcimit* të rezistencës së fërkimit janë proporcionale me katrorin e shpejtësisë së rrymimit të lëngut. Te kanalet simetrike shpejtësia maksimale është në mesin e rrjedhës, kurse në fundin e kanalit dhe në krahët anësorë fillon nga vlera zero që në mes të arrijë vlerë maksimale.
4. Ashpërsia e mureve të kanalit ka ndikim ndaj madhësisë së fërkimit midis lëngut dhe mureve. Por, eksperimentalisht është vërtetuar se nga forma e murit varet madhësia e shpejtësisë së rrymimit të lëngut. Nëse është e vogël shpejtësia e rrymimit, atëherë ekziston rreziku nga shtresimi i lymit, kurse me shpejtësi të mëdha bëhet harxhimi i shpejtë i mureve të kanalit. Të dhënat praktike për shpejtësinë mesatare të rrymimit dhe ashpërsinë e murit janë paraqitur në tabela të cilat shfrytëzohen gjatë ndërtimit të kanaleve.

Nga karakteristikat e përmendura parashtrohet pyetja, cila është forma më e përshtatshme e kanalit? *Për formë më të përshtatshme definohet kanali me rënie të dhënë relative dhe rrjedhja e nevojshme të ketë prerje më të vogël të tërthortë, por shpejtësi më të madhe mesatare të rrymimit.* Sipas llogarive hidraulike, forma rrethore e kanalit është më e volitshme, kurse pastaj prerja tërthore gjysmërrethore ose në formë të vezës. Me prerje tërthore rrethore përdoren kanalet vetëm në rrjetin e kanalizimit, kurse në rastet e tjera shpesh përdoren kanalet me formë drejtkëndore dhe trapezoide.

Gjatë caktimit të formës së kanalit vëmendje të veçantë kanë këta faktorë: kushtet hidraulike, materiali nga i cili ndërtohen, çmimi, forma e terrenit në të cilin ndërtohet, lloji i lëngut...

### Pyetje për verifikim:

1. Çka është vija rrymore, e çka rrjedhja rrymore?
2. Si caktohet shpejtësia mesatare e rrymimit?
3. Nga cilët anëtarë përbëhet barazimi i Bernulit?
4. Çka matet me gypin e Venturit?
5. Cili është dallimi midis rrymimit laminar dhe turbulent?
6. Çka është shpejtësia kritike e rrymimit?
7. Cili numër quhet numri i Rejnoldsit?
8. Çfarë humbjesh të energjisë di?
9. Çka është goditja hidraulike?
10. Cilat masa për zvogëlim të goditjes hidraulike i di?
11. Si është lëvizja e lëngut në kanal të hapur?

### Përfundim

Me ndihmën e njësive mësimore nga hidrodinamika nxënësit njihen me llojet e rrymimit, barazimet themelore për fluidet e rrjedhshme (barazimi i Bernulit dhe barazimi për kontinuitet), me numrin e Rejnoldsit dhe me termin për shpejtësinë kritike të rrymimit. Nëpërmjet përmbajtjeve dhe ilustrimeve njihen me termat e energjisë hidraulike, me humbjet e energjisë, ku dhe pse krijohen humbjet dhe me metodat për zvogëlimin e tyre. Njihen me termin për goditjen hidraulike në instalimet hidraulike dhe me metodat për zbutjen e tyre. Takohen me llojet e lëvizjes së lëngut nëpër kanalet e hapura dhe si njehsohet dhe mblidhet forma më e përshtatshme e kanalit. Me ndihmën e shembujve të zgjidhur janë prezantuar probleme praktike të cilat mund të zgjidhen me ndihmën e barazimeve dhe kushteve të ndryshme të gjendjes. Përvoja e përfituar mund të zbatohet në praktikë ose për sendërtimin gjatë edukimit të mëtejshëm.

SHEMBUJ:

1. Për cilën vlerë të shpejtësisë kritike ( $v_{kr}$ ) uji fillon të rrymojë në mënyrë turbulente nëpër gypin me  $d = 25 [mm]$ , nëse temperatura punuese është  $t = 20 [^{\circ}C]$ , kurse koeficienti i viskozitetit kinetik  $\nu = 1,2 \cdot 10^{-6} [m^2/s]$ ?

Zgjidhje:

$$R_e = \frac{v_{kr} \cdot d}{\nu} \Rightarrow v_{kr} = \frac{R_{ekr} \cdot \nu}{d} = \frac{2784 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6}}{0,025} = 0,11136 [m/s],$$
$$v_{kr} = 0,11136 [m/s] = 400,896 [m/h].$$

2. Nëpër gyp me diametër  $d = 180 [mm]$  rrymon vaji me temperaturë  $t = 72 [^{\circ}C]$  dhe me shpejtësi  $U = 1,2 [m/s]$ . Si do të jetë rrymimi?

Zgjidhje:

Për vajin e nxehur në  $72 [^{\circ}C]$ ,  $\nu = 0,39 \cdot 10^{-6} [m^2/s]$ ,

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,18}{0,39 \cdot 10^{-6}} = 553846 > 2320,$$

që do të thotë se rrymimi është turbulent.

3. Në gypërcjellësin me diametër  $d = 150 [mm]$  rrjedh naftë me rrjedhje  $q_v = 15 [m^3/s]$ . Të caktohet lloji i rrymimit dhe shpejtësia kritike e naftës, në qoftë se koeficienti i viskozitetit kinetik është  $N = 0,415 [cm^2/s]$ ?

Zgjidhje:

$$u_{kr} = 0,64 [m/s].$$

4. Me çfarë shpejtësie do të rrjedhë uji nga ena me vrimë anësore me diametër prej  $10 [mm]$ , nëse vrima gjendet në  $100 [mm]$  nga sipërfaqja e ujit? Koeficienti i shpejtësisë së rrjedhjes është  $\varphi = 0,75$ , kurse koeficienti i kontraksionit është  $\psi = 0,85$ .

Zgjidhje:

$$u_1 = 1,05 \text{ [m/s]; } \quad q_V = 0,189 \text{ [m}^3\text{/h]}.$$

5. Nëpër gypin me diametër  $d = 200 \text{ [mm]}$  dhe gjatësi  $L = 1,2 \text{ [m]}$  rrymon lëngu me  $q_V = 0,5 \text{ [m}^3\text{/min]}$  dhe dendësi  $\rho = 880 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ . Sa do të jetë shpejtësia mesatare e rrymimit ( $u_{sr}$ ) dhe rënia e shtypjes ( $\Delta p$ ) në fund të gypit, nëse koeficienti i rezistencës është  $\lambda = 0,015$ ?

Zgjidhje:

$$u_{sr} = 0,265 \text{ [m/s]; } \quad \Delta p = 2,78 \text{ [Pa]}.$$

6. Nga rezervuari rrjedh ujë nëpërmjet gypit me diametër  $d = 0,1 \text{ [m]}$  dhe gjatësi  $L = 50 \text{ [m]}$ . Gypi është lidhur në rezervuar në largësi  $H = 4 \text{ [m]}$ . Nëse koeficienti i rezistencës për shkak të fërkimit nëpër gyp është  $l = 0,025$ , koeficienti i rezistencës lokale të hyrjes së gypit  $\xi_1 = 0,5$ , kurse te valvola  $\xi_2 = 2,5$ , të caktohet madhësia e rrjedhës  $q_V \text{ [m}^3\text{/s]}$  në fund të gypit dhe madhësia e shpejtësisë së rrymimit  $u \text{ [m/s]}$  në gyp.

Zgjidhje:

$$u = 2,18 \text{ [m/s], } \quad q_V = 0,017 \text{ [m}^3\text{/s]}.$$

7. Të caktohet lloji i rrymimit të ujit në gyp (laminar ose turbulent) me diametër  $d = 10 \text{ [mm]}$ , nëse rrjedhja e ujit është  $Q = 5 \text{ [l/s]}$  dhe me viskozitet kinetik  $\nu = 0,0117 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{/s]}$ .

Zgjidhje:

$$Re = 53846$$

Meqenëse  $53846 > 13800$ , rrymimi në gyp është turbulent.



8. Të caktohet masa e vajit me dendësi  $\rho = 0,8[\text{gr}/\text{cm}^3]$ , i cili rrjedh për kohën  $t = 10$  minuta nga rezervuari me vrimë të vogël rrethore anësore me diametër  $d = 10$  [mm], nëse qendra e vrimës gjendet në lartësi  $H = 2$  [m], nën nivelin e vajit në rezervuar dhe nëse koeficienti i rrjedhjes është  $\varphi = 0,62$ .

Zgjidhje:

$$G = 83,97 \text{ [kg]}$$



# **P N E U M A T I K A**



## 23. ZHVILLIMI DHE NDARJA E PNEUMATIKËS

Pneumatika, edhe pse si hidraulika, është mjaft e përfshirë në teknikën bashkëkohore, posaçërisht në automatizim, sepse pajisjet pneumatike veçohen me ekonomizim të madh dhe konstruktiv të thjeshtë. Zbatim posaçërisht të rëndësishëm ka në mjediset me kushte të vështira të punës, shtypje të larta, temperatura të larta gjatë punës, ku ka rrezik nga eksplozimi etj.

Instalimet pneumatike zbatohen në industrinë e qelqit, në industrinë e përpunimit të metaleve, në industrinë e drurit, në mjekësi, transport...

Pajisjet pneumatike, hidraulike dhe elektrike shpesh herë plotësohen me sukses edhe si instalime të kombinuara, sepse plotësisht i plotësojnë të gjitha kushte e parashtruara gjatë projektimit të konstruksioneve të ndërlikuara. Pajisjet e para pneumatike, të cilat ishin përdorur janë mullinj të erës dhe vegla fryrëse e farkëtarit. Më vonë industria e armëve tërësisht është bazuar ndaj ligjeve të pneumatikës. Sot zbatim të gjerë të pneumatikës hasim në teknikën raketore, në industri të aviacionit, në mjekësi dhe në teknologjinë informative.

Pneumatika, sipas madhësisë së shtypjes punuese që e përdor, ndahet në disa fusha, edhe atë:

1. Pneumatika e shtypjeve të ulëta të fluidit punues deri në 1 [bar] – shfrytëzohet për bartje dhe përpunim të të dhënave në informatikë. Kjo fushë quhet fluidikë.
2. Pneumatika për shtypje të mesme (1 deri 10) [bar] – shpesh zbatohet në industri, që punojnë me shpejtësi punuese shumë të mëdha.
3. Pneumatika e shtypjeve të larta (10 deri 500) [bar] – zbatohet në pajisjet industriale, të cilat punojnë me shpejtësi punuese shumë të mëdha.
4. Pneumatika për shtypje shumë të larta punuese, mbi 500 [bar] – zbatohet te pajisjet speciale industriale dhe teknike.

## 24. KRAHASIMI I SISTEMEVE PNEUMATIKE DHE HIDRAULIKE

Nëse sistemet pneumatike krahasohen me ato hidraulike, mund të konstatohen këto përparësi dhe mangësi:

### *Përparësitë:*

1. Ajri, i cili shfrytëzohet si fluid punues në pneumatikë, gjendet në sasi të pakufizuar. Ai nën shtypje rrymon lehtë nëpër instalimet dhe pajisjet pneumatike.
2. Ajri i komprimuar nuk ndizet dhe nuk ka rrezik nga eksplodimi gjatë punës, prandaj pajisjet pneumatike mund të përdoren gjatë temperaturave të larta punuese, deri 2000°C. Kjo do të thotë se nuk ka nevojë për një pajisje plotësuese për ftohje dhe mbrojtje të sistemit.
3. Të gjitha pajisjet pneumatike janë me konstrukcion të thjeshtë, janë të lehta për mirëmbajtje dhe ekonomike në eksploitim.
4. Pajisjet kryerëse janë me dimensione të vogla dhe të pandjeshme gjatë ringarkesës. Për shkak të konstrukcionit të thjeshtë punojnë me shpejtësi të mëdha të rrymimit dhe mund të durojnë ndryshime të përnjëhershme dhe të kontuinuara.
5. Sistemi gjithmonë është me një gyp, Pa përcjellës kthyes, domethënë për ndërtimin e tij duhet më pak material.
6. Ajri i komprimuar që shfrytëzohet, i cili lëshohet në rrethinë, është i pastër ekologjikisht.
7. Për ndërtimin e sistemeve pneumatike shfrytëzohet një numër i madh i elementeve standarde.
8. Ato punojnë me shkallë të lartë të automatizimit.
9. Një stacion i kompresimit mund të shërbejë më tepër sisteme.

### *Mangësitë:*

1. Para shfrytëzimit në sistemin pneumatik ajri i komprimuar duhet të përgatitet mirë, d.m.th. të mënjahen papastërtitë dhe lagështia.
2. Ngase ajri është materie shumë ngjeshëse, ndryshimi i vëllimit të tij negativisht shprehet ndaj saktësisë së organeve kryerëse.

3. Për shkak të lagështisë së ajrit të komprimuar, gjithmonë është i prashëm rreziku potencial nga korrozioni i elementeve të sistemit.
4. Që të funksionojë sistemi, patjetër duhet të ekzistojë stacioni kompresues.
5. Sistemet pneumatike nuk përdoren për bartje të forcave të mëdha.
6. Për enën nën shtypje duhet sigurim plotësues, në fuqi gjithmonë janë norma të ashpra ligjore.

## **25. VEÇORITË E AJRIT SI FLUID PUNUES**

Në sistemet pneumatike si fluid punues shpesh shfrytëzohet ajri atmosferik, kurse shumë rrallë gaze të pastra siç janë oksigjeni, azoti, ose gazet e komprimuara interne. Ngase ajri është përzierje e më tepër gazeve, ai lehtë e plotëson hapësirën punuese. Gjithashtu e dimë se është materie shumë ngjeshëse e cila nën shtypje lehtë e ndryshon vëllimin e vet. Në ndikim të temperaturave të rritura, ajri eksplodon lehtë dhe kjo dukuri tek ai është shumë e shprehur në krahasim me fluidet e tjera punuese. Në instalimet pneumatike ajri i komprimuar gjithmonë rrymon prej zonës me shtypje më të madhe kah zona me shtypje më të vogël. Rrymimi i ajrit nën shtypje shfrytëzohet për bartje të forcës nën shtypje për shkak të punës së kryer. Rrymimi mund të jetë turbulent ose laminar, njësoj si edhe te sistemet hidraulike, që varet nga madhësia e shpejtësisë së rrymimit. Të gjitha gazet reale janë viskoze. Për shkak të kësaj veçorie (viskozitetit) gjatë rrymimit të gazeve në gypërcjellës, bëhet rënia e shtypjes punuese. Rënia e përgjithshme e shtypjes, përveç nga viskoziteti, varet edhe nga gjatësia e gypërcjellësit, diametri, ashpërsia e sipërfaqes së vet të brendshme, formës së prerjes diametrale të gypërcjellësit dhe ndryshimeve të drejtimit të rrymimit. Prandaj, gjatë projektimit duhet të zgjidhet diametri optimal i gypërcjellësit sipas këtyre kriterëve:

1. Madhësisë së shtypjes punuese,
2. Madhësisë së rrjedhjes,
3. Gjatësisë së gypërcjellësit,
4. Rënies së lejuar të shtypjes punuese.

## 25.1 Madhësitë kryesore të gjendjes

Madhësitë kryesore të gjendjes të gazet janë: ( $T$ ), shtypja ( $p$ ) dhe dendësia ( $\rho$ ), respektivisht vëllimi specifik ( $v$ ).

**Shtypja** e gazit ( $p$ ) është raporti midis forcës me të cilën molekulat veprojnë në murin e enës, në njësi të sipërfaqes, respektivisht:

$$p = \frac{F}{A} \quad [\text{Pa}]$$

Shtypja normale është  $1,01325 \text{ [bar]} = 101325 \text{ [Pa]} = 101325 \text{ [N/m}^2\text{]}$ , që është vlerë e një atmosfere fizike, gjatë temperaturës  $t = 273,15 \text{ [K]}$ , ose  $t = 0 \text{ [}^\circ\text{C]}$ .

**Dendësia** e gazit ( $\rho$ ) paraqet masën e vet në njësi të vëllimit, respektivisht vëllimin që e përfshin gazi me masë prej një kilogrami:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3]$$

**Vëllimi specifik** ( $v_s$ ) vlera reciproke e dendësisë, respektivisht vëllimi që e përfshin gazi me masë prej një kilogrami:

$$v_s = v_s = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m} \quad [\text{m}^3/\text{kg}]$$

**Temperatura** ( $T$ ) e gazit paraqet shkallën e nxehjes dhe shprehet në shkallë Kelvini. Është e njohur se gjatë temperaturave të rritura, molekulat e gazit lëvizin me shpejtësi më të mëdha dhe e kundërta. Në temperaturë prej zeros absolute  $T = 0 \text{ [K]} = -273,15 \text{ [}^\circ\text{C]}$ , molekulat nuk lëvizin. Në praktikë temperatura matet shumesh me gradë Celsius dhe shënohet me  $t \text{ [}^\circ\text{C]}$ . Lidhja ndërmjet gradëve të Kelvinit dhe të Celsiusit është dhënë me barazimin:

$$T \text{ [K]} = 273 + t \text{ [}^\circ\text{C]}.$$



## 26. BARAZIMI I GJENDJES SË GAZEVE REALE

Te gazet, dendësia ( $\rho$ ) është e ndryshueshme dhe varet nga madhësia e shtypjes ( $p$ ) dhe temperatura ( $T$ ). Kjo varësi është caktuar me barazimin e gjendjes së gazit (ligji i Gej – Lisakut – Mariotit), i cili për gazet ideale është:

$$\frac{p}{\rho} = p \cdot \nu = R \cdot T \quad \text{ku}$$

$p$  [Pa] – shtypja absolute e gazit,

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – dendësia e gazit,

$\nu = 1/\rho$  [m<sup>3</sup>/kg] – vëllimi specifik,

$R$  [J/kg K] – konstanta e gazit, për ajrin e thatë është 287,

$T$  [K] – temperatura.

Barazimi i gjendjes mund të tregohet edhe në këtë formë:

$$p = \rho \cdot R \cdot T = f(\rho, T)$$

Ndryshimi i dendësisë te gazet mund të njehsohet me barazimin:

$$\rho = \frac{p \cdot T_0}{p_0 \cdot T} \cdot \rho_0 \quad [\text{kg/m}^3] \quad \text{ku}$$

$\rho_0, p_0, T_0$  – vlerat në fillim, kurse

$\rho, p, T$  – vlerat në fund nga ndryshimi i gjendjes.

### 26.1 Ndryshimet kryesore të gjendjes

Gjatë lëvizjes, ndryshimi i gjendjes së gazit mund të jetë:

**izotermik** – kur nuk ka ndryshim të temperaturës ( $T = \text{const.}$ ). Atëherë dendësia e gazit është funksion i ndryshimit të shtypjes  $\rho = f(p)$ , kurse barazimi i gjendjes ka formën:

$$p_1 \cdot \nu_1 = R \cdot T_1,$$

$$p_2 \cdot \nu_2 = R \cdot T_2.$$

Për  $T = const.$  do të jetë:  $p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2 = const.$  respektivisht

$$\frac{p_1}{\rho_1} = \frac{p_2}{\rho_2} \quad (\text{ligji i Bojl-Mariotit})$$

**Izobarik** – kur nuk ka ndryshim të presionit ( $p = const.$ ), atëherë dendësia e gazit është funksion i ndryshimit të temperaturës, d.m.th.  $\rho = f(T)$ , kurse barazimi i gjendjes do të ketë formën:

$$p_1 \cdot v_1 = R \cdot T_1,$$

$$p_2 \cdot v_2 = R \cdot T_2.$$

Për  $p = const.$   $\Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$ , d.m.th.  $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{T_1}{T_2}$  (**ligji i Gej-Lisakut**)

**Izobarik** – kur nuk ka ndryshim të vëllimit ( $v = const.$ ), atëherë barazimi i gjendjes ka formën:

$$p_1 \cdot v_1 = RT_1,$$

$$p_2 \cdot v_2 = RT_2.$$

Për  $v_1 = v_2 = const.$   $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$  (**ligji i Sharlit**)

**Politropik** (barotropik) ndryshim i cili është dhënë me relacionin:

$\frac{p}{\rho^n} = const.$ , kurse barazimi i gjendjes ka formën:

$$p_1 \cdot v_1^n = p_2 \cdot v_2^n = const.$$

ku të gjitha ato ndryshime të gjendjes së gazit kanë vlerë të ndryshueshme. Këtu  $n$  është eksponent i politropit. Me ndryshimin e vlerës për eksponentin  $n$ , fitohen ndryshimet e gjendjes edhe atë:

për  $n = 0$ , fitohet barazimi izobarik ( $p = const.$ ),

për  $n = 1$ , barazimi izotermik ( $T = const.$ ) dhe

për  $n = \infty$ , barazimi izohorik ( $v = const.$ ).

Në rastin special, kur eksponenti i politropit  $n = k$ , fitohet barazimi i Poasonit të izentropit (adiabata), i cili është:

$$\frac{p}{\rho^k} = \text{const.} \quad \text{ku është:}$$

$$k = \frac{c_p}{c_v} - \text{eksponent i adiabatit,}$$

$c_p$  [J/kg K] – nxehtësia specifike gjatë shtypjes konstante të gazit ( $\rho = \text{const.}$ )

$c_v$  [J/kg K] – nxehtësia specifike gjatë vëllimit konstant të gazit ( $v = \text{const.}$ ).

$$\text{Për ajrin gjatë } 0 \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad k = \frac{1010}{720} = 1,4.$$

**Adjabatik**, ndryshimi i gjendjes së gazit është ndryshim Pa shkëmbim të nxehtësisë me rrethinën. Gjatë ndryshimit të tillë madhësitë kryesore  $\rho$ ,  $U$  dhe  $T$  janë të ndryshueshme, kurse barazimi i gjendjes ka formën:

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} = \text{const.}$$

Te ndryshimi izentropik (adjabatik) i gjendjes së gazit, ndryshimi i dendësisë nga shtypja është dhënë me relacionin:

$$\rho = \rho_0 \cdot \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{k}} \quad \text{ku është:}$$

$p_0, \rho_0$  – vlera e fillimit të ndryshimit,  
 $p, \rho$  – vlera e fundit të ndryshimit.

## 27. RRYMIMI I AJRIT TË KOMPRIMUAR

Me ndryshimet kryesore të gjendjes i analizuar proceset termodinamike, të cilat ndryshimin e energjisë në punë mekanike e konsiderojmë si pasojë e ndryshimit të gjendjes. Megjithatë, në sistemet pneumatike rëndësi më të madhe ka shndërrimi i energjisë së shtypjes në punë mekanike. Gjatë rrymimit të ajrit të komprimuar nëpër përcjellësit, energjia e shtypjes

transformohet në forcë të shtypjes, e cila nëpërmjet pajisjeve të instaluara kryen punë mekanike. Në pajisjet pneumatike me makina automatike ose gjysmë automatike transformimi i energjisë bëhet me rrymim të ajrit dhe me ekspansion (rritje të vëllimit). Rrymimi i ajrit të komprimuar shfrytëzohet për bartje të forcës së shtypjes për shkak të kryerjes së punës së caktuar.

Sasia e ajrit të komprimuar, i cili rrymon me shpejtësi  $v$  [m/s] nëpër prerjen e caktuar tërthore të përcjellësit  $A$  [m<sup>2</sup>], mund të njehsohet me:

$$q_v = A \cdot v \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Në njehsimet shpesh herë është e nevojshme të caktohet sasia e ajrit të komprimuar  $q_m$  [kg], që është harxhuar në njësi të kohës. Kjo sasi njehsohet sipas barazimit:

$$q_m = q_v \cdot \rho = A \cdot v \cdot \rho \quad [\text{kg/s}], \quad \text{ku është:}$$

$A$  [m<sup>2</sup>] – sipërfaqja e prerjes së tërthortë të përcjellësit,

$v$  [m/s] – shpejtësia mesatare e rrymimit të ajrit të komprimuar,

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – dendësia e ajrit të komprimuar.

## 28. BARAZIMI I KONTUINITETIT

Të vështrojmë instalimin e gypit të ndonjë sistemi prej prerjes I – I deri te prerja II – II, me prerje përkatëse tërthore  $A_1$  dhe  $A_2$  (Fig. 54). Sasia e ajrit të komprimuar që do të rrymojë në prerjen I – I gjatë rrymimit standard do të jetë e barabartë me sasinë që del në prerjen II – II. Ky barazim paraqet barazimin e kontinuitetit, i cili është:

$$q_m = q_v \cdot \rho = v_1 \cdot A_1 \cdot \rho = v_2 \cdot A_2 \cdot \rho \quad [\text{kg/s}], \quad \text{ku është:}$$

$v_1$  dhe  $v_2$  – shpejtësitë mesatare të rrymimit,

$\rho_1$  dhe  $\rho_2$  – dendësi të ajrit të komprimuar në prerjet përkatëse.

Duhet përmendur se te fluidet e rrjedhshme, barazimi i kontinuitetit vlen edhe për rrjedhjen vëllimore në [m<sup>3</sup>/s].

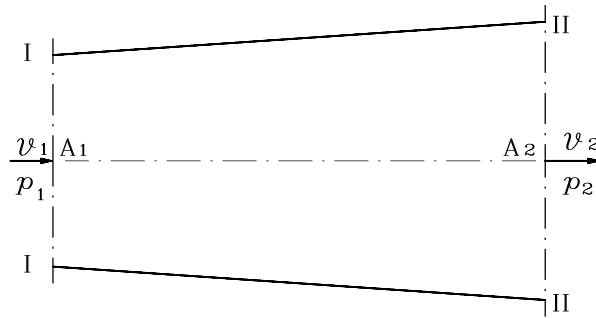


Fig. 54 Instalimi i gypit

## 29. BARAZIMI I BERNULIT

Barazimi i Bernulit për ajrin e komprimuar e analizon energjinë e përgjithshme të fluidit, e cila paraqet shumë të energjisë kinetike dhe potenciale në gjendje të lëngët ose të gaztë, e cila rrymon në përcjellës. Ajri i komprimuar ka dendësi të vogël, kurse për shkak të shpejtësisë së madhe të rrymimit energjia kinetike dhe energjia e shtypjes janë shumë më të mëdha nga energjia potenciale. Të analizojmë ajrin e komprimuar, i cili rrymon në përcjellës (Fig. 54). Në prerjen I – I, ajri i komprimuar ka shpejtësi mesatare  $v_1$ , shtypje  $p_1$  dhe dendësi  $\rho_1$ . Meqenëse energjia potenciale zvogëlohet, energjia e përgjithshme specifike në atë prerje për masë prej një kilogrami është:

$$e_1 = \frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} \text{ [J/kg]}$$

Nëse nëpër prerjen II – II rrymon sasia e njëjtë e ajrit të komprimuar me shpejtësi mesatare  $v_2$ , shtypje  $p_2$  dhe dendësi  $\rho_2$ , energjia specifike do të jetë:

$$e_2 = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} \text{ [J/kg]}$$

Gjatë kushteve reale të punës, kur nuk merret parasysh viskoziteti i ajrit të komprimuar, respektivisht fërkimi i tij, energjia në prerjen I – I do të jetë e barabartë me energjinë II – II, respektivisht:

$$e_1 = e_2 \quad \text{ose} \quad \frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}$$

Në kushte reale punuese, për shkak të rrymimit të ajrit të komprimuar me shpejtësi të madhe, ka fërkim, prandaj një pjesë e energjisë do të shpenzohet për kapërcimin e rezistencave të fërkimit dhe shndërrohet në nxehtësi. Energjia e shpenzuar për kapërcimin e rezistencave nga fërkimi do të jetë e barabartë me ndryshimin e energjive në prerjet I – I dhe II – II, respektivisht:

$$e = e_1 - e_2, \text{ ose}$$

$$e = \left( \frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} \right) - \left( \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} \right)$$

Energjia e humbur e cila shpenzohet për kapërcimin e rezistencave gjatë rrymimit, në kushte reale manifestohet si rënie e shtypjes punuese nëpër gjatësinë e përcjellësit në drejtim të rrymimit.

### **30. KRAHASIMI I HUMBJEVE NË GYPA NGA FËRKIMI DHE NGA NDRYSHIMI I KAHJES SË LËVIZJES (RRYMIMIT) TË GAZEVE**

Në praktikë shtypja punuese e çdo sistemi pneumatik ka rënie të caktuar në drejtimin e rrymimit, respektivisht prej fillimit deri në fund të instalimit të gypit. Rënia e shtypjes është pasojë e llojeve të ndryshme të rezistencave gjatë rrymimit, por më të mëdha janë rezistencat nga fërkimi. Gjatë dimensionimit (përlllogaritjes) së gypërcjellësit, përveç rezistencave të fërkimit merren parasysh edhe rezistencat që vijnë nga fërkimi i ndryshimit të kahjes së rrymimit (rezistencat lokale) të gazeve.

Madhësia e rezistencave nga fërkimi varet nga shumë faktorë. Për njehsimin e gypërcjellësit përdoret barazimi i kontinuitetit ose barazimi i Bernulit, kurse madhësia e rezistencave njehsohet me zbatimin e barazimit të Bernulit për prerje dhe pozitë të caktuar.

Nëse zbatohet barazimi i Bernulit për rrymimin e ajrit nëpër gyp me prerje tërthore konstante ( $A = const.$ ), me shpejtësi mesatare konstante të rrymimit ( $v = const.$ ) dhe me dendësi konstante ( $\rho = const.$ ), ai do të jetë:

$$p_1 = p_2 + \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

Energjia e ajrit të komprimuar që shpenzohet për kapërcim të rezistencave gjatë rrymimit është:

$$e = \xi \cdot \frac{v^2}{2}, \text{ ku është:}$$

$\xi$  – paraqet koeficient të rezistencave lokale gjatë rrymimit.

Madhësia e këtij koeficienti varet nga lloji i rrymimit dhe forma gjeometrike e përcjellësit (gyppërcjellësit).

Përcjellësit drejtvizorë  $\xi$  caktohet me ndihmën e shprehjes:

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d}, \text{ ku është:}$$

$l$  [m] – gjatësia e përcjellësit,

$d$  [m] – diametri i brendshëm i përcjellësit dhe

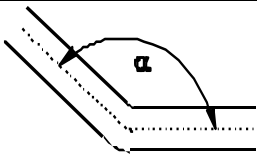
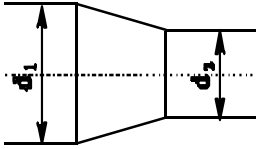
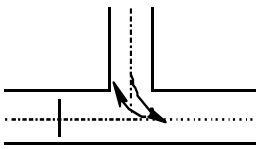
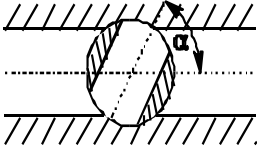
$\lambda$  – koeficienti i rezistencës, madhësia e të cilit varet nga vlera e numrit të Rejnoldsit dhe ashpërsia relative e sipërfaqes së brendshme të përcjellësit.

Për madhësinë e koeficientit të rezistencave lokale  $\xi$  gjatë rrymimit të ajrit të komprimuar nëpër përcjellës (gyppërcjelljës) me prerje të ndryshueshme tërthore, ashtu siç zbatohen shpesh, prodhuesit e elementeve të caktuara të sistemit e japin vlerën e saktë të koeficientit  $\xi$ , e cila është fituar në mënyrë eksperimentale.

Nëse bëhet krahasimi i humbjeve nga fërkimi dhe rezistencat lokale, në mënyrë eksperimentale është vërtetuar se një pjesë më e madhe e energjisë (humbjes) shpenzohet për kapërcimin e rezistencave nga fërkimi. Përfundimi i njëjtë rrjedh edhe gjatë analizimit të barazimeve për njehsim të sasisë së energjisë e cila shpenzohet për kapërcim të rezistencave gjatë rrymimit ose për njehsim të koeficientit të rezistencave lokale. Madhësia e

energjisë që shpenzohet për kapërcimin e rezistencave nga fërkimi varet në mënyrë të drejtë proporcionale nga katrori i shpejtësisë së rrymimit; gjatë shpejtësive më të mëdha të rrymimit do të ketë humbje më të mëdha të energjisë dhe e kundërta. Madhësia e koeficientit të rezistencave lokale varet në mënyrë të drejtë proporcionale nga madhësia e prerjes së tërthortë (diametri). Madhësia e koeficientit të rezistencës  $\xi$  ka ndikim të madh.

Në tabelën në vijim është dhënë pasqyra e disa elementeve të ndryshme të sistemeve pneumatike me vlera të dhëna të koeficientit  $\xi$ .

Elementi i gjyppërcjellësit	Paraqitja skematike	Koeficienti i rezistencave varësisht nga forma			
		$\alpha = 15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$
Lakorja		$\xi = 0,05$	0,15	0,27	1,19
Lakimi i përnjëhershëm		$d_2^2/d_1^2 = 0,1$	0,2	0,4	0,6
		$\xi = 0,49$	0,42	0,33	0,25
T lidhësi		$\xi = 1,3$			
Çezma		$\alpha = 10^\circ$	$30^\circ$	$50^\circ$	$90^\circ$
		$\xi = 0,8$	7,5	49,2	$\infty$



Pyetje për verifikim:

1. Cilat janë përparësitë e pneumatikës?
2. Cilat janë mangësitë në raport me hidraulikën?
3. A i di vetitë e ajrit si fluid punues!
4. Si është barazimi i kontinuitetit për fluidet e gazta?
5. Çfarë lloje të humbjeve di?
6. Çka është ndryshimi izobarik?
7. Çka është ndryshimi politropik?
8. Çka është ndryshimi adiabatik?
9. Pse bie shtypja punuese nëpër gjatësinë e gyppercjellësve?
10. Cilat humbje të energjisë janë më të mëdha, nga fërkimi ose nga rezistencat lokale?

Përfundim:

Nëpërmjet temës së fundit nxënësit njihen me gazet si fluid punues. Informohen për dallimet midis gazeve dhe fluideve të gazta, vetitë e ajrit si fluid punues dhe karakteristikat e tij kryesore. Njihen me kushtet për komprimim të gazit, rrymimit nëpër instalimet pneumatike, me llojet e rezistencave të rrymimit dhe me humbjet e energjisë të cilat ndodhin për shkak të këtyre rezistencave.

Në fund bëhen krahasime për madhësinë e humbjeve nga fërkimi dhe nga rezistencat lokale (për shkak të ndryshimit të kahjes së rrymimit). Nga informacionet e prezantuara mund të bëhen krahasime se si fluidi punues të zbatohet për situata të caktuara (të lëngëta ose të gazta), për kushtet e caktuara punuese. Të dhënat kryesore ofrojnë informacione të mjaftueshme për vazhdim të suksesshëm të edukimit dhe përcjellje të programit mësimor nga Teknika hidropneumatike në vitin e tretë. Në fund janë dhënë disa detyra me të cilat mund të ushtrohen barazimet dhe nxënësit të njihen me ligjshmëritë themelore.

SHEMBUJ:

1. Të caktohet dendësia e ajrit të thatë gjatë temperaturës prej 50 [°C] dhe mbishtypje prej 4 [bar].

Zgjidhje:

$$p = p_{at} + p_n = 1,01 + 4 = 5,01 \text{ [bar]} = 5,01 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}.$$

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{p}{R \cdot T} = \frac{5,01 \cdot 10^5}{287 \cdot (273 + 50)} = 5,4 \text{ [kg/m}^3\text{]}.$$

2. Të njehsohet temperatura në rezervuarin me vëllim prej 9 [m<sup>3</sup>], nëse në të ka 40 [kg] ajër me mbishtypje prej 3 [bar].

Zgjidhje:

$$T = \frac{p \cdot V}{m \cdot R} = \frac{(1,01 + 3) \cdot 14 \cdot 10^5}{40 \cdot 287} = 314 \text{ [K]}.$$

$$t = T - 273 = 41 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

3. Në një cilindër futet 0,2 [kg] ajër gjatë ndryshimit politropik me vlerë të eksponentit  $n = 1,3$ . Të caktohen: vëllimi i fillimit dhe i fundit specifik i ajrit, nëse shtypja e fillimit  $p_1 = 1,2$  [bar], gjatë temperaturës  $t = 14$  [°C]. Raporti midis vëllimit të fillimit dhe të fundit në cilindër është:  $\frac{V_{s1}}{V_{s2}} = 3,5$ .

Zgjidhje:

$$V_1 = 0,69 \text{ [m}^3\text{/kg]};$$

$$V_2 = 0,2 \text{ [m}^3\text{/kg]};$$

$$p_2 = 1,2 \cdot 3,5^{1,3} \text{ [bar]} = 6,12 \text{ [bar]} = 6,12 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}.$$

4. Të caktohet shtypja në fund të gazpërcjellësit drejtvizor me gjatësi prej 150 [m] dhe diametër  $d = 32$  [mm], kurse shtypja fillestare  $p_1 = 2$  [bar]. Shpejtësia mesatare e rrymimit është  $v = 7$  [m/s], temperatura  $t = 26$  [°C], dendësia  $\rho = 2,27$  [kg/m<sup>3</sup>], koeficienti i viskozitetit  $\eta = 15,8 \cdot 10^{-6}$  [Pa · s] dhe  $\lambda = 0,024$ .

Zgjidhje:

$$p_2 = p_1 - \Delta p = 1,94 \text{ [bar]} = 1,94 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}.$$

## L I T E R A T U R A

1. Т. Бундалевски: „Механика на флуидите”, Скопје, 1992
2. М. Попов, С. Косовац: „Хидраулика и пнеуматика”, Белград, 1983
3. П. Митровиќ, П. Митов, З. Радојевиќ: „Хидраулика и пнеуматика”, Белград, 1993
4. М. Мирчевски: „Хидраулика со хидраулични машини 1” Скопје, 1981
5. П. Јанев Хидропневматска Техника за III и IV год, машинска струка, Скопје, 1996 год.
6. В. Зрниќ: „Пнеуматика”, Белград, 1980
7. Група автори: „Уљна хидраулика”, Белград, 1988
8. П. В. Коваљ: „Хидраулика”, Москва, 1979
9. Б. Черне: „Хидраулика”, Скопје, 1974
10. В. Летиќ, П. Малешев: „Увод во пневматиката”, Н. Сад, 1978
11. С. Николиќ, Д. Стојиќ: „Збирка решени задачи од Хидраулика со хидраулични машини”, Белград, 1976
12. С. Пановски: „Величини, единици, ознаки”, Битола, 1993