

# Naftovodi & gasovodi – skripta

## 1. Шта је сирова нафта, од којих се угљоводоника и елемената састоји?

Сирову нафту чини једна вишефазно-вишекомпонентна мешавина различитих угљоводоника, воде, гаса и чврстих честица разних материјала као механичких примеса. Не мора свака сирова нафта да има све ове фазе и компоненте. Олефинских угљоводоника практично и нема у сировој нафти, али су зато присутни у продуктима њене прераде. Према овим групама које садрже, нафте се деле на парафинске, нафтенске и мешане.

## 2. Које врсте бушотина постоје и њихове карактеристике?

Бушотине могу да буду: фонтанске, гас-лифтне и пумпне. (У фонтанске бушотине спадају оне код којих је притисак у лежишту довољан да избаци сирову нафту на површину земље, и да обави њен транспорт до прихватног резервоара који се налазе у саставу сабирних станица. Код гас-лифтних бушотина притисак у лежишту није довољан да избаци нафту на површину земље па се зато на одређеној дубини бушотинског цевовода убризгава гас под притиском, који струјањем вертикално навише повлачи сирову нафту и извлачи је на површину земље.)

## 3. Где се и на који начин пречишћава сирова нафта?

Пречишћавање сирове нафте обавља се у сабирним станицама. Гас је редован пратилац сирове нафте, и зато свака сабирна станица има уређаје за одвајање гаса. Некад издвајање гаса из сирове нафте почиње у сабирним цевоводима кад то притисак и температура мешавине дозвољавају. После издвајања гаса, из течне масе се одстрањују вода и механичке примесе, што може да се убрза загревањем течне масе и додавањем калцијум-хлорида ( $\text{CaCl}_2$ ).

## 4. Који су неки од најважнијих и најдужих нафтовода у свету?

Најдужи нафтовод на свету за транспорт сирове нафте је нафтовод Источни Сибир – Пацифик, дужине 4.857 километара. На листи најдужих нафтовода је и Кистоун (Keystone) дужине 3.456 километара.

## 5. Одакле се Србија снабдева нафтом?

Србија је преко нафтовода Јанаф спојена са луком у Омишаљу на Крку. Постоји план о спајању Србије преко Мађарске са нафтоводом „Дружба“, као и изградња паневропског нафтовода који би спојио Црно море (Констанцу), преко Србије, Јанафа са Западном Европом.

## 6. Описати технологију транспорта сирове нафте од бушотине до корисника (шематски).

На слици 5.2 бројеви означавају: 1-бушотине, 2-сабирну станицу са резервоарима, 3-помоћну пумпну станицу, 4-филтре, 5-мерне уређаје, 6-главну пумпну станицу, 7-уређаје за увођење и извлачење чистача цевовода, 8-регулаторе притиска, 9-уређаје за ублажавање хидрауличних удара, 10-пријемну станицу са резервоарима и 11-рафинерију.

## 7. Шта су магистрани нафтови, шта повезују, које су им карактеристике (постављање, дужине, пречници, пумпне станице) ?

Магистрални нафтови - цевоводи кроз које се транспортује пречишћена сирова нафта од отпремних станица на нафтоносним пољима до рафинерија или до утоварних станица ради пуњења покретних превозних средстава, или од истоварних станица у речним и морским пристаништима до рафинерија када се сирова нафта допрема танкерима.

## 8. Које струјање се сматра изотермним и у ком случају то важи за нафтоводе?

Кад је температура транспортоване сировине константна за време струјања каже се да је струјање изотермно. Важи за кратке и добро изоловане цевоводе. За случај ламинарног струјања пад притиска услед трења за цеви кружног пресека је :

$$\Delta p = \frac{128\rho v Q l}{\pi D^4} \dots$$

## 9. Зашто је струјање кроз нафтоводе углавном неизотермно и како се то решава?

Сирова нафта и њене теже фракције су веома вискозне па се за време транспорта по правилу морају загревати. Њихова температура мора да буде увек виша од температуре околине, због чега се појављује класично неизотермно струјање. Може да се реши са претходним и са успутним загревањем.

## 10. Како се изводи претходно загревање нафте у нафтоводима?

Код претходног загревања уређаји за загревање налазе се у саставу пумпних станица. Ту пре свега спадају: резервоари са грејачима, котловско постројење и помоћна опрема (мерни и регулациони елементи, аутоматика и др). Температура сировине на крају цевовода мора да буде виша за 6 до 10°C од температуре топљења парафина и смоластих материја које су редовни пратилац сирове нафте. Као грејни флуид најчешће се употребљава прегрејана водена пара или врела вода.

## 11. Како се изводи успутно загревање нафте у нафтоводима?

Успутно загревање обавља се на укупној дужини цевовода или само на појединим његовим деловима. Оно се користи када транспортована сировина има високу температуру топљења парафина и осталих смоластих материја и када се транспорт изводи са прекидима. Успутно загревање изводи се као унутрашње или као спољашње.

**1. Шта представља израз и величине у њему (скицирати):**  $Q_T = \dot{m} c_n (t_1 - t_x)$

Када је температура транспортоване сировине виша од температуре околине, долази до размене топлоте са околином и као резултат те појаве јавља се пад температуре транспортоване сировине у смеру њеног кретања.

$Q_T$  (J) - Количина топлоте

$\dot{m}$  (kg/s) масени проток,

$c_n$  (J/kgK) специфична топлота,

$t_1$  (°C) и  $t_x$  (°C) средње температуре по пресеку на почетку и на растојању  $x$  (m) од почетка цевовода

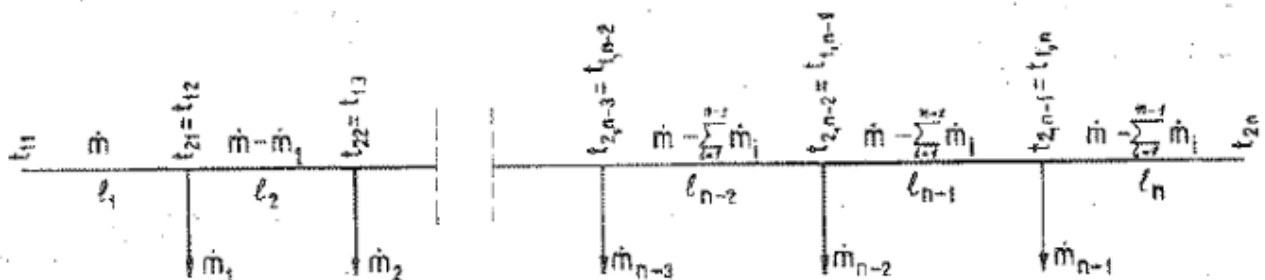
**2. Колико износи количина топлоте која прође кроз цевовод ако се проток у нафтоводу одржава константним, која је једнака количини топлоте која пређе са транспортоване сировине на цевовод истој дужини. Дефинисати све величине и њихове јединице ?**

$$Q_T = k D_m \pi x \Delta t_{mx}$$

- $k$  (J/ m<sup>2</sup> sK) коефицијент пролаза топлоте кроз цевовод,
- $D_m$  (m) средњи пречник цевовода који је у општем случају и изолован,
- $\Delta t_{mx}$  (°C) средња логаритамска разлика температура у односу на дужину  $x$  (m) цевовода.

**3. Када се приступа прорачуну пада температуре дуж нафтовода при променљивом протоку? Скицирати и унети одговарајуће величине на скицу.**

Овај случај се јавља кад се на одређеним местима магистралног нафтовода одвајају цевоводи за транспорт одговарајућих количина  $\dot{m}_1, \dot{m}_2, \dot{m}_3, \dots, \dot{m}_{n-1}, \dot{m}_n$  сирове нафте појединим рафинеријама. Нека се та места налазе на растојањима  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_{n-1}, l_n$ . Ако су пречник нафтовода и његов коефицијент пролаза топлоте константни, онда се за поједине деонице могу поставити следеће једначине (слика 5.3):



Слика 5.3 Скица нафтовода са променљивим протоком

#### 4. Од чега зависи коефицијент пролаза топлоте кроз нафтовод?

Коефицијент пролаза топлоте кроз нафтовод зависи од режима струјања и физичких својстава транспортоване сировине, од геолошког састава терена кроз који пролази нафтовод и од врсте и квалитета изолације.

#### 5. Дефинисати све величине једначине за коефицијент пролаза и исписати им јединице:

Ту је  $D_m$  (m) средњи пречник цевовода са изолацијом,  $\alpha_i$  (J/m<sup>2</sup> sK) коефицијент прелаза топлоте са транспортоване сировине на цевовод,  $\lambda_c$  (J/msK) и  $\lambda_{iz}$  (J/mgK) коефицијенти провођења топлоте цевовода и изолације и  $\alpha_a$  (J/m<sup>2</sup> sK) коефицијент прелаза топлоте са цевовода на околинду.

#### 6. Чему је једнак Рејнолдсов, а чему Прантлов број при одређивању пролаза топлоте кроз нафтовод?

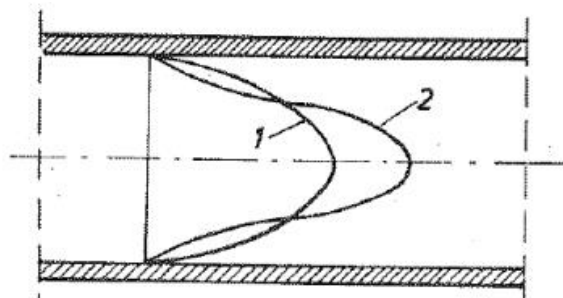
$$Re = \frac{v D_{ci}}{\nu},$$

$$Pr = \frac{\rho v c_n}{\lambda_n}$$

#### 7. У којим се границама налази коефицијент пролаза топлоте кроз нафтовод и на шта се односе ниже, а на шта више вредности?

У погонским условима се код подземних магистралних нафтовода при турбулентном струјању коефицијент прелаза топлоте са загрејане сировине на цевовод налази у границама:  $\alpha_i = (50-400)$  J/m<sup>2</sup>sK.

#### 8. Нацртати профил брзине у цевоводу при ламинарном изотермном (1) и ламинарном неизотермном (2) струјању.



Слика 5.5 Профили брзине при ламинарном изотермном и неизотермном струјању

#### 9. Из чега се састоји израз за пад притиска при неизотермном струјању? (dobija se) u formulama

$$\Delta p = M \frac{\rho v_1^n Q^{2-n} l}{D_{ci}^{5-n}} \left( \frac{\alpha_i D_{ci}}{\alpha_i D_{ci} - k D_m} \right)^{mb} \frac{e^{mna l} - 1}{mna l},$$

## 1. Како се деле резервоари у нафтној индустрији и које су њихове основне карактеристике?

Резервоари се у нафтној индустрији деле на: **сабирне, транзитне и прихватне**.

**Сабирни** се граде на нафтоносним пољима и служе за сабирање сирове нафте из бушотина и прихватање пречишћене и припремљене за транспорт сирове нафте до отпремних станица.

**Транзитни** резервоари се граде у кругу отпремних и помоћних пумпних станица дуж трасе нафтовода.

**Прихватни** се граде на пристаништима, у рафинеријама и на местима предвиђеним за чување резерви итд.

## 2. Како се градње резервоари и како се спречава испаравање материја у њима?

Граде се као **надземни, делимично укопани и потпуно укопани у земљу**. Резервоари се не пуне до врха због топлотног ширења течности која се у њима чува. То значи да се увек изнад површине течности налази мешавина ваздуха и њене паре.

Да би се смањило испаравање ускладиштене течности, на њеној површини **стављају се пловни предмети (понтони)**, чиме се, у ствари, смањује површина испаравања течности.

## 3. Чему је једнака потребна топлота за загревање нафте у резервоару?

Потребна топлота за загревање може да се прикаже као збир  $Q = Q_1 + Q_2$  где је  **$Q_1$  количина топлоте која се троши на загревање транспортоване сировине** од температуре коју она има на улазу у резервоар до температуре коју сировина има на излазу из резервоара, и  **$Q_2$  изгубљена топлота кроз резервоар за време загревања** транспортоване сировине.

$$Q_1 = \dot{m}[c_n(t_1 - t_2) + \frac{\beta_p r_p}{100}]$$

$$Q_2 = k_R A_R (t_m - t_a)$$

4. Скицирати резервоар са изолацијом, делимично укопан у земљу, назначити све потребне величине, написати једначину за израчунавање пондерисане вредности коефицијента пролаза топлоте кроз зид резервоара и дефинисати све величине и њихове јединице.

Пондерисана вредност коефицијента пролаза топлоте кроз резервоар зависи од **врсте** и **положаја** резервоара.

- За приказан делимично укопан резервоар је:

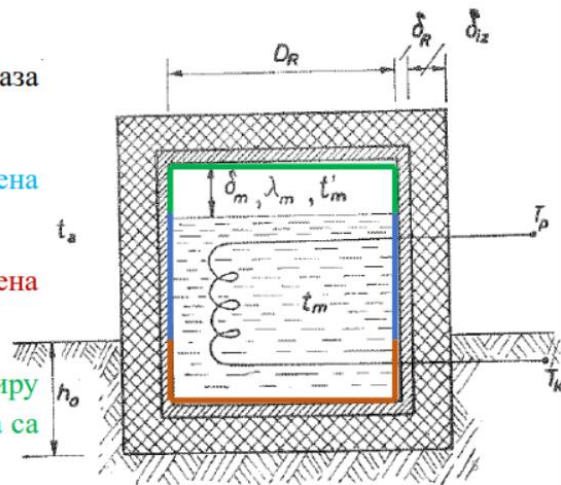
$$k_R A_R = k_v A_v + k_z A_z + k_m A_m, \quad (5.39)$$

где  $k_v, k_z, k_m$  означавају коефицијенте пролаза топлоте кроз одговарајуће површине:

$A_v$  површина резервоара која је изнутра оквашена течност, а споља ваздухом,

$A_z$  површина резервоара која је изнутра оквашена течност, а споља у додиру са земљом и

$A_m$  површина резервоара која је изнутра у додиру са мешавином ваздуха и паре течности, а споља са ваздухом.



5. Како се одређује коефицијент пролаза топлоте кроз површина  **$A_v$** ? Дефинисати све величине и њихове јединице.

$$\frac{1}{k_v} = \frac{1}{\alpha_{iv}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{av}},$$

...

6. Како се одређује коефицијент пролаза топлоте кроз површина  **$A_z$** ? Дефинисати све величине и њихове јединице:

$$\frac{1}{k_z} = \frac{1}{\alpha_{iz}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{az}} \dots$$

7. Како се одређује коефицијент пролаза топлоте кроз површина  **$A_m$** ? Дефинисати све величине и њихове јединице:

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{\alpha_{im}} + \frac{1}{\alpha'_{im}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{am}} \dots$$

8. Како се нафтовод штити од корозије?

Заштита цевовода од корозије, кад су у питању нафтоводи, најчешће се изводи на тај начин што се његова површина непосредно после чишћења изолује од агресивне средине.

**Пасивна заштита цевовода** - превлаке на цевоводима против корозије



**Активна заштита цевовода** - Катодна заштита цевовода укопаних у земљу остварује се на тај начин што се негативни пол извора једносмерне струје повезује са цевоводом, а позитивни пол са анодним уземљењем.

Gasovodi:

## 9. Одакле се добија природни гас и који су му основни састојци?

Природни гасови добијају се на један од следећа три начина:

1. **из бушотина гасних лежишта** - гас се састоји, углавном, од метана (82-98%) и мањег дела тежих угљоводоника ;
2. **из бушотина кондензатних лежишта** - гас се, такође, састоји од метана (80-95%) и кондензата бензина и керозина ;
3. **из бушотина лежишта сирове нафте** - гас се јавља у виду мешавине метана (30-70%), пропана и бутана.

### 1. Како се деле гасоводи и које су им карактеристике?

Гасоводи се деле на **магистралне, сабирне и разводне**.

**Сабирни гасоводи** граде се на гасним пољима и служе за транспорт гаса **од бушотина до сабирних станица** у којима се врши обрада и припрема гаса за транспорт до потрошачких центара.

**Под магистралним гасоводима** подразумевају се цевоводи кроз које се транспортује припремљени гас **од сабирних станица** или гасогенератора, ако је у питању вештачки гас, **до великих потрошачких центара**.

**Разводни гасоводи** служе за дистрибуцију гаса директним потрошачима.

### 2. Како се деле магистрални гасоводи у зависности од притиска у њима?

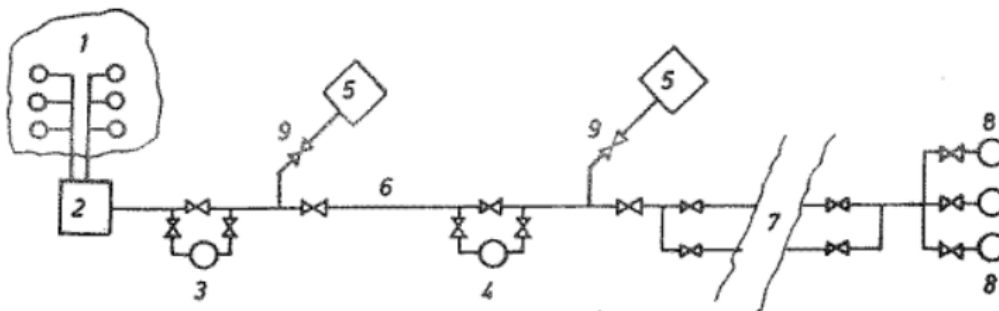
- гасоводе **високог** притиска (радни притисак гаса у њима је **изнад 25 bar**),
- гасоводе **средњег** притиска (радни притисак гаса у њима је **од 12 до 25 bar**),
- гасоводе **ниског притиска** (радни притисак гаса у њима је **до 12 bar**)

### 3. Како се деле разводни гасоводи у зависности од притиска у њима?

Разводни гасоводи се у односу на радни притисак деле на: **гасоводе високог, средњег, и ниског притиска**.

- гасоводе високог притиска (са радим притиском гаса од **3-6 bara**),
- гасоводе средњег притиска (са радим притиском гаса од **0,05-6 bara**),
- гасоводе ниског притиска (са радним притиском гаса до **0,05 bara**)

#### 4. Који су елементи једног комплетног магистралног гасовода? Скицирати



Слика 6.2 Магистрални гасовод

Елементи једног комплетног магистралног гасовода приказани су на слици 6.2. Бројеви означавају следеће: 1 – гасно поље са сабирним цевоводима, 2 – сабирну станицу, 3 – главну компресорску станицу, 4 – помоћну компресорску станицу, 5 – станицу за дистрибуцију гаса, 6 – цевовод са арматуром, 7 – прелаз преко реке, 8 – резервоаре за гас и 9 – одводне цевоводе. Дуж трасе магистралног гасовода постављају се на сваких 20-25 km станице за одржавање и ремонт објеката.

#### 5. Чему служи сабирни систем тј. станица?

Сабирни систем (станица) – ове цеви малог пречника повезују бушотину са постројењем за прераду природног гаса, или директно повезују бушотину са магистралним цевоводом;

#### 6. Чему служи постројење за прераду природног гаса?

Постројење за прераду природног гаса – ово постројење издваја течне угљоводонике и нечистоће из природног гаса. У овим постројењима поред уклањања нечистоћа извршава се и процес издвајања течних угљоводоника који се нису издвојили у постројењу за припрему природног гаса, на месту саме бушотине.

#### 7. Какав је то „влажан гас“ и шта садржи, а шта је то „сув“ природни гас?

Природни гас који напушта бушотине садржи велику количину нечистоћа као и течне угљоводонике и воду, те се стога често назива и „влажан“ природни гас. Поред угљоводоника у природном гасу се могу наћи у мањој или већој мери и примесе као што су водоник, угљенмоноксид, угљендиоксид, кисеоник, азот, сумпорна једињења... Сув природни гас настаје после сепарације нечистоћа и екстракције виших угљоводоника, тако да на крају остане углавном само метан.

#### 8. Чему служе дистрибутивни гасоводи, а чему потрошачки гасоводи?

Дистрибутивни гасоводи повезују магистрални са потрошачким гасоводом. Ово су гасоводи средњих радних притисака и обично се не прелазе вредност од 16 bar. Потрошачки цевоводи повезују дистрибутивни гасовод са крајњим потрошачима гаса.



## 9. Чему служи компресор?

Компресорске станице подижу притисак гаса у цевоводу да би обезбедили поуздан транспорт гаса. Њихов задатак је да обезбеде довољно висок притисак гаса који гарантује поуздан и континуалан транспорт.

Ове станице имају један или више компресора чија улога је да приме транспортовани флуид (гас) у усисни круг, повећају притисак гасу.

10. Чему је једнака снага компресора? Дефинисати све величине уз приказ одговарајућих релација и јединица.

$$P = \frac{\dot{m}Y}{\eta_k}, \quad \begin{array}{l} \text{где су:} \\ \dot{m} - \text{масени проток гаса [kg/s]} \\ Y - \text{напор компресора [J/kg]} \text{ и} \\ \eta_k - \text{коэффициент корисности компресора [-].} \end{array}$$

11. Од чега зависи напор компресора при сабијању идеалног гаса?

изотермска

$$Y_{id} = RT \ln \frac{p_i}{p_u}, \quad \begin{array}{l} \text{где су:} \\ p_u - \text{притисак на улазу у компресор [Pa]} \\ p_i - \text{притисак на излазу из компресора [Pa].} \end{array}$$

$$Y_{id} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} RT_u \left[ \left( \frac{p_i}{p_u} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right],$$

адијабатска

12. За шта служе и из чега се састоје гасне станице?

Основна намена гасне станице је да регулише притисак иза себе, па се због тога називају још и регулационе станице. Гасне станице се по правилу састоје од:

- регулишућих уређаја; • сигурносних уређаја; • запорних уређаја; • цеви, цевница (фазонски комади), • спојних елемената, заптивача; • пречистача (филтери); ...----->
- мерних уређаја (мерила протока, термометри, манометри итд.) и • осталих уређаја (уређаји за одоризацију, одвајачи течности итд.).

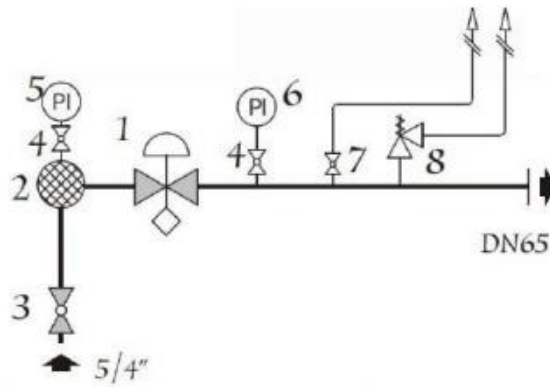
13. Како се деле гасне станице у зависности од намене, а како у зависности од изведбе?

- У зависности од намене гасне станице могу бити: • **примо-предајне** (ППМРС); • **мерно-регулационе** (ГМРС, МРС, КМРС) и • **регулационе** (РС).

= Prema izvedbi se dele na: jednolinijske, dvolinijske, trolinijske i viselinijске станице

ленте.

14. Skicirati šemu jednolinijske regulacione stanice i navesti njene elemente.



Слика 6.6 Шематски приказ једнолинијске регулационе гасне станице (РС)

1. регулатор притиска гаса са блок вентилом; 2. филтер за гас; 3. кугласта славина за гас; 4. растеретни манометарски вентил; 5. манометар; 6. манометар; 7. кугласта славина за гас и 8. сигурносни испусни вентил.

15. Шта је задатак регулатора притиска и на које карактеристичне вредности треба да се обрати пажња при његовом избору?

Основни задатак регулатора притиска је да одржава притисак у унапред подешеним границама. Карактеристичне вредности на које се треба обратити пажња приликом избора регулатора су: улазни притисак; излазни притисак; проток кроз регулатор и радни медијум.

16. Шта је подручје регулације, а шта затворна група? Скицирати.

Подручје регулације или регулацијска група (RG) представља границу дозвољеног одступања вредности излазног притиска од задате вредности на регулатору за сваки регулатор. Поред регулацијске групе, регулатор поседује и затворну групу (ZG) која представља највеће дозвољено позитивно одступање затворног притиска изражену у процентима од номиналне вредности излазног притиска.

17. Који сигурносни уређаји постоје и који су им главни задаци?

Сигурносни уређаји могу бити: сигурносно запорни (прекидни) вентили; сигурносно одушни (испусни) вентили. Главни задатак им је да се аутоматски затворе (обуставе проток) када дође до одступања вредности притиска гаса од вредности одређене регулацијом вентила. У случају прекорачења задате вредности притиска, сигурносни одушни вентил ће се отворити и флуид испустити у атмосферу.

18. Чему служе и које врсте запорних уређаја постоје?

Запорни уређаји у гасној техници служе за затварање протока. Постоје следеће врсте запорних уређаја: запорни вентили; засуни и кугласте славине. Ови уређаји

искључиво раде на On - Off принципу и строго је забрањена њихова употреба као регулишућих уређаја.

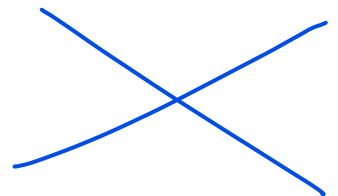
**19. Шта је стање мерења, а шта базно стање приликом мерења протока?**

Стање мерења је измерена запремина на мерилима протока је запремина протеклог гаса у погонским условима. Како би иста била меродавна за обрачун између заинтересованих страна, мора се свести на **стандардне услове - базно стање**.


**20. Извести чему је једнака протекла запремина гаса сведена на стандардне услове. Дефинисати све величине и дати њихове јединице:**

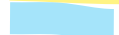
$$V_s = V_p \frac{p_p}{p_s} \frac{T_s}{T_p} \frac{Z_s}{Z_p} = V_p C$$


где је  $C$  корекциони фактор који своди запремину гаса при погонским условима ( $p_p$ ,  $T_p$ ,  $Z_p$ ) на запремину при стандардним условима ( $p_s$ ,  $T_s$ ,  $Z_s$ ). Index „p“ указује на погонско стање, а „s“ указује на стандардне услове.



 -- tezak ili obiman (preskacem ga najvrv)

 -- mozda nesto fali u odgovoru

  
 } -- kljucni deo odgovora (po meni)

 -- ceo odgovor je bitan