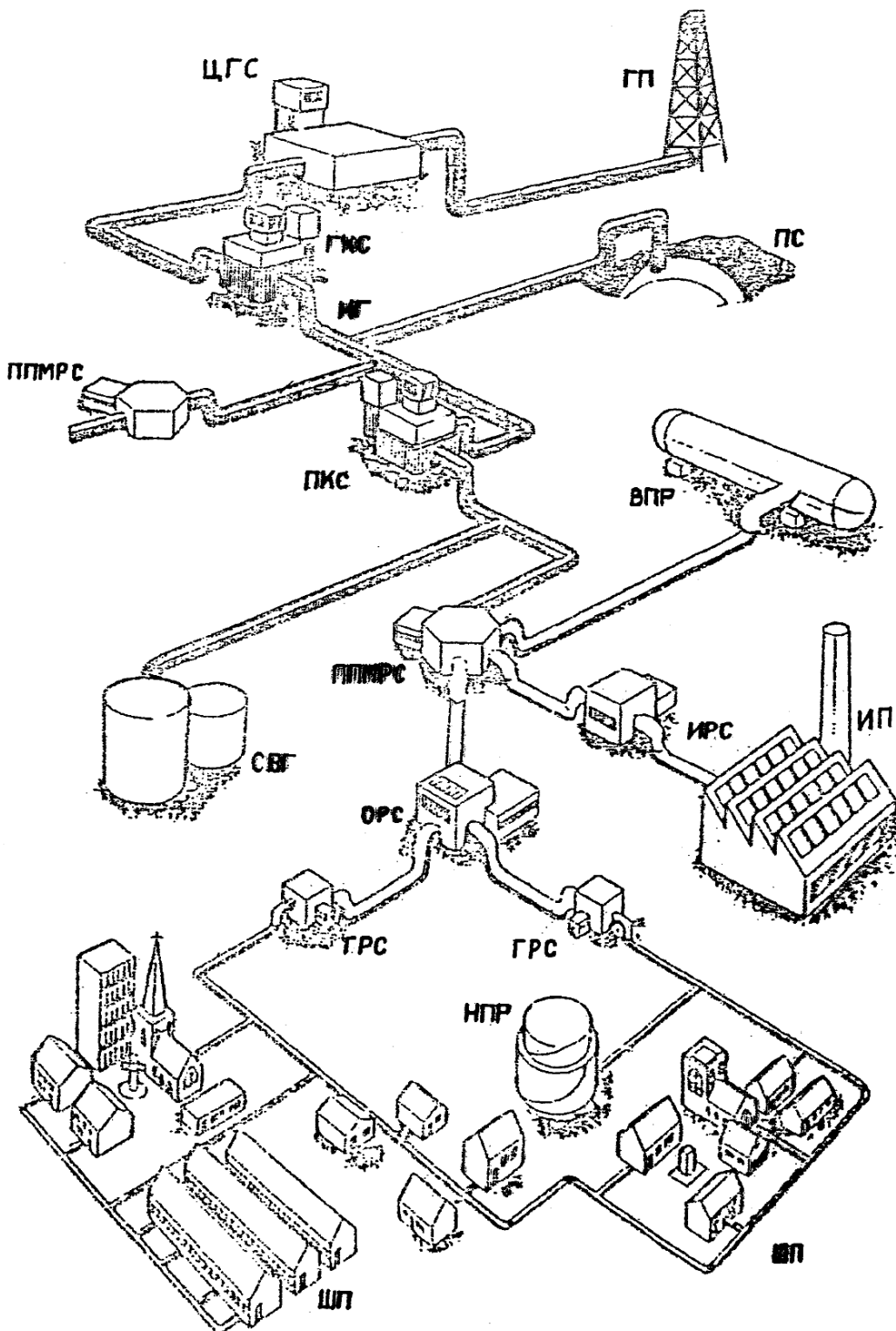


## 1. ОСНОВНИ ДЕФИНИЦИИ И СВОЈСТВА НА ГАСОТ

На слика 1 е даден шематски приказ на еден комплетен гасен систем, почнувајќи од местото на добивање на гасот па се до крајните потрошувачи. Главните елементи на овој систем се следните:

1. **ГП** – Гасно поле со собирни гасови, овде се наоѓаат гасните бушотини од кои гасот се добива, и преку собирните гасоводи се носи во 2.
2. **ЦГС** – Централна гасна станица (се врши обработка на гасот).
3. **ГКС** – Главна компресорска станица (се врши почетно компримирање на гасот).
4. **МГ** – Магистрален цевковод (служи за транспорт на гасот на големи растојанија).
5. **ПКС** – Помошна компресорска станица (служи за меѓукомпримирање на гасот во поедини точки од МГ).
6. **ППМРС** – Примопредајна мерно-редукциска станица (се мери протокот, притисокот се редуцира и гасот се предава на располагање на надлежна организација).
7. **ПС** – Подземно складиште (се создава голема резерва на гас).
8. **СВГ** – Складиште за втечен гас (компонентите на гасот кои се втечнале за време на транспортот, се издвојуваат од гасот и посебно се складираат).
9. **ВПР** – Високо притисен резервоар (се складираат помали резерви на гас за покривање на врвните оптоварувања при потрошувачката на гасот).
10. **ИРС** – Индустриско редуциска станица (гасот се редуцира на оној притисок, потребен за индустриските потрошувачки).
11. **ОРС** – Обласна редуциска станица (гасот се редуцира за потребите на една поголема област).
12. **ГРС** – Градска редуциска станица (гасот се редуцира на притисок за градското подрачје).
13. **ИП** – Индустриски потрошувач
14. **НПР** – Нископритисен резервоар (бидејќи во градското подрачје прописите не дозволуваат поставување на ВПР, евентуалните преоптоварувања се покриваат од овие резервоари).
15. **ШП** – Широка потрошувачка на гасот во разни објекти.



Слика 1. Шематски приказ на еден комплетен гасен систем

## 1.1. Основни дефиниции

Гасот е гориво во гасна или течна состојба кој се дистрибуира до потрошувачите.

Производител на гас се нарекува работна организација, која го добива или произведува, складира, припрема за развод (дистрибуција) и го разведува гасот до дистрибутерот. Дистрибутерот на гасот, го купува гасот од производителот, го припрема за развод и го разведува до корисниците. Корисник на гасот го нарекуваме секој оној кој го превзема гасот од производителот или дистрибутерот и го користи (троши) на своите гасни потрошувачи. Најголем дел од гасните горива денеска се разведуваат во гасна состојба, додека течен (каплив, нафтин гас ТНГ) се испорачува до потрошувачите (корисниците) во челични садови (боци) и во контејнери. Помала количина од овој гас се доставува до бензинските станици за полнење на автомобилски резервоари.

Заедничка особина на сите гасови што горат се:

- Способност за согорување
- Гасна состојба на горилникот
- Стисливост (компресибилност)

Гасната состојба на горилникот е заедничка карактеристика на сите гасови кои горат, без обзир дали се разведуваат до потрошувачите во гасна или течна состојба.

Способноста за согорување е основна карактеристика на сите горивни гасови, кои во присуство на кислород или воздух согоруваат и го менуваат својот хемиски и волуменски состав, со ослободување на одредена топлина.

Стисливоста на горивните гасови е способност да со промена на притисокот или температурата го менуваат својот волумен, а понекогаш и агрегатната состојба.

## 1.2. Поделба на гасните горива

Вообичаена поделба на горивните гасови е спрема:

- Начинот на добивање
- Спрема физичките и хемиските својства.

Спрема начинот на добивање ,гасовите се делат:

- Гасови добиени од јаглен
- Гасови добиени од нафта
- Гасови добиени директно од земјата (природни)
- Гасови добиени како нуспроизвод на различни хемиски процеси

Гасовите добиени од јаглен се:

- Градски гас
- Коксен гас
- Генераторски гас

Производството на гасовите кои се добиваат од јаглен е се помало, бидејќи постапките се скапи и неекономични.

Во гасови добиени од нафта се вбројуваат:

- Рафинериски гас
- Течен (каплив) нафтен гас (ТНГ)
- Бензински гас

Од претходните најширока употреба има течниот нафтен гас (ТНГ) (бутан-пропан), или чист пропан.

Гасот добиен директно од земја претставува природен гас т.н. земен гас. Составот му е променлив, но најголем волуменски дел му припаѓа на метанот ( $\text{CH}_4$ ).

Гасови кои се добиваат како нуспродукти при разни хемиски процеси се:

- Гротлен гас,
- Отпаден гас.

Овие гасови воглавно се употребуваат како енергетско гориво во процесите каде што се добиваат.

Од сите гасови кои беа претходно споменати, најширока примена имаат: природниот, градскиот и течниот, нафтен гас (ТНГ).

Градскиот гас денеска се добива преку посебна постапка, (термо-каталичка) разградба од: природниот гас, примарниот бензин, течниот нафтен гас и лесното масло за горење.

### **1.3 Предност на гасот како гориво во однос на останатите горива**

Следните предности на гасот како гориво го прават денес најприкладно гориво:

- Многу лесно се меша со воздухот и скоро во потполност согорува,
- Потполно согорува без штетни остатоци како што се: саѓа, јаглерод моноксид, сулфур диоксид и пепел, т.е. не ја загадува човековата околина,
- Погодни се како горива во густо населени урбани средини,
- При согорувањето се постигнува висок степен на искористеност од 0,8 до 0,9

- Многу е лесен нивниот развод до потрошувачите, како во мали, така и во големи количини,
- Доведувањето на гасот до местото на согорување не бара некои претходна посебна подготовка,
- Едноставна можност за регулација на создадената топлина, должината на пламенот, па затоа се подесни за технолошките процеси,
- Многу брзо развиваат потребна количина – топлина на горилниците,
- Инвестиционите вложувања за градба на разводни уреди повеќе пати се помали отколку при разводните системи за други видови на развод на енергија, пресметано на иста количина на транспортирана енергија,
- Трошоците за развод на гасот, загубите на гасот и одржувањето на гасните разводи, се најмали во споредба со разводните системи за другите видови на енергија,
- Снабдувањето со гасот е независно од временските и други прилики,
- Гасот се наплаќа после потрошувачката
- Природниот гас е посебно погодна суровина за производство на многу полупроизводи и готови производи во органската хемија,
- Цената во однос на останатите горива за иста количина на енергија е пониска.

Сите претходно наведени причини се доволен доказ за порастот на потрошувачката на природниот гас, и паралелно со тоа, наглиот пораст на градба на гасоводните системи.

#### **1.4 Недостатоци на гасот како енергенс во однос на другите горива**

Покрај неспорните предности, гасот како енергенс има и свои недостатоци. Истите се многу битни и се однесуваат на начинот на користење и на мерките за безбедност:

- Гасот е експлозивен во определен сооднос со воздухот и кислородот,
- Гасот е запалив во определен сооднос со воздухот и кислородот, за што е потребна само една искра или присуство на отворен пламен,
- Од сите наброени видови на гас, градскиот гас е отровен, бидејќи во својот состав има околу 10% јаглерод моноксид (CO),
- Оваа врста на гас предизвикува гушење бидејќи во смесата со воздух се намалува процентот на кислород,
- Во широката потрошувачка во домаќинствата, поради брзото развивање на топлина ги оштетува садовите за готвење,
- За водење на гасната мрежа и ракување со уредите потребни се образовани и стручни работници,
- При користење и работа со гасните потрошувачи потребно е строго да се придржува до пропишаните упатства.

## 2. ВЕЛИЧИНИ И МЕРНИ ЕДИНИЦИ ЗА ГАС, ТЕРМИНОЛОГИЈА И ДЕФИНИЦИИ НА ОСНОВНИТЕ ПОИМИ

За ускладување на меѓусебните односи помеѓу производителот, дистрибутерот и потрошувачите на гасот, како и за споредба со други видови на гориво, потребно е накусо да се изнесат основните величини и мерни единици за гасот, како и дефинициите и основните поими.

Принципиелно, секоја правна и физичка личност која сака да користи гас, мора од производителот или дистрибутерот да добие **Енергетска согласност** за користење на гасот.

Со таа согласност се дефинирани условите за приклучување на гасната мрежа како и условите за негово користење. Овие услови се дефинирани преку величини и единици за гасот кои воглавно ќе бидат изнесени.

Гасот како гориво се дефинира со следните величини:

- Гасен волумен,
- Топлотна моќ,
- Состав на гасот (волуменски и тежински делови ),
- Притисок на гасот,
- Густина на гасот.

### 2.1. Волумен на гасот

Бидејќи гасот со промена на притисокот или температурата го менува својот волумен, со цел за споредба на волумените се воведува т.н. стандардна состојба.

Стандардна или нормална состојба на некој гас се дефинира преку температурата - 0°C , и притисокот - 1,01325 bar (0,101325 МРа) при сува состојба (без содржина на влага).

На овој начин определена е единицата за мерење на волуменот на гасот, која се нарекува нормален кубен метар ( $m^3_n$ ).

Значи, стандарден или нормален метар кубен претставува количина гас која при нормална состојба завзема простор од 1  $m^3$ .

Во праксата е вообичаена употребата и на други единици. Најупотребена единица е т.н. погонски кубен метар.

Погонски кубен метар претставува количина гас која во локална состојба завзема волумен од 1  $m^3$ .

Под локална состојба на некој гас се подразбира состојба на местото на мерење ; се означува со соодветната температура, притисок и влажност на гасот на тоа место.

Премин од погонски кубен метар во стандарден (нормален) кубен метар, кој според законската регулатива е единно признат и меродавен за наплата, се врши по следниот образец:

$$V_n = V_t \frac{B + P - P_d}{1013,25} \cdot \frac{273}{273 + t_x}$$

каде што се:

$V_n$  – количина на гас во  $m^3_n$ ,

$V_t$  – количина на гас прочитана на мерачот на гас на потрошувачот во  $m^3$ ,

$B$  – барометарска состојба во bar,

$P$  – надпритисок на гасот во bar,

$P_d$  – притисок на вриење на водата во bar, при температура  $t_x$  во  $^{\circ}C$ ,

$t_x$  – температура на гасот во мерачот на гас, во  $^{\circ}C$ .

## 2.2. Притисок на гасот

Притисокот на гасот во разводниот систем се изразува како надпритисок. Мерна единица во “SI” системот е  $1 N/m^2$ . Во табелата 1 се дадени единиците за мерење на притисок и нивниот однос.

**Табела 1. Единици за мерење на притисок и нивен однос**

Jedinica tlaka	1 Pa = N/m <sup>2</sup> (Pascal)	bar	mbar	mm H <sub>2</sub> O	at = = kp/cm <sup>2</sup>	Torr = = mm Hg	atm
1 N/m <sup>2</sup>	1	0,00001	0,01	0,102	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0,0075	$9,87 \cdot 10^{-6}$
1 bar	100000	1	1000	10200	1,020	750	0,987
1 mbar	100	0,001	1	10,20	0,00102	0,75	$9,87 \cdot 10^{-4}$
1 mm H <sub>2</sub> O	9,81	$9,81 \cdot 10^{-5}$	0,0981	1	0,0001	0,07355	$9,68 \cdot 10^{-5}$
1 at = = 1 kp/cm <sup>2</sup>	98100	0,981	981	10,000	1	735,5	0,968
1 mm Hg = = 1 Torr	133,3	$13,33 \cdot 10^{-4}$	1,33	13,6	0,00136	1	0,00132
1 atm	101300	1,013	1013	10330	1,033	760	1

Во праксата на гасната техника се употребуваат следните дефиниции и видови на притисоци:

- Статички притисок на гасот, претставува надпритисок во разводниот систем во состојба на негово мирување (при затворена славина пред потрошувачот)

$$P_{mir} = P_{st} = P_{tot} \text{ (N/m}^2\text{)}.$$

- Проточен притисок, претставува статички надпритисок на гасот кој протекува низ

разводните уреди (кога славината е отворена):  $P_{stprot} = P_{stmir} - P_d$ ;  $P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$

- Приклучен притисок на гасот, претставува проточен притисок кога гасниот уред (потрошувачот) е приклучен на системот за развод
- Притисок на горилникот, претставува проточен притисок на гасот измерен на гасниот горилник. Произведувачот и дистрибутерот им го гарантира на потрошувачите тој притисок на гасот, при давањето на енергетска согласност.
- Притисок на млазницата (сопницата), претставува проточен притисок на гасот измерен непосредно пред млазницата на горилникот на некој гасен потрошувач.

Односот помеѓу овие притисоци е следен:

статички притисок > проточен притисок > приклучен притисок > притисок на пламеник > притисок на млазникот

Значи, притисокот се намалува со приближување на местото на горење на гасот. Истото е логично, бидејќи на патот постојат загуби (пад) на притисокот.

### 2.3. Топлотна моќ на гасот

Претставува количина на топлина изразена во “SI” системот во (J), или во калории (cal) спрема стариот систем на единици, која, која настанува при потполно согорување на единица гасен волумен.

Во табела 2 се прикажани мерните единици за количината на топлина и нивниот меѓусебен однос.

Табела 2. Мерни единици за топлина и нивен меѓусебен однос

Jedinica količine topline	J = Ws	MJ	kWh	cal	kcal	Mcal
J = Ws	1	0,000001	27,78 · 10 <sup>-8</sup>	0,2388	23,88 · 10 <sup>-5</sup>	23,88 · 10 <sup>-8</sup>
MJ	1 000 000	1	0,2778	238 800	238,8	0,2388
kWh	3 600 000	3,6	1	860 000	860	0,860
cal	4,1868	418,68 · 10 <sup>-7</sup>	11,63 · 10 <sup>-7</sup>	1	0,001	0,000001
kcal	4 186,8	0,0041868 · 10 <sup>-4</sup>	0,001163	1000	1	0,001
Mcal	4 186 800	4,1868	1,163	1 000 000	1000	1

Односот помеѓу 1 J: 1 MJ: 1 kWh = 1: 1.000.000: 3.600.000

Во техниката на согорување се разликуваат:

- Горна тоplotна моќ (Hg),
- Долна тоplotна моќ (Hd),
- Погонска (локална) тоplotна моќ (Hp).

Горна тоplotна моќ (Hg) или топлина при согорување е онаа количина на топлина која се ослободува при потполно согорување на 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> сув гас, при што



димните гасови настанати од согорувањето се сведуваат на нормална состојба, т.е. на 0°C и на притисок од 1013,25 mbar, додека водената пареа во нив кондензира.

Долна топлотна моќ (Hd), или така наречена огревна моќ на гасот (ОМ), претставува количина топлина која се ослободува при потполно согорување на 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> сув гас, при што димните гасови се сведуваат на нормална состојба, додека водената пареа во нив не кондензира.

Долната топлотна моќ е количина топлина која може да се добие од 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> гас. Произведувачите и дистрибутерите ја гарантираат со ± 2% отстапка од декларираната вредност.

Разликата помеѓу горната и долната топлотна моќ одговара на топлината потребна за испарување на водената пареа содржана во 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> гас. Таа изнесува околу 2 MJ/m<sup>3</sup><sub>n</sub> (480Kcal/m<sup>3</sup><sub>n</sub>). Оваа разлика во топлината се појавува кај сите гасови, кои во смесата содржат водород или водена пара.

Значи, долната топлотна моќ е пониска од горната за. За практични пресметки се зема Hd = 0,9 Hg (MJ/m<sup>3</sup><sub>n</sub>).

Погонска топлотна моќ (Hr), претставува онаа количина на топлина која се развива при потполно согорување на еден погонски кубен метар гас, при што димните гасови се сведуваат на почетна погонска состојба, додека водената пареа во нив не кондензира.

За илустрација се наведуваат топлотните моќи на гасовите кои имаат најширока употреба:

- Градски гас ..... Hd = 16,00 MJ/m<sup>3</sup><sub>n</sub> (3850 Kcal/ m<sup>3</sup><sub>n</sub>)
- Природен гас ..... Hd = 35,58 MJ/ m<sup>3</sup><sub>n</sub> (8400 Kcal/ m<sup>3</sup><sub>n</sub>)
- Течен нафтен гас. .... Hd = 99,35 MJ/ m<sup>3</sup><sub>n</sub> (23729 Kcal/ m<sup>3</sup><sub>n</sub>)  
(бутан – пропан 50/50)

## 2.4. Состав на гасовите

Гасовите за горење кои ги анализираме претставуваат смеси на разновидни гасови. Тие помеѓу себе не стапуваат во никаква хемиска реакција, но нивните учества во смесата битно влијае на начинот на согорување, на топлотната моќ, температурата на палење, густината и на границата на експлозивност на гасот.

Односите помеѓу количините на гасовите (учеството) кои се во составот на смесата можат да се изразат волуменски или тежински – најчесто се изразуваат волуменски.

Волуменски дел од смесата се нарекува односот на парцијалниот (поединечниот) волумен на гасот кој се наоѓа во составот на смесата и вкупниот волумен на гасната смеса, т.е.:

$$r_1 = \frac{V_1}{V}; r_2 = \frac{V_2}{V}; \dots \dots \dots r_n = \frac{V_n}{V},$$

каде што се:

$V_1, V_2, \dots \dots \dots V_n$  - волумени на поедините гасови (компоненти) на гасната смеса

$V$  - вкупен волумен на гасната смеса

$r_1, r_2, \dots \dots \dots r_n$  - волуменски односи на поедините гасови во составот на смесата; секој од нив разгледуван поединечно помал е од единица, а сумата нивна еднаква е на еден.

Ако овие односи (учества на поединечни удели) се помножат со 100, ќе се добијат процентните учества на поедините компоненти во вкупната гасна количина.

Подолу ќе се изнесат волуменските состави на градскиот и природниот гас кој се дистрибуира на подрачјето на градот Загреб. Анализите и заклучоците ќе се воопштат и ќе важат и за другите волуменски состави на предметните гасови кои се дистрибуираат на други места.

Состав на градскиот гас:

- CO <sub>2</sub> .....	7,8 %
- O <sub>2</sub> .....	0,2 %
- CO .....	10,1 %
- H <sub>2</sub> .....	44,6 %
- CH <sub>4</sub> .....	29,6 %
- N <sub>2</sub> .....	7,7 %
	100%

Се подразбира дека составот на гасот зависи од начинот на производство и сировината од која се добива.

Од наведениот состав на гасот се воочува дека тој содржи компоненти кои согоруваат и такви кои не согоруваат. Компоненти кои согоруваат се: јаглерод моноксид (CO), водород (H<sub>2</sub>), и метан (CH<sub>4</sub>).

Компоненти кои не согоруваат (балести) се: јаглерод диоксид (CO<sub>2</sub>), кислород (O<sub>2</sub>) и азот (N<sub>2</sub>).

Од горивните компоненти во составот на градскиот гас најважна е содржината на водородот кој битно влијае на брзината на горење на смесата. Содржината на јаглерод моноксид во него влијае на бојата на пламенот и отровноста на гасот.

Несогорливите компоненти ( $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ ), го намалуваат степенот на полезност на гасниот потрошувач бидејќи со себе одвезуваат извесна неискористена количина на топлина. Нивниот вкупен износ не смее да биде поголем од 15 до 17 %.

Содржината на кислород во градскиот гас исто така треба да биде помала бидејќи кислородот предизвикува оксидација (корозија) на разводниот систем.

Вообичаен состав на природниот гас:

- Јаглерод диоксид ( $\text{CO}_2$ ) . . . . .	1,09 %
- Азот ( $\text{N}_2$ ) . . . . .	0,32 %
- Метан ( $\text{CH}_4$ ) . . . . .	87,82 %
- Етан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) . . . . .	5,42 %
- Пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) . . . . .	2,94 %
- Бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) . . . . .	1,52%
- Тешки јагленоводороди ( $\text{C}_m\text{H}_m$ ) . . . . .	0,89 %
	100 %

Составот на природниот гас зависи од местото на добивање (бушотината), дали бушотината претставува извор на нафта со нејзини гасни компоненти, или само гас. Меѓутоа, денес постојат уреди за издвојување на етанот, пропанот, бутанот и тешките јагленоводороди од смесата на гасот, така што составот му се уедначува без обзир на врстата (видот) на бушотината.

Бидејќи содржината на метан е најголема, гасната смеса придобива негови особини, односно мала брзина на согорување. Содржината на  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  е мал, па тие малку влијаат на смесата. Зголемени содржини на етан, пропан, бутан и на тешките јагленоводороди влијаат на промената на густината на гасот и на согорувањето, па тие бараат зголемени количини на примарниот воздух на горилниците.

Од претходната анализа се заклучува дека составот на гасот битно влијае на неговото однесување во процесот на согорување, палење и регулирање.

## 2.5. Густина на гасот

Позната е дефиницијата за густината која се означува со грчката буква  $\rho$ .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Бидејќи густината на гасот е функција од притисокот, температурата и содржината на влага во него, се употребува нормална густина ( $\rho_n$ ) која претставува однос на гасната маса во нормален кубен метар гас, т.е:  $\rho_n = \frac{m}{V_n} [kg / m_n^3]$

Во гасната техника се користи и терминот релативна густина на гасот ( $d_v$ ) која претставува количник помеѓу густината на гасот  $\rho_g$  и густината на воздухот  $\rho_v$  при еднакви услови на состојба.

$$d_v = \frac{\rho_g}{\rho_v} ; \rho_v = 1,293 [kg/m_n^3]$$

Во табелата 3 прикажани се густините на поедините видови гасови:

**Табела 3. Густини на гасот**

Naziv plina	Gustoća plina $\rho = kg/m_n^3$	Relativna gustoća $d_v$
Gradski plin	0,67	0,52
Prirodni plin	0,86	0,66
Tekući (ukapljeni) naftni plin	2,07	1,60

При релативна густина  $d_v < 1$ , гасот е полесен од воздухот и тој во затворен простор би се собирал според таванот, додека во отворен простор би се разишол (дифундирал) во воздухот. За случај на  $d_v > 1$ , гасот е потежок од воздухот, па во затворен простор ќе се задржува во близина на подот, а при отворен ќе се задржува во близина на земјата и ќе тежи кон хоризонтално движење, а ќе се собира во длабнатините на тлото, каналите и бунарите.

## 2.6. Вобеова величина (број)

Се дефинира со изразот:

$$W_g = \frac{H_g}{\sqrt{d_v}} \text{ или } W_d = \frac{H_d}{\sqrt{d_v}} [MJ/m_n^3]$$

Каде што се,  $H_g$  и  $H_d$  - горна и долна топлотна моќ на гасот,  $d_v$  - релативна густина на гасот.

Вобеовиот број е показател на топлинското оптоварување на некој потрошувач. Овој број дава можност за компарација на употребливост на различни гасови на ист потрошувач. Имено, гасови од различен состав, а ист Вобе број ствараат еднакво топлотно оптоварување, па можат да согоруваат на ист горилник без промена на млазницата. Ако се сака да се премине од едно гасно гориво на друго (пр. од градски гас на природен), се служиме со Вобе бројот за определување на новиот дијаметар на млазницата и притисокот на гасот пред потрошувачот:

- Дијаметар на млазникот  $D_2 = D_1 \frac{W_{g1}}{W_{g2}}$

- Притисок на гасот  $p_2 = p_1 \left( \frac{W_{g2}}{W_{g1}} \right)^2$ .

## 2.7. Топлинско оптоварување, капацитет и степен на корисност

Под топлинско оптоварување на некој гасен потрошувач се подразбира доведената количина на топлина преку гасот на тој потрошувач во единица време. Топлинското оптоварување се изразува во kJ/s или kW ; (поранешна единица kcal/min или kcal/h).

Називно топлинско оптоварување на некој гасен потрошувач претставува максималната вредност на топлинското оптоварување во однос на Hd, која производителот ја означил на натписната плочка и која при регулацијата на потрошувачот не смее да се надмине. Се изразува во [kJ/s] или [kW], порано во (kcal/min) или (kcal/h).

Топлински капацитет претставува количина на топлина која потрошувачот корисно ја дава во единица време. Се изразува во kJ/s или kW.

Називни топлински капацитет на некој гасни потрошувач претставува количина топлина која потрошувачот корисно ја дава во единица време при називното топлинско оптоварување. Се изразува во kJ/s т.е. kW.

Степен на корисност ( $\eta$ ) на гасниот потрошувач претставува однос помеѓу искористената и доведената топлина:

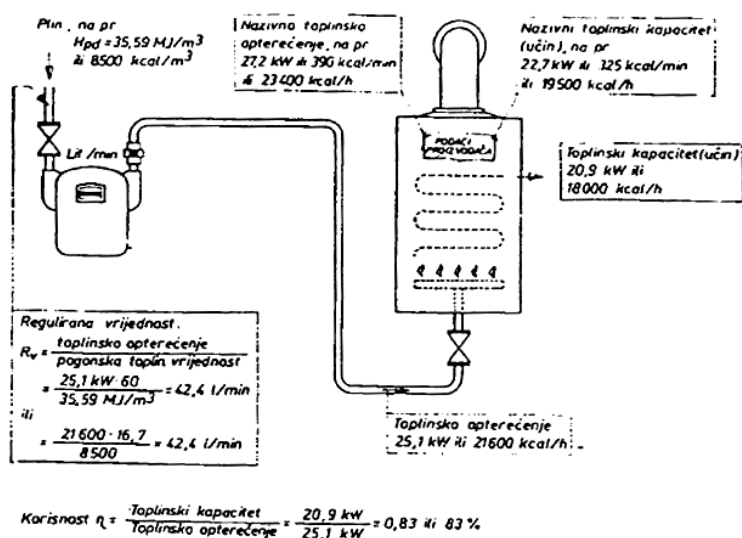
$$\eta = \frac{\text{топлински капацитет}}{\text{топлинско оптеретување}}$$

Единиците на топлинскиот учинок (моќноста) се дадени во табела 4.

Табела 4. Единици за топлинско дејство (снага)

	J/s = W	kW	MJ/h	kcal/h	kcal/min
1 J/s = 1 W =	1	10 <sup>-3</sup> 0.001	3.6x10 <sup>-3</sup> 0.0036	0.860	1.433x10 <sup>-2</sup> 0.01433
1 kW =	10 <sup>3</sup> 1000	1	3.6	8.6x10 <sup>2</sup> 860	14.33
1 MJ/h =	2.778x10 <sup>2</sup> 277.8	0.2778	1	2.388x10 <sup>2</sup> 238.8	3.98
1 kcal/h =	1.163	1.163x10 <sup>-3</sup> 0.001163	4.1868x10 <sup>-3</sup> 0.0041868	1	1.667x10 <sup>-2</sup> 0.01667
1 kcal/min	69.768	6.9768x10 <sup>-2</sup> 0.069768	0.2512	60	1

Шематски приказ за топлинскиот капацитет и топлинското оптоварување е даден на слика 2.



Слика 2. Шематски приказ на топлински капацитет и топлинско оптоварување

## 2.8. Регулирана вредност

Под регулирана вредност ( $R_v$ ) на некој гасен потрошувач се подразбира проток на гасот во  $l/min$  или  $l/h$ , на кој мора да биде подесен горилникот на потрошувачот со цел да се постигне бараното топлинско оптоварување и тоа при погонската топлинска моќ на горивото (гасот).

$$R_v = \frac{\text{топлинско оптоварување}}{\text{погонска топлинска вредност}}$$

$$\frac{\text{kcal/min}}{\text{kcal/m}^3} \cdot 1000 = l/min$$

$$\frac{\text{kW}}{\text{kWh/m}^3} \cdot 16,7 = l/min$$

$$\frac{\text{kcal/min}}{\text{kcal/m}^3} \cdot 60000 = l/h$$

$$\frac{\text{kW}}{\text{kWh/m}^3} \cdot 1000 = l/h$$

$$\frac{\text{kcal/h}}{\text{kcal/m}^3} \cdot 16,7 = l/min$$

$$\frac{\text{MJ/h}}{\text{kWh/m}^3} \cdot 4,63 = l/min$$

$$\frac{\text{kcal/h}}{\text{kcal/m}^3} \cdot 1000 = l/h$$

$$\frac{\text{MJ/h}}{\text{kWh/m}^3} \cdot 277,8 = l/h$$

$$\frac{\text{MJ/h}}{\text{MJ/m}^3} \cdot 16,7 = l/min$$

$$\frac{\text{kW}}{\text{MJ/m}^3} \cdot 60 = l/min$$

$$\frac{\text{MJ/h}}{\text{MJ/m}^3} \cdot 1000 = l/h$$

$$\frac{\text{kW}}{\text{MJ/m}^3} \cdot 3600 = l/h$$

## 2.9 Температура на палење

Под температура на палење на гасот се подразбира онаа најниска температура на која гасот во теоретска смеса со воздухот или кислородот сам ќе се запали, без присуство на иницијално палење. Ова самопалување настанува на сметка на доведена топлина која е причина за настанување на температурата за samozapaluвање на смесата гас – воздух. Реакционата брзина на спојување на кислородот и деловите кои согоруваат од гасот (согорувањето) на оваа температура е толку голема да настанатата топлина овозможува напредување на процесот на согорување. Околната топлина, која доведува до температурата на samozapaluвање обично е акумулирана во коморите за согорување (ложишта) во гасните котли.

Температурата на samozapaluвање одговара на состојба на согорување на гасот со воздух, или кислород, кога процесот на согорување развива поголема топлина него што ја пренесува на околината

На следната табела 5 се дадени температурите на samozapaluвање на некои гасови со воздух и кислород.

*Табела 5. Температури на samozapaluвање на карактеристични гасови*

Vrsta plina	Temperature samozapaljenja °C	
	sa zrakom	s kisikom
gradski plin	560	–
prirodni plin	650	–
ukapljeni (tekući) naftni plin (50/50)	510	–
vodik (H <sub>2</sub> )	510	450
ugljični monoksid (CO)	610	590
metan (CH <sub>4</sub> )	645	645
etan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	530	–
propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	510	490
butan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	480	–

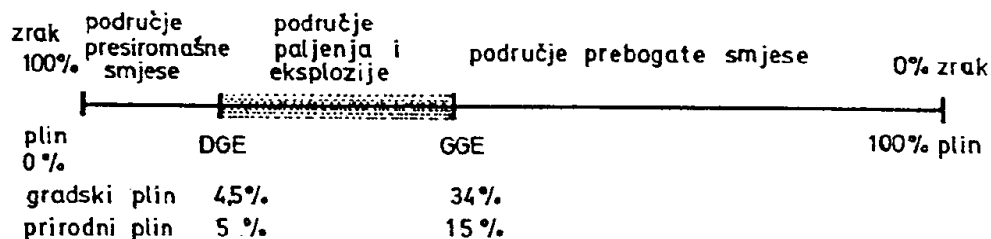
Температурата на samozapaluвање зависи од видот на гасот, неговиот состав, концентрацијата и притисокот на гасот во смесата со воздухот или кислородот.

Од табелата се гледа дека за самопалење на гасот потребни се температури од околу 400 до 600 °C.

## 2.10. Граница на палење (експлозивност) на гасот

Ако во некој простор (комора која не е загревана) дотекува гас, и ако притоа се формира смеса со воздух, тогаш непосредно (директно) до палење на смесата не може да дојде (комората може да има и иницијално палење). Причина за незапалување на мешавината на гасот со воздух, е преголемата содржина на воздух. Ако се дозволи и понатамошен доток на гас во смесата, до постигнување најниска гасна концентрација на која што може да настане палење, до палењето ќе дојде, а таквата концентрација се нарекува долна граница на палење, или експлозивност (D.G.E). Ако се продолжи со понатамошно доведување на гас во таа смеса ќе се постигне таква концентрација на гас и воздух, на која до палење пак не може да дојде, оваа граница се нарекува горна граница на палење или експлозивност (G.G.E). До палење во тој случај не може да дојде бидејќи смесата е пребогата и нема доволно воздух, односно кислород за реакција.

Ако истата постапка се повтори, но при довод на топлина, тогаш поради зголемување на температурата на смесата на гас и воздух, границите на запалување, односно експлозивност се прошируваат т.е. запалувањето настанува и испод и изнад граничната концентрација на гасот и воздухот. Ако се постигне температура на смесата повисока од температурата на samozапалување, тогаш смесата согорува при било кој процентуален и волуменски однос. Сето ова е прикажано графички за градски и природен гас на следната слика:



Слика 6. Дијаграмски приказ на границите на палење и експлозивност

Важно е да се воочи дека границата на експлозивност или палење на некој гас зависат од составот на тој гас и содржината на поедините компоненти во него. Точни вредности за смесите можат да се пресметат кога е познат составот на смесата и границите на експлозивност на поедините компоненти, според формулата на Le Chatelier:



$$DGE = \frac{100}{V_1} + \frac{100}{V_2} + \frac{100}{V_3} + \dots ; (vol\%)$$

$$\frac{DGE_1}{DGE_2} \quad \frac{DGE_2}{DGE_3}$$

$$GGE = \frac{100}{V_1} + \frac{100}{V_2} + \frac{100}{V_3} + \dots ; (vol\%)$$

$$\frac{GGE_1}{GGE_2} \quad \frac{GGE_2}{GGE_3}$$

Каде што се: DGE и GGE , долна и горна граница на експлозивност на смесата, V<sub>1</sub>,V<sub>2</sub>,V<sub>3</sub>, волуменски удели на компонентите во %, а DGE<sub>1,2,3</sub> и GGE<sub>1,2,3</sub> долни и горни граници на експлозивност на компонентите.

Од претходно изнесеното се согледува дека границите на палење и експлозивност се идентични, што всушност и се. Притоа треба да се разликува кога ќе настапи палење на смесата гас-воздух, а кога експлозија.

Под палење на гасот се подразбира согорување на смесата воздух- гас, при што брзината на ширењето на пламенот одговара на брзината на ширење на составните компоненти на гасот. Се подразбира дека до палење на гасот во тој случај доаѓа преку побудно палење (со додатен пламен) или со довод на топлина однадвор. Согорувањето на гасот во овој случај се врши на самиот горилник.

Под експлозија на смесата од гас-воздух се подразбира екстремно брзо согорување на гасот со пропратен звук при што челото (фронтот) на пламенот се шири со брзина од 2000 до 3000 m/s. Експлозија на оваа смеса може да предизвика: иницирање на палењето, довод на топлина од страна, но само во случаи при големи количини на гасна смеса, концентрациите помеѓу DGE и GGE. Поголема количина од смесата гас – воздух може да не предизвика веднаш палење на пламенот, туку да се собира (полни) комората за согорување. Собирање може да настани и поради дефекти на арматурата и неправилно ракување. На ваквите собиришта на смеса повеќе од 2 до 5 dm<sup>3</sup>, ако дојде до нивно палење, изгорувањето на овие нагомилани смеси од гас и воздух ќе биде во облик на експлозија.

## 2.11. Брзина на ширење на пламенот (брзина на согорување)

Брзината на ширење на пламенот, или т.н. брзина на согорување на смесата гас и воздух, претставува онаа брзина со која напредува фронтот на горење на смесата. Тоа напредување на фронтот на горење може да се објасни со тоа што мешавината која

гори ја грее соседната несогорена зона, и тоа преку спроведување, зрачење или дифузија на топлината.

Во следната табела 6 прикажани се брзините на ширење на пламенот на некои карактеристични гасови:

**Табела 6. Брзина на ширење на пламенот на карактеристични гасови**

Vrsta plina	Brzina širenja plamena u m/s
vodik (H <sub>2</sub> )	2,65
metan (CH <sub>4</sub> )	0,40
ugljični monoksid (CO)	0,35
propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0,32
butan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0,38
gradski plin	0,64
prirodni plin	0,32
ukapljeni (TMP)	
naftni plin	0,34

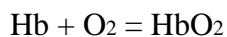
Од табелата се воочува дека составот на гасот т.е. содржината на поедините компоненти, битно влијаат на брзината на ширењето на пламенот. Како пример се наведува брзината на ширење на пламенот на водородот, која е доста голема. Неговата содржина во градскиот гас е околу 45 %, а брзината на ширење на пламенот на градскиот гас е околу ¼ од брзината на ширење на пламенот на водородот. Брзината на ширење на пламенот на градскиот гас е смалена поради тоа што останатите негови компоненти имаат многу помали брзини, како и присуството на голема количина на баласт, околу 17 % (N<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>).

Брзината на ширење на пламенот е посебно важна, бидејќи со ускладувањето на таа брзина и брзината на истекувањето на гасот од млазникот, како и регулирањето на количината на примарниот воздух, непосредно се влијае на начинот на согорувањето на гасот на горилникот.

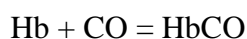
## 2.12. Отровност на гасот како гориво

Гасовите во кој волуменската содржина на јаглерод моноксид (CO) е поголема од 1 % , се сметаат за отровни. Од медицинска гледна точка, отровноста на гасот доаѓа од фактот дека јаглерод моноксидот има 200 до 300 пати поголема склоност (афинитет) на врзување со хемоглобинот на бојата на црвените крвни зрнца (eritrociti), преку кој

човекот го пренесува кислородот од крвта на ткивото на организмот. Најважна особина на хемоглобинот е лесно да го врзува и отпушта кислородот, спрема хемиската равенка:



На овој начин хемоглобинот го пренесува кислородот од дишните органи во ткивото. Бидејќи хемоглобинот полесно се врзува со јаглерод моноксид отколку со кислородот, човекот го вдишува спрема равенката:



На тој начин се спречува преносот на кислород од дишните органи на ткивото, и предизвикува нерамнотежа во човечката крв. Во табелата 7 е даден приказ на содржината на CO во воздухот и симптомите на труење.

Лесно се заклучува дека и покрај малите количини на CO во воздухот на некој простор, т.е. околу шест стотинки од волуменот, можат да предизвикат смрт.

**Табела 7. Содржина на CO во воздухот и симптоми на труење**

Sadržaj CO u zraku u %	Simptomi
0 ... 0,04	glavobolja i nestajanje daha
0,04 ... 0,064	umor i nesvjestica
0,064 ... 0,4	nesvjestica i prestanak disanja
preko 0,4	smrt u roku od 5 do 10 minuta

### 3. ПРОИЗВОДСТВО, СКЛАДИРАЊЕ И РАЗВОД НА ГРАДСКИОТ ГАС

#### 3.1. Производство на градскиот гас

Се врши на повеќе начини и се користат различни суровини: цвидови, течни и гасовити горива.

Ќе биде изнесен процесот на производство на градскиот гас според постапката на француската фирма ONIA-GEGI, по која како суровина се употребува: природен гас, течен нафтен гас (ТНГ) или примарен бензин (газолин).

Треба да се напомене дека наназад повеќе години суровините за производство на градски гас (природен или течен нафтен гас), непосредно, без преработка се разведуваат до потрошувачите. За таа цел потребна е реконструкција на дел од гасните потрошувачи (во смисла на пренамена), од градски на природен гас. Во случај кога природниот гас директно се разведува до потрошувачите, тогаш не е потребно да се вложуваат големи финансиски средства во изградба на постројки за производство на градски гас. Други причини се: поголема топлотна моќ на природниот гас, така што низ исти разводни системи, при истите услови, може да се разведе многу поголема количина на енергија.

Причини, зошто директно не се користи природниот гас, туку тој се преработува во градски гас, се следните: сегашниот градски гас е наследник (има слични карактеристики) како порано користениот генераторски гас. На постојните гасни разводи и мноштвото гасни мерачи кај потрошувачите кои биле произведени за тој гас, не е можно директно да се приклучи и разводи природен гас кој има други горивни особини. Во гасната техника вообичаено е секогаш да се даде предност на посигурното решение, и покрај тоа што е многу поскапо. Производството на градскиот гас од наведените суровини се базира на т.н. термokatаличка постапка за разградба на јагленоводородот. Таа се врши на одредена температура со помош на определен вид и количина на катализатори, водена пара и воздух. Наједноставна разградба на метанот (CH<sub>4</sub>) со помош на водена пареа (H<sub>2</sub>O) и кислород (O<sub>2</sub>) од воздухот се:

$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$ , минус (се троши) определена количина топлина

$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ , минус (се троши) определена количина топлина

$\text{CH}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO} + 2\text{H}_2$ , плус (се создава) многу мала количина топлина.

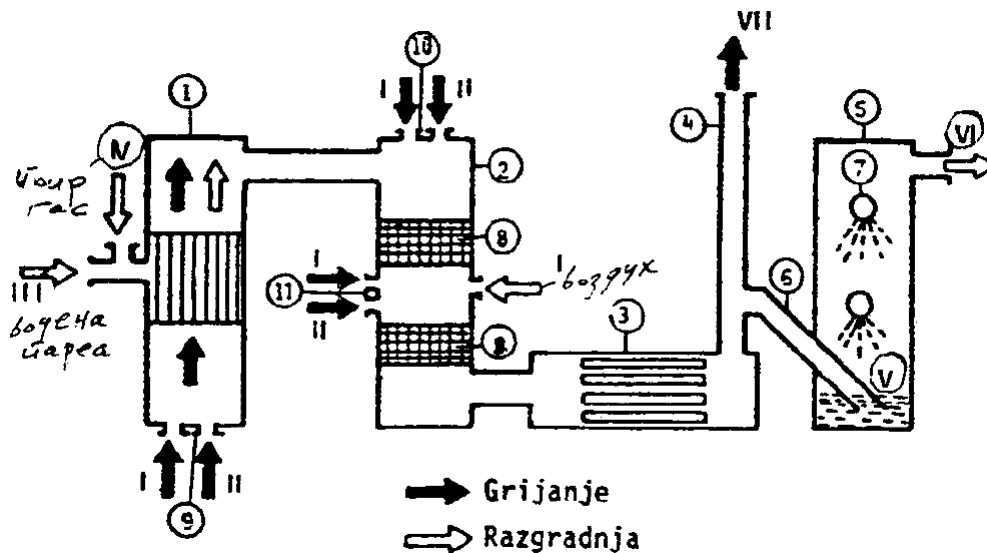
И останатите јагленоводороди, како што се етан, бутан и пропан, се разградуваат на ист начин во истите гасови. Од наведените равенки се гледа дека на десната страна се добиваат компонентите: јаглерод моноксид (CO), водород (H<sub>2</sub>) и јаглерод диоксид (CO<sub>2</sub>), додека во градскиот гас содржани се и елементите, метан (CH<sub>4</sub>), азот (N<sub>2</sub>) и кислород (O<sub>2</sub>).

Меѓутоа, претходните равенки прикажуваат идеален случај, додека во вистински процес на производство на градскиот гас, метанот никогаш не се разградува на јаглерод моноксид, јаглерод диоксид и водород во потполност, туку еден дел останува неразграден. Првите две равенки прикажуваат разградување на природен гас со помош на водена пара, каде се согледува дека тој процес троши определена количина на топлина, која треба од некаде да се доведе. Оваа топлина се добива со согорување на метанот со помош на воздух и тоа така, да процесот се води циклички. Во текот на едниот дел од циклусот, природниот гас согорува со воздухот и со својата топлина ја загрева постројката и катализаторот до определена температура. Во вториот дел од циклусот, природниот гас (поради едноставност во равенките земен е метанот CH<sub>4</sub>), влегува во постројката, па заедно со водената пара зема дел од топлината која се акумулира во постројката и се разградува спрема првите две равенки. Овие циклуси се повторуваат во многу куси временски интервали.

При разградба на природниот гас со помош на кислород од воздухот, спрема третата равенка, кислородот исто така не се троши во целост при разградувањето, па дел останува во разградениот гас. Во овој дел од постапката нема потрошувачка на топлина, туку мала количина на се развива (добива). Вака добиената топлина е релативно мала во однос на потребната за целата постапка, па затоа за обавување на процесот потребно е да се доведе определена количина на топлина.

### **3.2. Опис на постројката за производство**

Постојката за производство на градски гас на фирмата ONIA-GEGI (француска), шематски е прикажана на следната слика:



Слика 7. Шематски приказ на постројка за производство на градски гас

Легенда:

- I - Довод на воздух
- II - Довод на природен гас
- III - Довод на водена пареа
- IV - Довод на природен гас
- V - Отпадна вода
- VI - Чист градски гас
- VII - Димни гасови

Комората за согорување (1) претставува цилиндричен сад, направен од челичен лим, од внатре обложена со огноотпорен материјал. На долниот дел има вграден горилник (9) за согорување на природниот гас со воздух. Во својот горен дел има вграден огноотпорен решеткаст ѕид, кој служи за акумулација на топлина. Од левата страна има уред за довод на природен гас и водена пареа потребна за негово разградување. Величината и димензиите на комората зависат од капацитетот на постројката за прозиводство на градски гас. Оваа постројка се состои од:

- Комора за согорување (1),
- Комора за разградување (2),
- Котел за отпадна топлина (3),
- Оџак (4),
- Ладилник на гасот (5),
- Сигурносна цевка (6),

- Млазница за вода (7),
- Катализатор (8),
- Горилници (9,10,11)

Комората за разградување (2) исто така претставува цилиндричен сад изработен од челичен лим, од внатре обложен со огноотпорен материјал. Во горниот дел има вграден горилник за горење на природниот гас во циклус на загревање. На средина на комората има два слоја на катализатори, а помеѓу нив е поставен горилник за согорување на природниот гас во циклусот на греење. Од левата страна над катализаторот е уредот за довод на воздух, за воздушна разградба во циклусот на разградување на гасот.

Котелот за отпадна топлина (3) претставува топлотен изменувач помеѓу димните гасови од циклусот греење, и разредениот гас од циклусот на разградба од една страна, и котловската вода од друга страна. Тој котел служи за производство на водена пареа потребна во процесот на разградување.

Оцакот (4) претставува челична цилиндрична цевка на чиј врв е поставен поклопец кој се отвора или затвора во зависност од тоа дали е во тек циклусот греење или циклусот на разградба. За време на циклусот греење поклопецот е отворен заради одвод на димните гасови во атмосферата.

Ладилникот на гасови (5) исто така е челична цевка низ кој се одведува произведениот гас а се лади со вода која се распрскува од млазници (7). На врвот на ладилникот поставен е и отворот за разградениот гас, а на дното постои водено ниво, во кое е потопена сигурносна цевка (6). Оваа цевка со водата го спречува враќањето на разградените гасови за време на циклусот греење од ладилникот во оцакот.

Катализаторот (8) е со цилиндарски облик, многу е шуплив со цел обезбедување што поголема контактна површина со загреаната водена пареа и природниот гас. Катализаторот всушност претставува никелов оксид (NiO) нанесен на цврста подлога на огноотпорен материјал. Задача на катализаторот е да го забрза процесот на разградување и на пониски температури.

### **3.3. Постапка на разградување**

За да отпочне постапката на разградување на природниот гас со водената пареа и воздухот, целата постројка треба да се загрее на соодветна температура, бидејќи разградбата се врши на определена температура, а самата постапка троши определена количина на топлина која е акумулирана во самата постројка. Времето на загревање е

функција од претходната топлинска состојба на постројката. Ако постројката е потполно ладна, тогаш загревањето трае околу 48 часа бидејќи некои огноотпорни материјали поради пукање не смеат нагло да се загреваат или ладат. Самата постапка на разградување се врши во два циклуса: циклус на греење и циклус на разградување (производство).

Циклусот на греење (I и II) се врши така што на сите три горилници се доведува природен гас (II) и воздух (I) потребен за согорување. Горилниците се палат спрема определен редослед, и тоа така што најпрво се пали горилникот (9) т.е. горилникот кој се наоѓа на дното на комората за согорување, после тоа горилникот (10), кој е сместен на врвот на комората за разградување, и на крајот горилникот (11), кој е сместен помеѓу катализаторите. Горилникот (9) се пали при ладна состојба на постројката, со помош на посебен пламен, а подоцна, во редовниот циклус, се пали од топлината на огноотпорниот сид, чија температура, во текот на редовната работа на постројката, никогаш не паѓа под температурата на палење на природниот гас, која изнесува 650 °C.

Задача на горилникот (9) е да ја загрее комората за согорување на температура од околу 960°C, горилникот (10) треба да го загрее првиот слој на катализаторот на температура од 860°C, а горилникот (11) вториот слој на катализаторот на температура од 750°C.

Чадот (димните гасови) настанати во циклусот на греење потоа поминуваат низ котелот за отпадна топлина, каде котловската вода ја превзема од нив преостанатата топлина, а тие излегуваат низ оцакот во атмосферата. Должината на траењето на циклусот загревање зависи од видот и величината на постројката и уредот за управување. Во текот на траењето на циклусот на загревање во целата постројка се постигнуваат претходно наведените температури. Кога овие температури се постигнати се запира циклусот на загревање и се преоѓа на циклусот разградување.

Циклусот на разградување III, IV, V и VI почнува со затворање на поклопецот на оцакот и со отворање на уредот за влез на водената пара (III) и природниот гас (IV) на комората за согорување (1). Оваа смеса се прегрева на решеткастиот огноотпорен сид на комората за согорување а потоа, веќе загреана, протекува низ првиот слој на катализаторот во комората за разградување (2). Со нејзино минување низ првиот слој на катализаторот, во контакт со него, се разградува дел од примарниот гас според првата и втората равенка. Потоа при премин низ вториот слој на катализаторот се разградува вториот дел од природниот гас, според истите равенки. Бидејќи пред катализаторот во циклусот на разградба се додава определена количина на воздух, разградбата овде се врши според последната равенка. На дното на комората за



разградба веќе постои произведен (разграден) гас, кој потоа преминува низ котелот за отпадна топлина, каде што се произведува водена пара за потребите на процесот на понатамошна разградба. Произведениот гас поминува после котелот низ сигурносна цевка (6), потоа низ сигурносното ниво од вода и поминува од долниот дел на ладилникот спрема горниот, во противструен млаз вода.

Со циклусот на разградба и со одземањето на топлина од акумулираната, температурата во постројката се смалува, и тоа во комората за согорување на околу  $800^{\circ}\text{C}$ , во подрачјето на првиот слој на катализаторот на околу  $780^{\circ}\text{C}$  и во подрачјето на вториот слој на околу  $700^{\circ}\text{C}$ . На тој начин завршува циклусот на разградба, кој обично трае нешто подолго од циклусот на загревање. Потоа повторно почнува samozапалувањето на горилникот (9), горилниците (10) и (11), па се отвора поклопецот на оџакот. После тоа, циклусите на разградување и греење, спрема потребната количина на произведен гас, наизменично се менуваат. Разградениот или произведен гас на излезот од ладилникот има температура од околу  $25^{\circ}\text{C}$  и следен волуменски состав:

$\text{CO}_2 - 8,6\%$  ,  $\text{O}_2 - 0,4\%$  ,  $\text{CO} - 10,6\%$  ,  $\text{H}_2 - 62,8\%$  ,  $\text{CH}_4 - 10,7\%$  ,  $\text{N}_2 - 6,9\%$

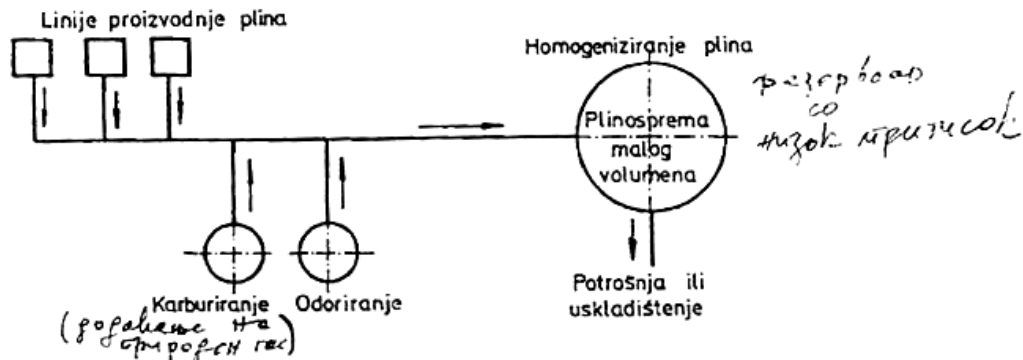
Или вкупно 100 %.

Калоричната вредност на вака разградениот гас е околу 12,56 до 14,32  $\text{MJ}/\text{m}^3_{\text{n}}$  или околу 3000 до 3400  $\text{kcal}/\text{m}^3_{\text{n}}$ . Овој гас, со ваков состав и топлотна моќ ги нема сеуште потребните карактеристики и особини на градскиот гас, па затоа со одредени процеси треба да се дообработи.

### **3.4. Хомогенизација и доработка на разградениот гас во градски гас**

Под хомогенизација и дообработка на разграден или произведен гас се подразбира изедначување на неговите својства со додавање на природен гас, со цел постигнување на потребната топлотна моќ, познато под името ладна карбурација и со додавање на определена количина одоранс – за да се создаде карактеристичен мирис. Овие постапки шематски се прикажани на слика 8.

Хомогенизација на разградениот гас се врши со цел да се постигне хомогенизација на составот на гасот, бидејќи во текот на циклусот на разградба тој има невоедначен состав (на почеток, во средина и на крајот на циклусот на разградување). Причини за таков различен состав се: различните температури на постројката при разградувањето.



**Слика 8. Шематски приказ на карбурирање, одорирање и хомогенизација на разградениот гас**

Ладна карбурација претставува додавање на определена количина на природен гас преку некој регулациски уред на разградениот гас, заради постигнување на гарантираната топлинска моќ на градскиот гас. Ова додавање се врши директно во цевковод низ кој протекува разградениот гас. Со мешање на двете количини гас (разградениот и природниот) се постигнува нивна хомогенизација – во соодветен резервоар.

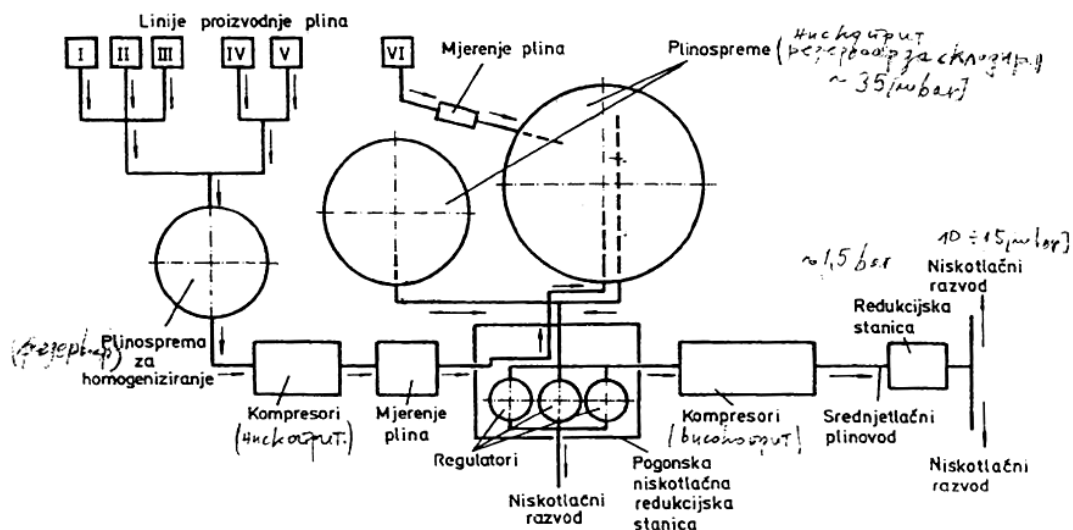
Одорирање на гасот се состои од додавање на одредено средство со јак мирис во разградениот гас кој минува низ цевководот. Додавањето се врши преку посебен уред, а целта му е да се постигне карактеристичен мирис на градскиот гас. Тој посебен мирис е потребен за да можат потрошувачите на гасот, во случај на негово неконтролирано истекување низа гасните потрошувачи или на поедини составни места на инсталацијата, полесно да го осетат.

Средство за одорирање на градскиот гас е најчесто мешавина од бензал ( $C_6H_6$ ) и етил меркаптан ( $C_2H_5SH$ ) или тетрахидротиофен ( $(CH_2)_4S$ ). Овие средства се додаваат бидејќи содржат сулфур. Количината на одорансот (мешавина 3% етил меркаптан и 97% бензол) која се додава во градскиот гас изнесува околу 30 до 40 грама на  $100 m^3_n$ .

Хомогенизирањето на градскиот гас со додатоките за ладна карбурација и одорирање се врши во резервоар со низок притисок. Мешањето во него се поттикнува преку вртложното движење на количината од разграден гас која влегува, како и со отсисување на количината од подготвен градски гас.

### 3.5. Транспорт, мерење, складирање и разведување на градскиот гас во погонот за производство

На сликата 9 шематски се прикажани: транспортот, складирањето и разведувањето, како и производната постројка на градската гасна постројка во Загреб:



Слика 9. Транспорт, складирање, развод и производна постројка во градска гасара

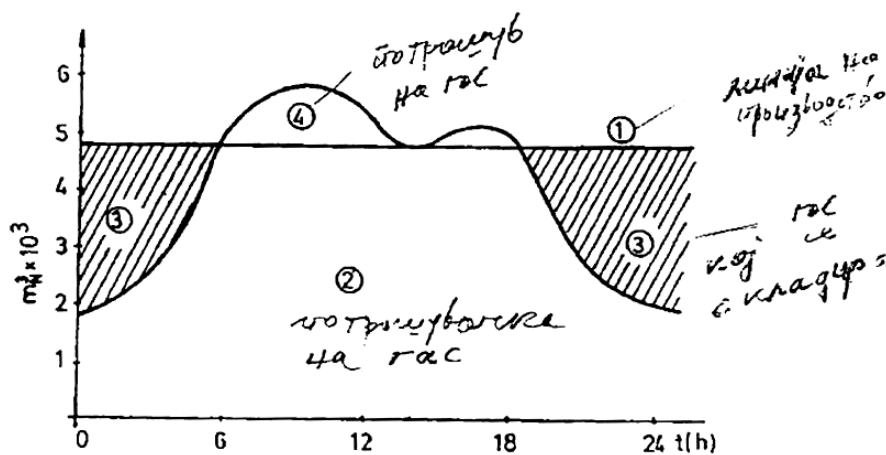
Производните линии за разградба на природниот гас се поврзани со цевководи за транспорт на разградениот гас до резервоарите (садовите) за гас за хомогенизација. Од резервоарите на гас за негова хомогенизација, гасот со помош на нископритисни компресори се шмука и преку ротациски мерачи за проток, се притиска во резервоарите за складирање. На тој начин се ослободува простор во спремниците за хомогенизација на новоразградениот гас. Гасот се потиснува во резервоарите за складирање до нивно полнење. Во тој момент се почнува со намалување на производниот капацитет. Паралелно со полнењето на резервоарите за складирање се врши и нивно празнење, и тоа така што еден дел се упатува кон регулаторите во погонската редукциона станица, а другиот дел кон високопритисните компресори.

Задача на регулаторите сместени во погонската редукциска станица е намалување на притисокот на гасот од 35 mbar во резервоарите, на притисок на гасот за нископритисниот развод непосредно за потрошувачите на градскиот гас. Високопритисните роторно-ламелести компресори го всисуваат гасот од резервоарите за складирање и го притискаат преку високопритисните водови (~1,5 bar) до редукциските станици, сместени во деловите на градот кои се битно одалечени од

местото на производство и складирање. Редукционите станици кои се сместени во разни делови на градот, а тоа се оние делови во кои потрошувачката на градскиот гас е најголема и каде нископритисната мрежа е најслабо димензионирана, имаат задача да го намалат (редуцираат) притисокот на износ на нископритисен развод, кој изнесува од 10 до 15 mbar. На тој начин се постигнува да нископритисниот развод на гасот се напојува со гас од повеќе точки. На овој начин оваа нископритисна мрежа при нормална потрошувачка и при еднакви излезни ниски притисоци поседува изедначен притисок на гасот. Менувањето на излезниот низок притисок на гасот се подесува во зависност од потрошувачката.

### 3.6. Резервоари за складирање на градскиот гас

Задача на резервоарите за гас е да во истите тој се складира поради: сигурност во разводот и израмнување помеѓу производството и потрошувачката. Волуменот на резервоарот за складирање по правило треба да изнесува најмалку една третина од најголемата дневна потрошувачка на гас. Оваа сигурност се бара поради: можноста од евентуални дефекти на производните постројки, прекини во производството и прекини на електрична енергија. На сликата 10 е даден шематски приказ на проблемот на израмнување на производството и потрошувачката на гас.



Слика 10. Дијаграмски приказ на разликата помеѓу производството и потрошувачката на гас

Со (1) е означена линијата на производство, во облик на права. Во пракса таа е искршена (степенеста) крива (зависи од бројот на производните линии). Во ноќно време, кога потрошувачката на гас (2) е помала него произведената (шрафраниот дел),

вишокот од произведениот гас се складира во резервоарите (3). Во текот на денот, обично помеѓу 6 и 14 часот, потрошувачката на гас (4) е многу повисока од производството на гас, па резервоарите тогаш се празнат.

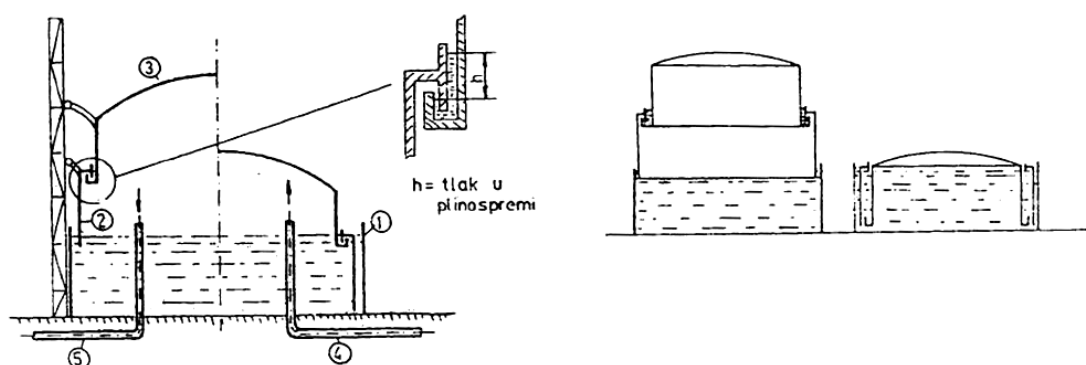
Во зависност од притисокот на гасот, резервоарите за гас можат да бидат: нископритисни, среднопритисни и високопритисни. Во бивша Југославија сите резервоари за градски гас се нископритисни, единствено во Ријека има високопритисни резервоари.

Според начинот на заптивање резервоарите можат да бидат:

- Водени резервоари (заптивање со вода)
- Суви резервоари (заптивање со масло)

Во поранешна Југославија се изградени водени резервоари за гас (слика 11). Тој се состои од: базен за вода (1), челични плаштови (покривки), телескопи (2), свона со калота (3), влезна (доводна) цевка (4) и излезна (одводна) цевка (5).

Водениот базен е изработен од челичен лим и се поставува на бетонска подлога. Скоро целиот базен е исполнет со вода. За време на празнење на резервоарот со гас, во базенот се потопуваат телескопските челични плаштови и своното. На дното на базенот вградени се влезна (доводна) и излезна (одводна) цевка за гас. На дното на базенот се наоѓаат челични перници на кои седнуваат телескопите и своното, кога резервоарот за гас е празен.



**Слика 11. Шематски приказ и пресек низ водени резервоари за гас**

Телескопите се челични цилиндри отворени од двете страни. На нив се вградени прстени кои служат за повлекување и спојување на еден телескоп со друг или своното, како и за сместување на определен столб вода, која служи како заптивка, т.е. го

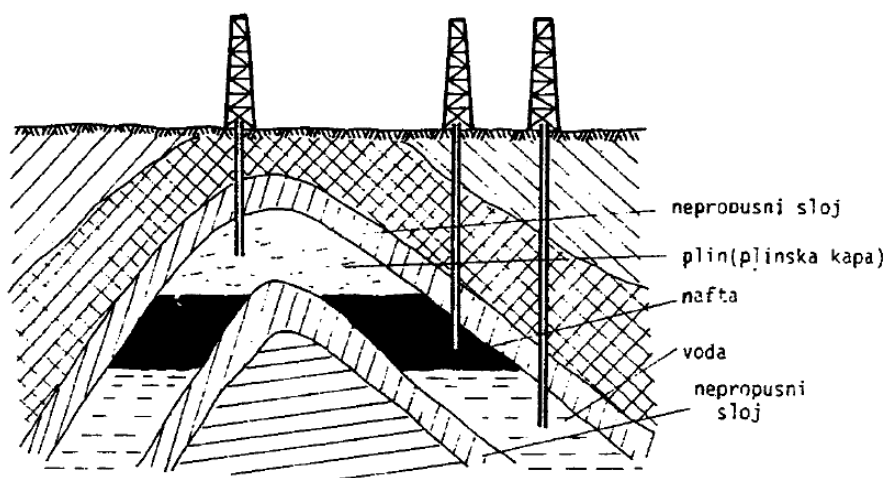
спречува излегувањето на гасот низ тие споеви. На своите горни краеви телескопите како и своното имаат вградени челични тркала кои за време на полнењето или празнењето на резервоарот за гас се тркалат по водилките. Водилките претставуваат челични држачи (носачи) по кои се водат (тркалат) тркалцата на телескопите и своното, а исто така ја осигуруваат стабилноста на резервоарот во целина. За време на големи студови, водата во резервоарите се загрева на околу 10 °C, да не дојде до мрзнење. Загревањето се врши со топла вода или нископритисна пареа. Кај овие резервоари негативно е тоа што дел од гасот е во постојан допир со водата, па гасот е заситен со водена пареа, која за време на промена на температурата (во текот на разводот), остава кондензат во садовите и гасоводната мрежа, кое пак го отежнува правилното протекување на гасот и регулирање.

## 4. ДОБИВАЊЕ, РАЗВЕДУВАЊЕ И СКЛАДИРАЊЕ НА ПРИРОДНИОТ ГАС

### 4.1. Настанување и наоѓалишта на природен гас

Најприфатена теорија за настанувањето на природниот гас е таа која укажува дека природниот гас и нафтата се од органско потекло, а нивното настанување се поврзува со таложењето на изумрените организми во морињата и солените езера. Се смета дека талогот се таложел на дното на морињата и езерата и ги покривал изумрените микроорганизми на животните и билките, без пристап на кислород со континуирано зголемување на притисокот врз нив.

Природниот гас се наоѓа на различни длабочини под земјината површина, кои некогаш изнесуваат и преку 5000 метри, под дејство на големи притисоци и преку 300 bar, а температурата на дното на бушотините изнесува и преку 180°C. Наоѓалиштата на природниот гас често се поврзани со нафтените наоѓалишта. Гасот во нафтата по поголема или помала мерка е втечен. Тој гас тогаш претставува компонента во нафтата, а се одвојува со намалување на притисокот. Тој гас се нарекува нафтен гас. Постојат и многу лежишта на чист природен гас, без присуство на нафта, кои се нарекуваат лежишта на природен (земен) гас. Значи нафтата и земниот гас се природни јагленоводородни енергенси. Во зависност од конфигурацијата и составот на наслагата, ако количината на гасот е поголема од онаа која, при постојните лежишни услови во нафтата се втечнала, гасот се одвојува од нафтата во т.н. гасна капа (слика 12). Ова одвојување е последица, покрај другото и поради различните специфични густини на гасот и нафтата.



Слика 12. Шематски пресек низ гасно-нафтно лежиште

Според изнесеното се дава основна дефиниција за природниот гас: природен гас претставува земен гас кој се собира во наслаги при шупливи стени, како и гас втечен во нафтата, кој всушност претставува нејзина компонента, па од неа се одвојува при намален притисок. Во природниот гас најмногу се содржи метанот, а потоа етан, пропан, бутан и други повисоки јагленоводороди. Според составот се разликуваат два вида на природен гас: сув и влажен.

Сув природен гас се смета оној кој содржи помалку од  $0,0134 \text{ dm}^3$  (литри) газолин (повисок јагленоводород) по  $1 \text{ m}^3_{\text{n}}$ . Овој вид на природен гас не бара пред транспортот битни дообработки во разни уреди. Влажен природен гас се смета оној кој содржи повеќе од  $0,04 \text{ dm}^3$  (литри) повисоки јагленоводороди по  $1 \text{ m}^3_{\text{n}}$ . Тој пред транспортот потребно е да се дообработи.

## **4.2. Добивање на природен гас**

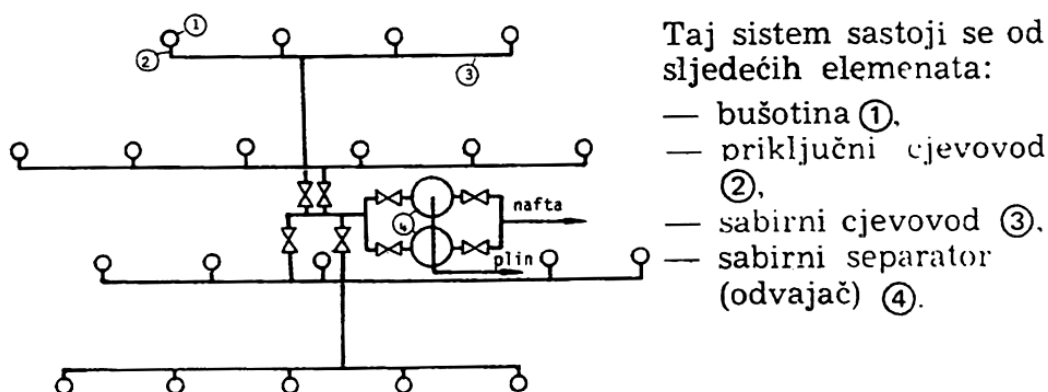
Нафтените и гасните наоѓалишта не се распространети насекаде во внатрешноста на земјата. Нивното постоење се утврдува после обемни истражувања (рударски, геолошки, геофизички) и разни мерења: сеизмички, електрични, гравитациони и др.

Откако после испитувањата ќе се утврдат знаци на постоење на нафтени или гасни лежишта, се пристапува кон дупчење на кружни бунари со дијаметар од 500 mm. Се дупчи со посебни дупчалки преку соодветна постројка. Со дупчењето се почнува со поголем дијаметар, кој со продирањето во длабочината се намалува, слично на телескопот. Одронувањето на бушотините се спречува со вградување на челични цевки во нив. Во текот на дупчењето се испитува видот и составот на наслугата со цел да се утврди длабочината на продуктивните наслаги – подлоги на нафтата и гасот. Понекогаш при дупчењето се случува да дојде до директно избивање на нафта и гас, кои во земјата се наоѓаат под дејство на голем притисок. На влезот на бушотините се поставуваат уреди кои служат за добавување на гасот. Начинот на добивање зависи од видот на наоѓалиштето и тоа дали е гасно или нафтено-гасно наоѓалиште.

### **4.2.1. Собирање на гасот од нафтено-гасна бушотина**

На нафтено-гасното лежиште се прават повеќе бушотини. Секоја бушотина се приклучува со посебен цевковод до собирната станица. На слика 13 е прикажана шема на приклучување на бушотините од наоѓалиштето на собирната станица.





Слика 13. Шема на собирање на нафта и гас од бушотините до собирната станица

Овој систем се состои од следните елементи: бушотина (1), приклучен цевковод (2), собирен цевковод (3), собирен сепаратор (одвојувач) (4). Целта на овие системи е да се соберат нафтата и гасот од поедините бушотини на едно место, каде потоа се обработуваат и припремаат за понатамошен развод (транспорт).

Обработката најчесто се состои од следните технолошки процеси:

- Сепарација (одвојување) на нафтата и гасот,
- Дехидрација (одводнување) на нафтата и гасот,
- Десулфурирање на нафтата и гасот,
- Одвојување на јагленородниот диоксид (CO<sub>2</sub>) од гасот,
- Одвојување на механичките нечистотии,
- Издвојување на тешките јагленоводороди од гасот (дегазолирање).

Некои од овие процеси, како што се сепарацијата и дехидрацијата редовно се вршат на нафтно-гасното наоѓалиште, додека другите процеси зависат од составот на нафтата и гасот. Под поимот сепарација на нафтата и гасот се подразбира издвојување на гасот од нафтата преку определена постапка

Дехидрирање претставува издвојување на водата од нафтата и гасот; Десулфурирање претставува издвојување на сулфурот од нафтата и гасот; Одвојувањето на механички нечистотии од нафтата и гасот (песок, земја и останати цвидови делови) претставува нивно прочистување (филтрирање); Дегазолирање претставува издвојување на тешките јагленоводороди од природниот гас со цел добивање на пропан, течен нафтен гас, газолин-примарен бензин. Дегазолирањето е завршна постапка на обработка на природниот гас пред негово транспортирање во

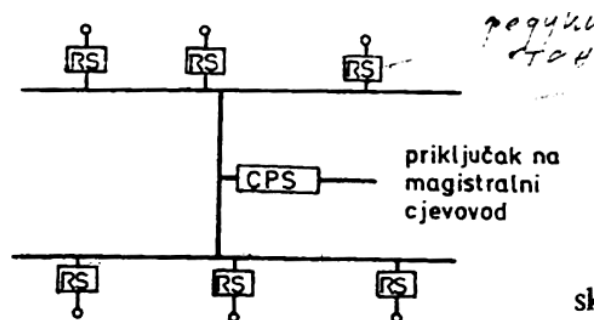
гасните инсталации. Задача на дегазолирањето е одржување на константен состав и топлотна моќ на гасот.

На собирните места редовно се врши сепарирање и дехидрирање на нафтата и гасот. Останатите технолошки процеси се вршат на отпремните и компресорските станици. При експлоатација на секое гасно-нафтено поле, потребно е да се води посебна грижа за некои показатели, т.е. количината на нафта и гас кои се добиваат од секоја бушотина и притисоците.

#### 4.2.2. Добивање на гас од гасните бушотини

На секое гасно лежиште се прават повеќе бушотини и се спојуваат со систем на цевководи кои го доведуваат гасот до централната гасна станица (CPS). На слика 14 шематски е прикажан тој начин на собирање на гасот.

Редукциските станици (RS) во тој систем на собирање на гасот од гасните бушотини се изградени на гасното лежиште, поставени се во близина на бушотините и тоа на приклучниот цевковод на бушотината до собирната станица. Во централната гасна станица обично се врши филтрација и дехидрација. Останатите постапки на дообработка на гасот може да се обават во зависност од бараниот квалитет на произведениот гас и начинот на негово користење.



Слика 14. Шема на собирање на гасот со систем на собирни цевководи

#### 4.3. Високопритисен развод на природниот гас од лежиштето и местото на обработка до потрошувачките средини

За развод на гасот потребно е да се изградат цевководни системи. Центри за потрошувачка на гасот обично се градовите, во кои се троши гасот за разни цели, домаќинства, големи фабрики, топлани итн.

Високопритисниот развод на гасот обично се одвива под дејство на притисок од 15 до 100 bar . Важни елементи на овој систем се: магистрален гасовод, компресорска

станција, станица за чистење, примопредајни мерно-регулациски станици и цевководна арматура.

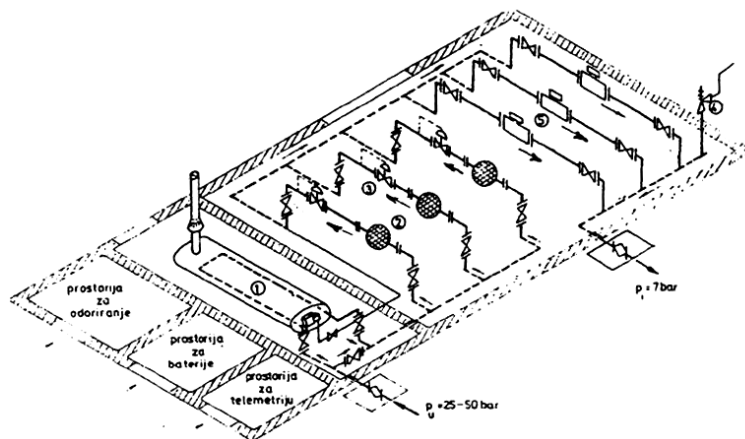
Магистралниот гасовод е основен елемент на гасната мрежа кој поврзува две битни точки во системот, се изведува со различни димензии, а се користи при определен притисок.

Високопритисните гасоводни системи често пати се поврзуваат помеѓу поедините земји, со цел снабдување на гас и земјите кои го недоволно го имаат.

Компресорска станица претставува збир на високопритисни компресори. Таа често е придружена со опрема за обработка на гасот. Задача на компресорската станица е потискување на гасот во разводниот систем.

Во станиците за чистење се врши чистење на поедини секции (делници) од цвидовите честички.

Примопредајни мерно-регулациски станици опфаќаат уреди со кои производителот или главниот дистрибутер на природниот гас го предава гасот на локалниот дистрибутер или на некој поголем индустриски потрошувач. Задача на оваа станица е намалување на високиот притисок на гасот на притисок на локалниот дистрибутер, околу 7 bar, потоа се врши мерење на испорачаната количина гас поради наплата. На слика 15, шематски е прикажана примопредајна мерно регулациона станица.



**Слика 15. Шематски приказ на примопредајна мерно-редукциска станица**

Примопредајна мерно регулациона станица се состои од следниве елементи: (1)-загревач на гас, (2)-филтер за гас, (3)-регулатор на притисокот, (4)-сигурносен вентил, (5)-мерач на проток.

Арматурата ги опфаќа сите видови и типови на затворачи: високопритисни засуни (затворачи), лептирести и топчести вентили. Оваа арматура овозможува исклучување на поедини секции (делници) во случај на дефект, реконструкција или чистење.

#### 4.4. Складирање на природниот гас, компензација (израмнување) и потрошувачка

Потрошувачката на гасот е нерамномерна, таа сезонски многу се менува, на пример: лето:зима=1:10. Постои дневна разлика во потрошувачката (ден - ноќ), потоа работен - неработен ден. Разликата во потрошувачката се појавува и во големите индустриски потрошувачи, во зависност од потребата на процесите како и евентуалните дефекти, потоа временските периоди на ремонти и тековно одржување.

Од предходно изнесеното (погл. 4.2), може да се заклучи дека и добивањето на самиот гас не е константно, независно дали се добива (произведува) од гасно или гасно-нафтено лежиште. Но при добивањето на гасот можна е извесна регулација на количините, на пример со запирање на црпењето од некоја бушотина, па дури и од целокупното лежиште. Оваа регулација честопати е непрактична, а понекогаш и неостварлива.

Затоа во повеќе случаи се прибегнува на други начини на израмнување (компензација) на потрошувачката и добивањето (производството) на гасот. Како најповолен начин се покажал самиот магистрален (високопритисен) цевковод, т.е негово полнење до највисокиот работен притисок кога потрошувачката е најмала, односно негово празнење до најнискиот работен притисок кога потрошувачката е најголема (максимална). Овој начин на израмнување денеска практично насекаде се применува, а неговата резерва (капацитет на израмнување) зависи од геометријата (димензиите) на гасоводот (гасната мрежа), т.е волуменот. Но, за жал овој начин на израмнување (компензирање), применет на системи, одвај ги покрива разликите во потрошувачката на гасот за период ден-ноќ.

На сл. 16 е прикажан волумен на складирање на гасоводите со висок притисок кој зависи од должината и дијаметарот на гасоводот како и од притисокот во него;

Ознаките значат:

$p_{a1}$  и  $p_{a2}$  - притисок на гасот на почетокот на гасоводот (bar)

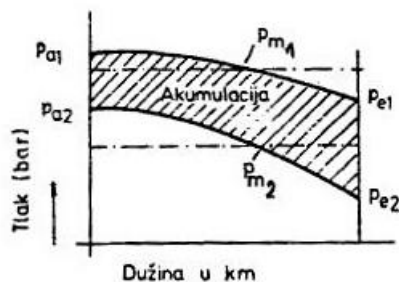
$p_{e1}$  и  $p_{e2}$  - притисок на гасот на крајот на гасоводот (bar)

$p_{m1}$  - среден притисок на акумулациониот гасовод (bar)

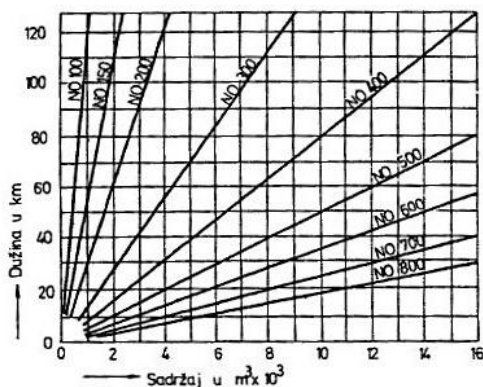
$p_{m2}$  - среден притисок на испразнет гасовод (bar).

На сл. 17 е прикажан дијаграм од кој може да се види (прочита) волуменот на гасоводот, во функција од неговата должина и дијаметар. Производот на волуменот на гасоводот со разликата помеѓу највисокиот и најнискиот среден притисок лесно се пресметува волуменот за складирање и акумулационата моќ на гасоводот, т.е разводната високопритисна мрежа.

Пример: градот Загреб има високопритисна гасна мрежа со вкупен волумен од  $6421 \text{ m}^3$  (табела 8).



Слика 16. Волумен на складирање (акумулациска моќ) кај високопритисни гасоводи



Слика 17. Геометриски волумен на гасоводот

Табела 8. Геометриски волумен на високопритисниот развод на гас за град Загреб

Promjer plinovoda (mm)	Duljina plinovoda (m)	Обујам дужине 1 m	Обујам plinovoda (m³)
φ 80	5 680	0,00524	30
φ 100	5 400	0,00901	49
φ 150	10 504	0,01993	210
φ 200	70 040	0,03275	231
φ 250	11 600	0,05083	590
φ 300	19 360	0,07249	1 404
φ 350	1 500	0,09731	146
φ 400	3 500	0,12504	438
φ 500	3 659	0,18551	680
φ 600	3 294	0,27094	893
φ 800	3 594	0,48695	1 750
<b>Укупно:</b>	<b>75 131</b>	<b>—</b>	<b>6 421</b>

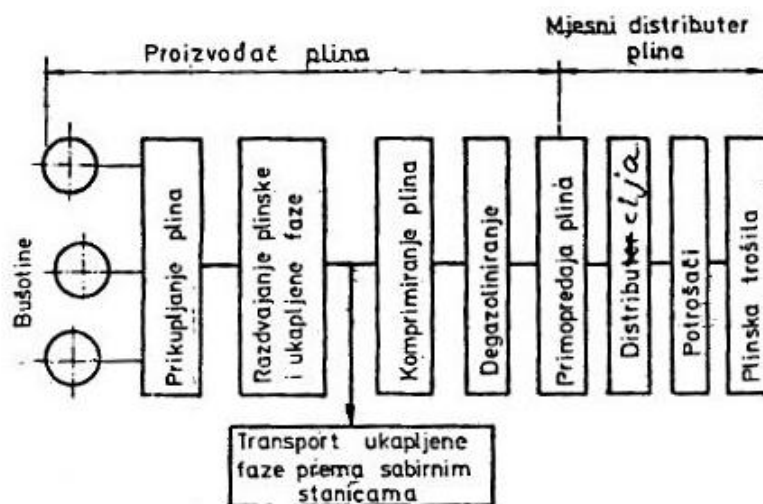
Тој волумен од  $6421 \text{ m}^3$  се множи со разликата на средните притисоци на гасот во гасната мрежа ( $\sim 4$ ), па тогаш волуменот на складирање на овој гасен систем изнесува  $25684 \text{ m}^3$ .

Втор начин за израмнување на потрошувачката и производството на гас претставуваат веќе искористените бушотини. Тие се санираат и употребуваат како простор за складирање. Во нив под определен притисок се акумулира гасот кога потрошувачката е најмала, а се црпи кога потрошувачката е најголема.

Израмнувањето на потрошувачката и производството на гас во различни годишни декади честопати се врши на тој начин што во времето на мала потрошувачка (лето), во погон со гас се ставаат еден или повеќе индустриски потрошувачи, кои освен на гас можат да користат и течно гориво како енергенс - во зимно време.

## 5. РАЗВОД НА ПРИРОДНИОТ ГАС

Локален или подрачен развод на природниот гас претставува развод на гасот од примопредајната мерно-регулациона станица (PPMRS) до гасните потрошувачи. За полесно разбирање на сл. 18 е прикажан вкупниот развод на гас од неговото производство до потрошувачите.



Слика 18. Шематски приказ на текот на гасот од производството до потрошувачите

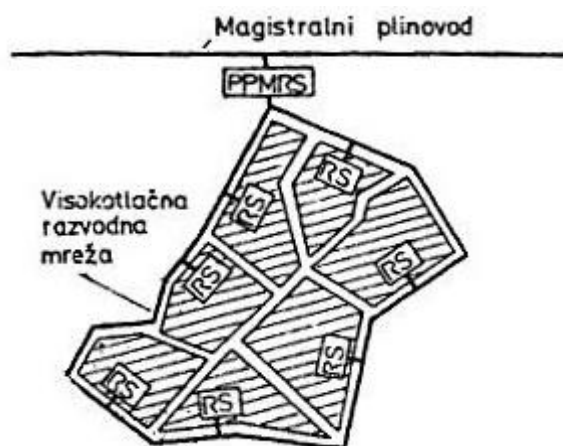
Во приказот назначени се постапките кои мора да ги извршат производителот на гасот и локалниот дистрибутер. Начинот на кој локалниот дистрибутер го разведува гасот зависи од многу услови, при што основни се:

- површината на подрачјето
- бројот и густината на потрошувачите
- видот и типот на мрежата (разгранета, кружна, комбинирана)
- местото на локација на магистралниот цевковод
- постојаниот начин на развод на гасот и др.

Сето предходно треба да се земе во предвид при проектирање и изградба на нов разводен гасоводен систем.

### 5.1. Високопритисен локален развод на гасот

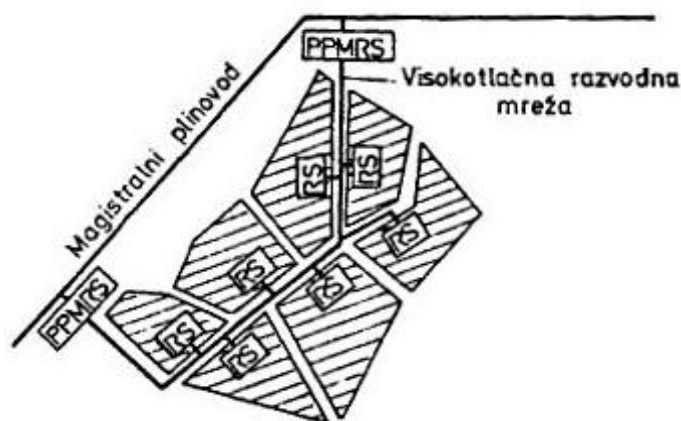
Со цел рамномерно снабдување со гас на потрошувачите, теоретски и практично се покажало дека високопритисните, па и среднопритисните, разводи на гасот во градовите најдобро е да се изведат во прстенест (кружен) облик. Ваквиот развод е поскап, во многу места делимично изводлив, затоа се прибегнува кон полупрстенест (полукружен) и секциски затворени кола. Еден пример на таков издолжен прстенест развод е прикажан на сл. 19.



**Слика 19. Шема на високопритисен развод на гас во облик на прстен во некоја населба и негово поврзување со магистралниот гасовод на производителот**

Во овој систем високопритисниот гасовод излегува од примопредајната мерно-редукциска станица, потоа се разгранува на два смера, па формира затворен прстен околу целокупното подрачје предвидено за снабдување со гас. На овој високопритисен цевковод се приклучени редукциските станици (RS), преку кој се врши снабдување на поголемите градски потрошувачи на гас или на дел од градското подрачје. Излезните притисоци на гасот од овие RS изнесуваат од 25 до 100 mbar; 1 bar или 3bar, кое зависи од понатамошниот развод на гасот.

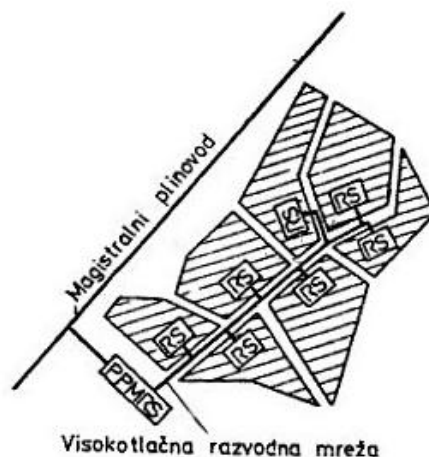
Втор начин на високопритисен развод на гасот во населени места е прикажан на сл. 20.



**Слика 20. Шема на високопритисен развод на гас во облик на полу-прстен во некоја населба и негово поврзување со магистралниот гасовод на производителот**

Овој начин на високопритисен развод на гасот е дефиниран со положбата на магистралниот гасовод (МГ). Низ подрачјето на потрошување (користење) на гасот е поставен полупрстенест гасовод, кој се напојува на двата свои краеви од МГ, и на тие места се поставени примопредајни мерно-редукциски станици (PPMRS). На полупрстенот се поставени редукциски станици (RS).

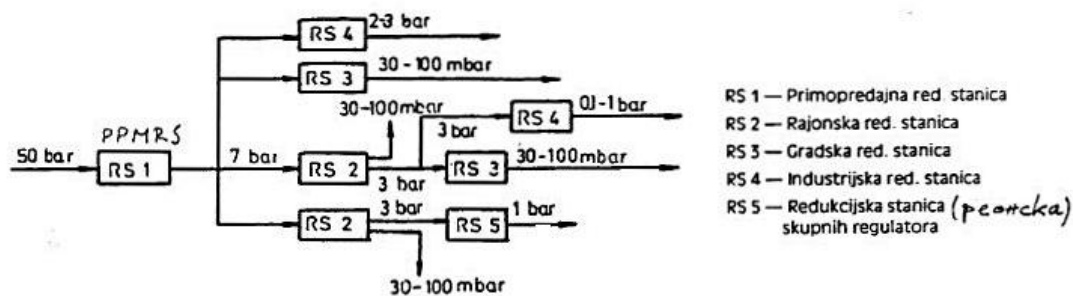
На сл. 21 е прикажан трет пример на гасоводна мрежа во населено место.



**Слика 21. Шема на високопритисен развод на гас во некое населено место каде што изградбата напредува од лево на десно**

На овој пример се гледа дека високопритисниот разводен систем се напојува (снабдува) со гас од едно место преку т.н. разгранета гасоводна мрежа.

Шематски приказ на високопритисен гасен развод на големо подрачје, кое не е изградено во облик на прстен, туку со неколку затворени циклуси, е прикажан на слика 22.

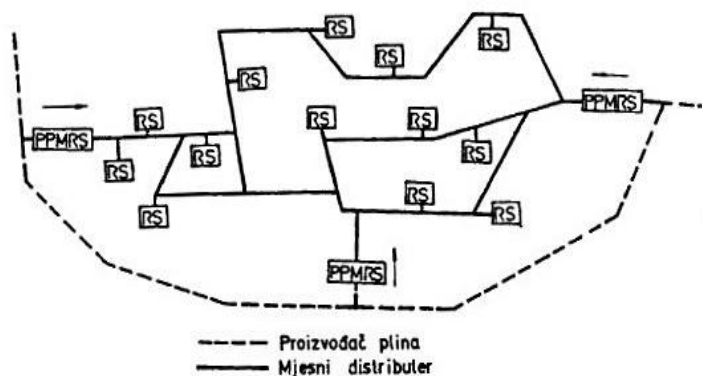


**Слика 22. Шема на протекување на гасот и редуцирање на притисокот во еден високопритисен развод**

Поради својата голема разгранетост има три точки на напојување, т.е. се изградени три примопредајни мерно-редукциски станици. Приклучени се градските редуциски станици за снабдување на домаќинствата, како и индустриски редуциски станици. Големите индустриски редуциски станици (потрошувачите), влијаат на рамномерниот распоред на притисокот на гасот во гасната мрежа (разводот).

Редуцијата на притисокот при протекувањето на гасот од магистралниот гасовод до потрошувачите, покажана е на сл. 23.





**Слика 23. Шематски приказ на високопритисен развод на гас (мрежа)**

На оваа шема гасот протекува од PPMRS на сликата означен со (RS1); под притисок од 7 bar, до подрачните (реонските) редуциски станици (RS2), градската редуциска станица (RS3) и индустриската редуциска станица (RS4).

Од реонската редуциска станица (RS2) гасот излегува под притисок од 25 до 100 mbar или 3 bar.

Гасот под притисок од 25 до 100 mbar, се употребува за нископритисен развод наменет за снабдување на широката потрошувачка (домаќинствата), во близината на самата станица. Гасот под притисок од 3 bar, се користи за понатамошен развод во градските подрачја, каде поради безбедносни мерки и важечките прописи не смее да се дистрибуира гас со притисок од 7 bar. Гасот во притисок од 7 bar се раведува до индустриската редуциска станица (RS4) и градската редуциска станица (RS3), кои се лоцирани во соодветен дел на градот. Излезниот притисок на гасот од градските редуциски станици (RS3) е исто така 25 до 100 mbar. Овој гас наменет е за широката потрошувачка (домаќинствата). Излезниот притисок на гасот од индустриските редуциски станици се определува спрема технолошките потреби и барањата на поедините индустриски потрошувачи, а се движи од 30 до 1000 mbar. Некои реонски редуциски станици (RS5) можат да имаат излезен притисок на гасот од 1 bar. Во таков случај овој систем за развод на гасот се опремува со редуциска станица со регулатори и е потребна кукна редуција на гасот. Редуциската станица со повеќе регулатори се сместува во лимен ормар на бетонско постолје или на ѕидот од зградата каде што нема отвори (прозори) и сл., а имаат за задача да снабдуваат со гас поедини или низа од станбени блокови. Излезниот притисок на гасот кај овие станици се движи од 25 до 30 mbar. Кукните редуциски станици се сместуваат во челични ормари на ѕидовите и ја снабдуваат со гас предметната зграда. Излезниот притисок кај овие станици изнесува 25 mbar.

## **5.2. Редуциски станици во локалниот развод на гасот**

Различните разводни системи на гасот се поврзуваат преку редуциските станици (RS) бидејќи притисоците дозволени во поедините системи се различни. Оваа разновидност на притисоци во најголем дел е условена од сигурност на разведувањето

како и обезбедувањето на гасни количини, а исто така и од аспект на економските оптимални вложувања при изградбата на разводниот систем.

Во претходното поглавје (5.1) беа наведени разни видови на редуциски станици кои денес се употребуваат во разводните системи.

### **5.2.1. Примопредајно мерно-регулациона станица (PPMRS)**

Истата е делумно опишана во поглавјето 4.3, а прикажана на сл. 15 и има задача да го редуцира притисокот на гасот од магистралниот на притисок на влез во локалната дистрибуциона мрежа, како и да се изврши мерење на гасните примопредајни количини, пропратени со низа други активности.

Просторот на оваа станица поделен е во неколку простории и тоа:

- простор за загревање на гасот преку вградени грејачи за гас 1.
- простор на мерно-редукционата станица во кој е вградена (инсталирана) останатата машинска опрема, како што се филтри за гас 2, регулатори на притисок 3, сигурносно-отпусни вентил 4, мерач на проток 5, како и арматурата.
- простор за одорирање на гасот, тоа е помала просторија во која е сместен уредот за додавање на одорансот во гасниот поток на неговиот излез од станицата. Овој уред најчесто му припаѓа на локалниот дистрибутер.
- простор за батерии (акумулатори) и телеметрија, овде се поставуваат уреди за далечински надзор и управување на гасниот развод.
- загревач на гасот, претставува гасен котел, ложен со природен гас, со задача да го загрева гасот на определена температура. Ова загревање е потребно затоа што во регулаторот на притисокот се врши експанзија на гасот, на пример од 30 на 7 bar. Во текот на експанзијата (редукцијата на гасот) гасот се лади, па постои можност од издвојување на одредена количина вода, која може да замрзне и да предизвика грешки при работата на регулаторот на притисокот.

**Филтри за гас** - мораат да бидат при влезот на гасот во регулаторот на притисокот и мерачот на проток и потполно да ги одвојат од него грубите и фините нечистотии.

**Регулатор на притисок** - врши редуција на притисокот на гасот од оној во магистралниот гасовод, на притисок на местото на дистрибутерот. Редуцирањето на притисокот на гасот обично се врши со мембрански регулатор, кој се поставува во две линии. Една од линиите е работна, а другата резервна, но тие можат да работат и паралелно. Во повеќе случаи во една линија сериски се вградуваат двата регулатори, па тој начин се нарекува мониторинско регулирање. При ова регулирање првиот регулатор претставува главен и тој ја врши регулацијата, а вториот понатамошен, кој се подесува на нешто понизок притисок и дејствува дури тогаш кога првиот регулатор се расипи. Овој начин на регулирање оневозможува да во разводниот систем на подрачниот дистрибутер дојде до поголем притисок во мрежата од бараниот.

**Сигурносно-отпусен вентил** - во случај на потреба мора да испушти определена количина гас во атмосферата со цел да не дојде до зголемување на притисокот на гасот во разводната мрежа. Овој вентил обично се подесува на вредност од околу 0,5 bar над назначениот регулиран притисок. Зголемувањето на притисокот во

разводната мрежа може да се случи ако дојде до пукање на мембраната на регулаторот на притисокот или пак заглавување на цврст предмет на вентилското седиште на регулаторот, такада тој ја губи функцијата на регулирање.

**Мерач на протокот на гасот** - брши мерење на количината на гасот, која треба да се корегира на нормална состојба. затоа мерачите на проток се придружени со уреди за корекција на притисокот, а понекогаш и температурата на гасот. Точноста при мерењето мора да се постигне поради наплатата на гасот, и грешката изнесува околу 2% од измерената количина.

**Показна опрема** - го покажува притисокот и температурата на гасот на влезот и излезот од станицата (манометри и термометри).

**Запорна опрема** - ги опфаќа најчесто гасните запорни вентили, лептирки, засуни и топчести славини. Задача им е да издвојуваат поедини делови од мрежата поради одржување или пак издвојување на целата редукуиска станица.

Некои дистрибутери на гасот во некои земји вградуваат на местото на примопредавање во некои градски редукуиски станици и уреди за влажнење на природниот гас. Влажнењето се врши со разни специјални масла и емулзии. Истото се врши бидејќи природниот гас е доста сув, па при неговото поминување низ разводните уреди ги суши заптивачите на местата за спојување а со тоа се зголемува недихтувањето (пропуштањето) на гасната мрежа.

### 5.2.2. Одорирање на природниот гас

Под одорирање се подразбира додавање на гасот на одредена хемиска супстанца за да тој добие специфичен мирис (различен од другите евентуални мириси) односно смрдеа, поради полесно откривање на местото на пропуштање на гас од разводниот систем.

Во многу земји пропишана е најмалата количина на гас во воздухот (гас кој излегол од гасната инсталација), која спрема мирисот мора да може да се утврди. Таа пропишана количина обично се определува со 20% од долната граница на експлозивност.

За да може одорансот да се употреби, мора да ги има следните својства:

- незгоден специфичен мирис, различен од поедините домашни мириси или мириси од некои технолошки процеси
- на температурата и притисокот на гасот во цевководот не смее да помине во течна состојба
- при развод и користење на гасот не смее да поседува корозивни својства
- пригорењето на гасот мора во потполност да изгори
- при инхалирање не смее отровно да дејствува на луѓето.

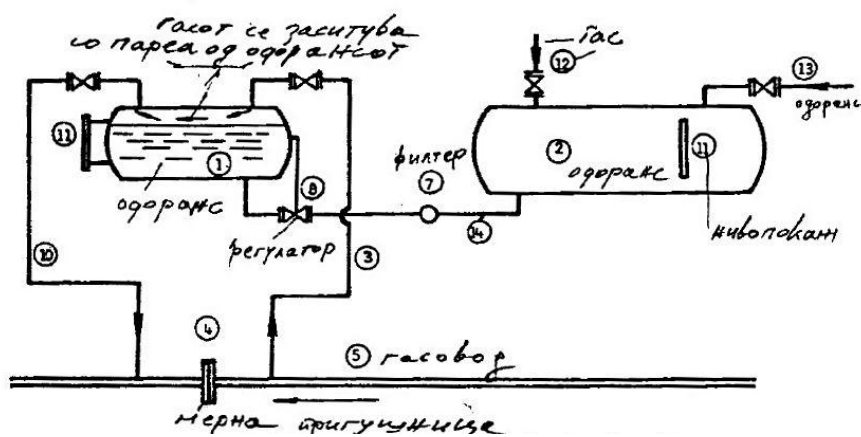
Најчесто се употребуваат два вида на одоранси: етилен меркаптан ( $C_2H_5SH$ ) и тетраhidроthиофен ( $(CH_2)_4S$ ) (ТНТ).

Количините кои се додаваат на природниот гас зависат од својствата на одораност. Етил меркаптан се додава 5 до 7 грама на 1000  $m^3$ .

Постојат разни конструктивни можности за одорирање на гасот. Зависат од притисокот на гасот во разводниот систем, количината на проточниот гас, од температурата и др.

На сл. 24 е прикажан уред за одорирање на гасот, кој нашол честа употреба, а се нарекува пропорционален одоризациски уред, бидејќи количината на додатниот одоранс е пропорционална на гасниот проток.

Во гасоводот 5, кој излегува од редукционата станица вградена е мерна пригушница 4; нејзина задача е стварање на поголем отпор при протекувањето на гасот. Низ приклучената цевка 3 дел од гасот (може да се регулира) влегува во резервоарот (спремник) 1, наполнет со одоранс. Во овој резервоар гасот се заситува со пареата од одорансот, па низ цевката 10 повторно доаѓа во проточниот цевковод 5, во кој се меша со останатиот гас и на тој начин се одорира. На резервоарот 1 приклучен е нивопоказувач 11 и регулатор за додекување на одоранс 8 од резервоарот 2 во резервоарот 1. Спојниот цевковод 14 помеѓу резервоарите 1 и 2 има вграден филтер 7 за филтрирање. Преточување на одорансот од резервоарот 2 во резервоарот 1 се врши со помош на притисокот на гасот кој се доведува преку цевката 12. Полнењето на резервоарот 2 се врши преку цевката 13, при истовремено посматрање на нивопоказувачот 11. Бидејќи при помалите количини на протекување на гас низ цевководот 5, пригушницата 4 не овозможува доволен отпор, честопати место неа се поставува запорен вентил (вентил со подвижно тело со насадување), кој со отварање и затварање лесно го менува отпорот при протекувањето на гасот.

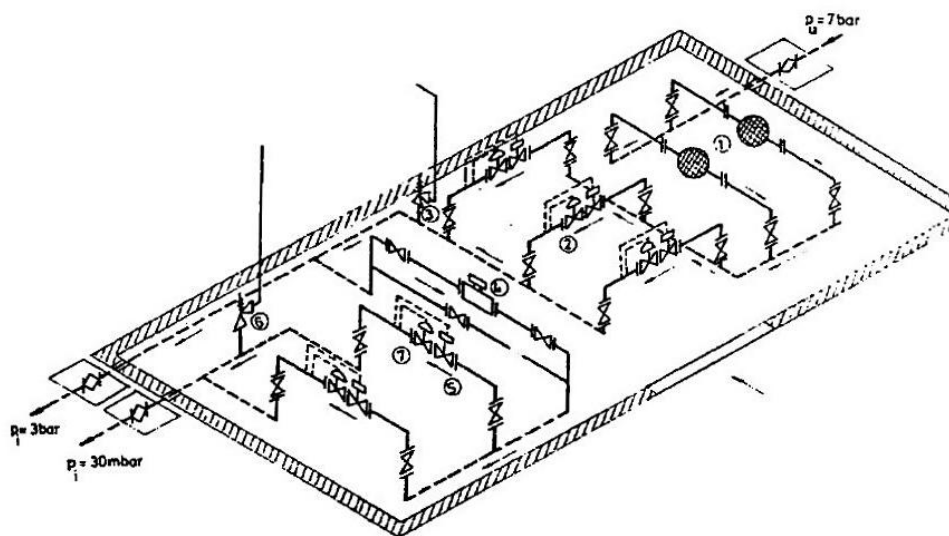


Слика 24. Шема на уредот за одорирање на гасот

### 5.2.3. Подрачна (реонска) редукциска станица

Се напојува со гас под притисок од 7 bar. Задачата и се состои во снабдување на потрошувачите за широка потрошувачка во нејзината околина со нископритисен гас од 25 до 100 mbar, потоа снабдување на поголем број редукциони станици за широка потрошувачка и индустријата со гас со притисок од 3 bar, на местата каде што не е доволен развод на гас со притисок од 7 bar. Капацитетот на овие станици (сл. 25) достигнува и до  $30000 \text{ m}^3/\text{h}$ , од кои помал дел, околу 5 до  $10000 \text{ m}^3/\text{h}$ , се снабдува

нископритисниот систем. Редукциските станици од овој вид се поставуваат во посебни бетонски објекти (специјално за нив изградени).



**Слика 25. Реонска редукциска станица**

Истите се градат спрема посебни прописи и на определено место. Тие треба да се оддалечени од прометните места и зградите за живеење. На ѕидовите од овие објекти се прават прозорци чија површина изнесува 15% од површината на подот. Најмалку на два спротивни зида мора да се направат вентилаторски отвори при подот и таванот на зградата (објектот) во износ од 3 до 5% од тлоцртната површина.

Објектот е опремен со челични врати кои се отвараат према надвор. На растојание 3 m од објектот се поставува жичана ограда со врата која обавезно се заклучува. Сите електрични инсталации се во SE-изведба.

Овие станици се опремени со следната опрема:

- филтри за одвојување на нечистотијата од гасот (1)
- регулатори за регулација на притисокот од 7 bar на 3 bar (2)
- сигурносно - испустни вентил поставен на системот под дејство на притисок од 3 bar (3)
- мерач на проток на гасот (4), има улога на мерење на количината гас потребна за технолошки цели, т.е за утврдување на количините гас испорачани во време кога потрошувачката на гас е најмала и најголема. Овие податоци се важни заради носење на одлуки за реконструкција на станицата или на поедини делови на околниот разводен систем.
- сигурносен блокирачки вентил (5), кој се вградува пред регулаторот за нископритисно регулирање на гасот со задача да го затвори дотокот на гас во регулаторот ако притисокот на гасот на нископритисниот излез се зголеми за 5 mbar преку подесената вредност на регулаторот.
- со регулатори за регулирање на притисокот на гасот од 3 bar на 25 до 100 mbar (7).
- сигурносно-отпустен вентил поставен на нископритисната страна (6).

- со иста задача како што е изнесено во 5.2.1.
- опрема за затворање (вентили) и показна опрема (манометри, термометри и сл).

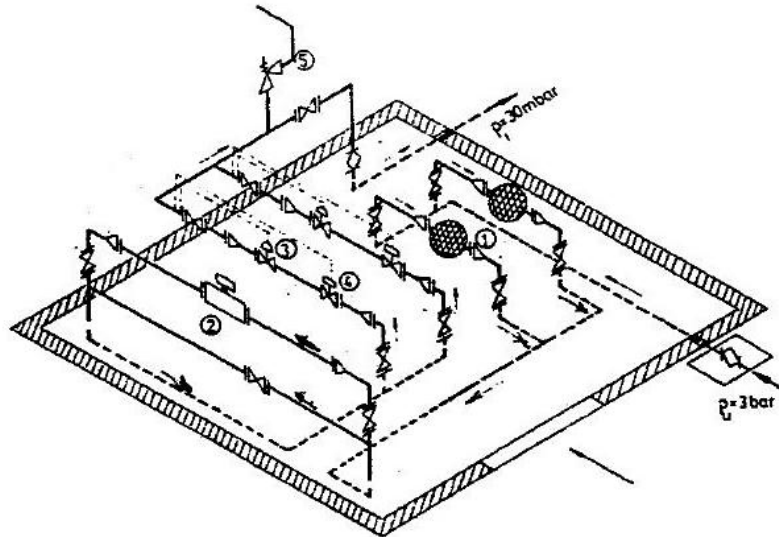
На редуциската станица прикажана на сл. 25 се поставени две линии за филтрирање на гасот, 3 линии за редуција на притисокот на гасот од 7 на 3 bar, и 2 линии за редуција од 3 bar на 30 до 100 mbar.

Вакво зголемување на бројот на линии е извршено поради сигурност во снабдувањето, бидејќи од исправноста на работата на оваа редуциска станица зависи работата на многу други редуциски станици и поголем дел од гасниот развод.

#### 5.2.4. Градска редуциска станица

Се нарекува уште станица за широка потрошувачка, бидејќи во најголем дел ги снабдува домаќинствата, а помал дел индустриските помали потрошувачи и поголемите фирми.

На сл. 26 е прикажана градска редуциска станица.



Слика 26. Градска редуциска станица

Оваа станица се напојува со гас под притисок од 3 или 7 bar, во зависност од местото на поставување. Излезниот притисок на гасот се регулира како и кај другите нископритисни излези т.е од 20 до 100 mbar. Капацитетот за развод обично изнесува околу  $2500 \text{ m}^3/\text{h}$  по една линија. Регулациските линии се поставени така да една е работна а другата резервна. Во моментите на најголема потрошувачка на гас двете линии можат да се користат истовремено.

Машинската опрема на оваа редуциска станица се состои од следните поважни елементи: филтер за гас 1, сигурносно блокирачки вентил 4, регулатор на притисокот на гасот 3, сигурносно отпусен вентил 5, мерач на проток 2.

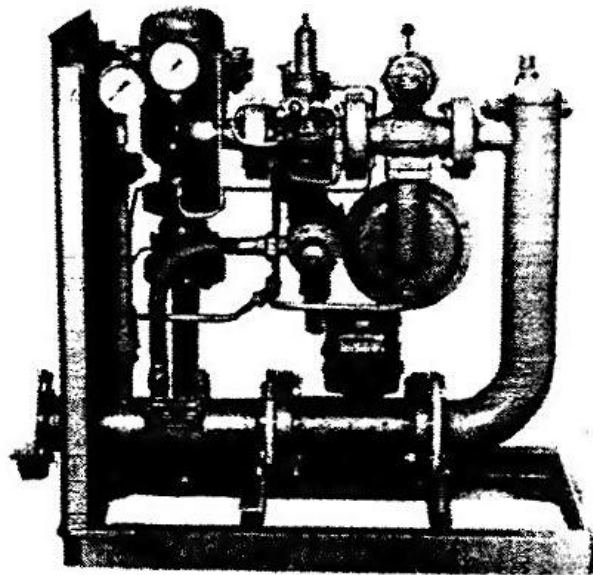
### 5.2.5. Индустриска редуциска станица

Наменети се за снабдување со гас на определени индустриски потрошувачи. Начинот на изградба (компонирањето) зависи од конкретно барањето (потребните) капацитети од гас. Редуциската станица за капацитет од  $2000 \text{ m}_n^3/\text{h}$  гас се гради на посебно постоље и се вградува во челичен ормар. Таква станица прикажана е на сл. 27. Оваа станица може да биде со две или со една редуциона линија, во зависност од барањето за сигурност во снабдувањето. Челичното постоље со редуциската станица се прицврстува на бетонска подлога, на кои се вградуваат гасоводите за довод и одвод. Преку ваквата постројка се поставува челичен ормар со две двокрилни врати. Машинската опрема на оваа станица е иста и дејствува исто како што е опишано во 5.2.3, со исклучок на мерачот на проток на гас, кој овде има задача да го измери протокот на гас и измерените вредности да ги сведи на износи при нормална состојба, поради наплата.

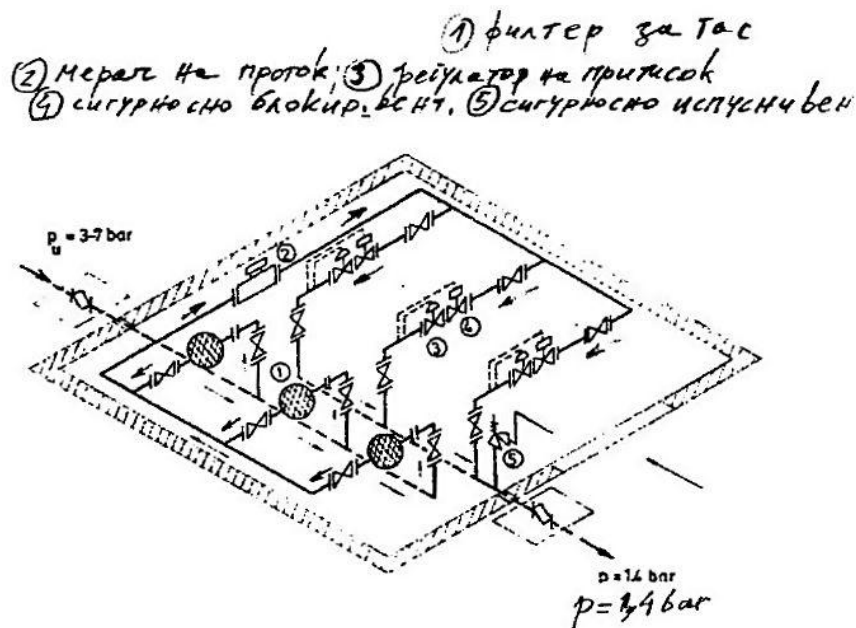
На челичните ормани се прават отвори за вентилација со површина од 5 % од површината на редуциската станица. Оваа станица е сместена во кругот на индустриската постројка.

Влезниот притисок на гасот во редуционата станица може да биде 3 или 7 bar, а излезот е во зависност од барањето на технолошкиот процес.

Ако капацитетот на RS е поголем од  $2000 \text{ m}_n^3/\text{h}$  и ако треба да се снабдува со гас поголем технолошки процес, тогаш тие се поставуваат во посебно за нив изградени објекти (види сл. 28).



Слика 27. Индустриска редуциска станица



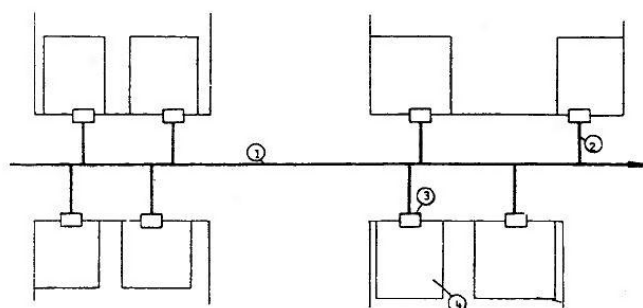
Слика 27. Објект на индустриска редукциска станица

Условите за начинот на местото на изградба се исти како што е опишано во поглавје 5.2.4, но без жичана ограда бидејќи станицата е изградена во затворениот фабрички (индустриски) комплекс. Ознаките на поедините елементи одговарат на оние од сл. 26.

Капацитетот на овие станици може да изнесува до  $60000 [m_n^3/h]$ .

### 5.3. Среднопритисен развод на гас

Среднопритисен развод на гас претставува гасната мрежа од реонска редукциска станица до редукциска станица изградена на градежниот објект како потрошувач. Притисокот на гасот во тој развод може да биде од 100 mbar до 1 bar. Овој систем на развод се употребува на ретко населени места, бидејќи нископритисниот развод би бил многу поскап.

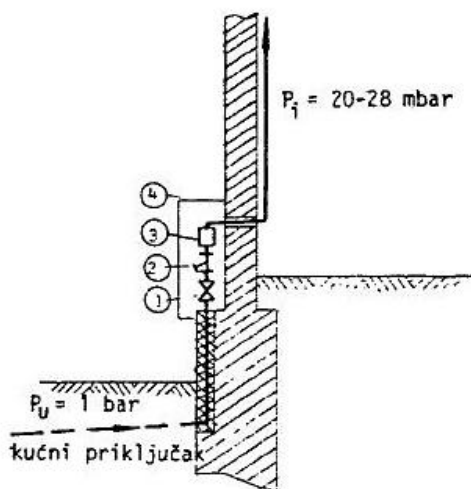


Слика 29. Шема на среднопритисен развод на гас

Среднопритисниот развод на гас прикажан е на сл. 29 и опфаќа: уличен развод 1, на кој се приклучуваат куќните приклучоци 2, кои ја формираат куќната редукциска



станица 3. Куќната редуциска станица обратно се поставува на ѕидот од куќата во мал челичен ормар сл. 30.



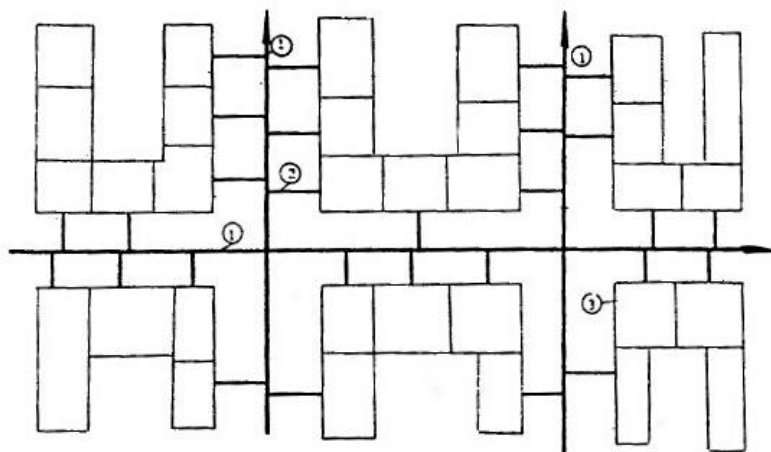
**Слика 30. Редуција на притисокот на гасот на објектот на потрошувачот**

Оваа RS е наменета за потрошувачка на гас во поголеми куќи (станбени) до 10 станови. Капацитетот изнесува од 3 до 20 [ $m^3/h$ ] гас и се состои од следните елементи: запорна топчеста славина 1, филтер за гас 2 и регулатор на притисокот на гасот 3. Во оваа станица се врши редуција на притисокот на износ на притисокот на гасните потрошувачи кој изнесува околу 20 mbar.

#### 5.4. Нископритисен развод на гасот

Во нископритисните разводни ситеми (сл. 30 и 31) спаѓаат оние резервоари од градската RS, или куќните RS, до гасните потрошувачи со притисок од 100 mbar.

Нископритисниот развод се дели на: улична гасна мрежа 1, куќни приклучоци, а негде се разводи по дворовите 2, и објекти на потрошувачка 3, во кои гасните инсталации се нарекуваат внатрешни разводи.



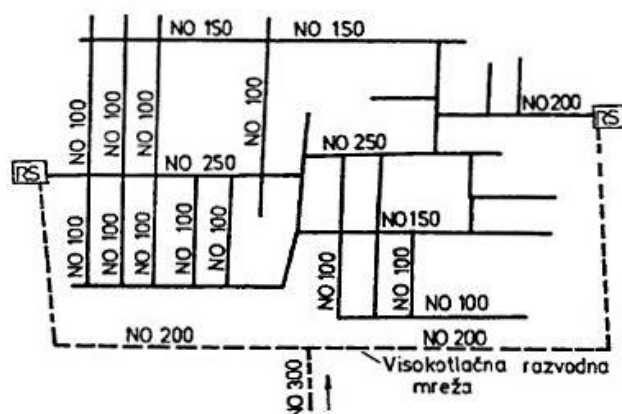
**Слика 30. Шематски приказ на уличен развод на гас**

### 5.4.1. Улична гасна мрежа

Оваа мрежа опфаќа мноштво нископритисни гасни водови положени долж улиците кои се поврзани во единствен систем и прикажани на сл. 31.

Овие мрежи можат да бидат изградени и на повеќе квадратни километри, а можат да се напојуваат од градските RS, изградени на повеќе места (точки).

Рамномерноста на притисокот на гасот во овие мрежи, зависи од бројот на местата на напојување, од густината на потрошувачите и износот (количината) на истрошениот гас. Во овие мрежи притисокот на гасот се движи од 25 до 100 mbar во зависност од состојбата на гасната мрежа и потрошувачката на гасот.



Слика 31. Приказ на нископритисен развод (мрежа) на гас во град

### 5.4.2. Куќни приклучоци

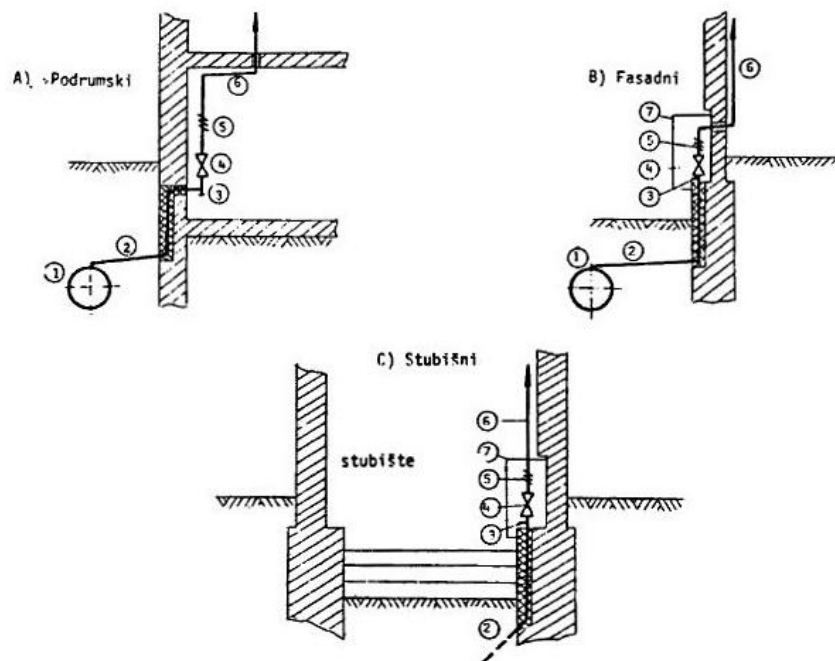
Тоа се цевководи за гас, со дијаметар помал од дијаметарот на уличниот развод (обично NO40 или NO50) кој се наоѓа пред влезот во објектот во кој гасот ќе се троши. Дијаметарот на куќниот приклучок зависи од потрошувачката на гас во приклучниот објект како и од оддалеченоста на објектот од уличниот гасовод. На крајот на секој куќен приклучок се вградува вентил и Т-парче. Овој вентил мора да биде пристапен за сите потрошувачи во објектот на дежурната служба на дистрибутерот на гас и на противпожарната служба. Задачата на Т-приклучокот е преку него, со помош на посебни уреди да се изврши чистење на куќниот приклучок од нечистотија.

Начини на влез (изведби на куќни приклучоци) прикажани се на сл. 32, при што со 1-уличен гасовод, 2 куќни приклучок, 3 Т-приклучок, 4 главен запорен вентил, 5 приклучок кон внатрешниот развод (втор навој), 6 внатрешен развод на гасот, 7 челичен ормар.

На слика 32А) е прикажан влез на куќниот приклучок преку подрумот во објектот.

На слика 32Б) прикажана е изведба на влез на куќниот приклучок на фасада на објектот. Во овој случај главниот запорен вентил и Т-приклучокот се сместуваат во челичен ормар.

На слика 32Ц) прикажан е влез на куќен приклучок на скалите на еден од станбените блокови. И овде главниот запирен вентил и Т-приклучокот (парче) се сместуваат во челичен ормар.



Слика 32. Начини на изведба на куќни приклучоци

### 5.4.3. Внатрешен развод на гасот

Овде спаѓаат гасните водови и уреди кои се поставуваат внатре во објектот (слика 33). Овој дел од гасниот развод се нарекува и гасна инсталација.

Делот на внатрешниот гасен развод, од главниот запорен вентил до гасниот мерач, се нарекува немерен дел од инсталацијата 2. Кога дел од тој развод се поставува испод подрумскиот таван, тогаш се нарекува подрумски развод.

Пред гасниот мерач 4 обавезно се вградува запорен вентил, а во повеќе случаи и стабилизатор на притисокот на гасот 3. задача на запорниот вентил пред гасниот мерач е да овозможи исклучување на тој дел од разводот поради евентуални поправки. Задача на стабилизаторот на притисокот е да изврши подесување на притисокот на гасот од притисок на нископритисен развод на притисок на гасните потрошувачи (околу 20 mbar). Кон таквиот стабилизатор на притисокот некои дистрибутери на гас вградуваат и осигурач за случај на прекин на гасот. Неговата задача се состои во затворање на приклучниот вод кога притисокот на гасот ќе падне испод определен износ.

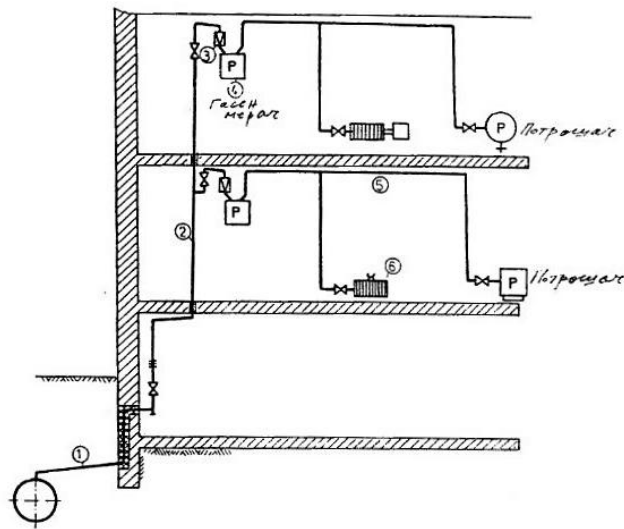
Гасниот мерач ја мери потрошената количина гас заради наплата.

Ако делот на овој развод е релативно долг, тогаш позади мерилото се вградува уште еден запорен вентил.

Задачата на овој вентил е да спречи празнење на количината гас во просторијата во случај на монтажа на броилото. Разводот на мерениот гас обично се положува под таванот, а потоа се разгранува спрема секој гасен потрошувач 6.

Пред секој гасен потрошувач се вградува запирен вентил за да се исклучи гасниот потрошувач во случај на потреба.

На слика 33 е прикажано спојување на уличен вод 1 и куќниот приклучок на внатрешниот развод, потоа шема на внатрешен развод со приклучоци на гасните потрошувачи.



**Слика 33. Шематски приказ на внатрешниот развод, куќниот приклучок и приклучокот на уличниот гасовод**

## 6. ТЕЧЕН НАФТЕН ГАС (ТНГ)

### 6.1. Општо

Името течен нафтен гас (ТНГ) се користи од поново време, а се употребува како име за неколку видови на јаглероводороди, како што се пропан, бутан, изо-бутан, и мешавина од пропан бутан во разни соодноси. Пропанот и бутанот, како нивни најважни претставници, на околна температура и атмосферски притисок се во гасна состојба. Се нарекува течен бидејќи на релативно низок притисок се претвора во течност и во таква состојба се транспортира и складира. Основни суровини за негово добивање се нафтените и нафтено гасните наоѓалишта.

Во земјите од англиското јазични подрачје се означува LPG (liquified petroleum gas), на француски и италјански се означува со GPL (Gas petrolier liquefiable, односно Gas di petrolio liquefatti), или само пропан-бутан, на руски јазик се нарекува "сжижени углеводородниј газ".

### 6.2. Основни особини

Течниот нафтен гас (ТНГ), пропан и бутан, се повеќе наоѓа употреба во домаќинствата и индустриските потрошувачи и на голема врата ги заменува класичните горива.

Први негови потрошувачи биле домаќинствата а потоа се индустриските потрошувачи. Се покажало дека ТНГ два до три пати е поефтин од многу класични горива (електричната енергија, јаглен). Неговите предности како гориво потполно се идентични како на природниот гас, односно градскиот гас.

Од гледна точка на сигурност при ракувањето со ТНГ неговите главни карактеристики можат да се сведат на следните:

- ТНГ е полесен од воздухот,
- парниот притисок на ТНГ е поголем од парниот притисок на бензинот. Затоа ТНГ единено сигурно се складира во затворени садови под притисок, изработени и опремени според посебни прописи,
- дифузијата на гасната фаза на ТНГ во околната атмосфера е многу спора.
- мешавината од воздухот и гас се пали при отворен пламен, а гасењето е можно преку мешање со инертни гасови (азот, јаглерод моноксид или водена пареа).
- кога температурата на околниот воздух расте, во складишниот простор (резервоар) експандира течната фаза на ТНГ. Затоа резервоарите за складирање на ТНГ никогаш несмеат да се полнат до самиот врв, неопходно е да се остави празен простор за очекуваната експанзија на ТНГ.
- ТНГ не е отровен но претставува наркотично средство. Во нормални услови ТНГ е физиолошки индиферентен и може да предизвика задушување само при високи концентрации и тоа при смалување на количините на кислород во воздухот.

### 6.2.1. Калорична вредност и волумен

Пропанот и бутанот имаат високи калорични вредности. За илустрација ќе направиме споредба со градскиот гас (чија долна калорична вредност му изнесува  $H_d = 3600 \text{ kcal/Nm}^3$ ). Се добива:

$$1 \text{ Nm}^3 \text{ пропан е } \frac{22350}{3600} = 62 \text{ а}$$

$$1 \text{ Nm}^3 \text{ пропан е } \frac{29510}{3600} = 82 \text{ пати}$$

поголема калорична моќ во однос на градскиот гас

Споредба во однос на продажбата. Пропанот и бутанот се продаваат во kg, а градскиот гас во  $m^3$ .

$$1 \text{ kg пропан} = 3,07 \text{ m}^3 \text{ градски гас}$$

$$1 \text{ kg бутан} = 3,03 \text{ m}^3 \text{ градски гас}$$

Односно, една боца пропан од  $11 \text{ kg} = 33,77 \text{ m}^3$  градски гас.

Сметајќи по калорична вредност се добива  $1 \text{ kg}$  течен пропан =  $2,9 \text{ m}^3$  градски гас.

### 6.2.2. Добивање

Пропанот и бутанот се добиваат од природниот (земниот) гас, или со преработка на нафта и јаглен. Главни извори на нивно добивање е преработката на природниот гас во постројки кои се нарекуваат дегазолинани и со преработката на нафтата во рафинериите. Во рафинериите пропанот и бутанот се јавува како нуспродукт.

### 6.2.3. Транспорт

Од врстата и големината на потрошувачите зависи и начинот на нивното користење, односно изворот на инсталацијата.

Индивидуалните и другите помали потрошувачи го користат пропан-бутанот од челични шишиња (боци), или помали челични резервоари. Тие се полнат во специјални постројки за полнење - полништа, кои претставуваат посредници помеѓу произведувачите на пропан-бутан (рафинериите, дегазолинажи) и потрошувачите. Пропан-бутанот во шишињата се наоѓа под притисок поголем од атмосферскиот и е во течна фаза. За негов премин од течна во парна фаза, во која потрошувачите го користат, доволна е топлината на околината (се разбира за мали количини - количината која се наоѓа во челичната боца).

За индустриски и други поголеми потрошувачи се градат посебни станици со стабилни инсталации за складирање, дистрибуција и негово користење во парна фаза. Во тие станици пропанот- бутанот се складира во големи стабилни резервоари, каде количините се големи, па топлината од околината не е доволна за да изврши негово претварање од течна во парна фаза, па неопходно доведување на потребна топлотна енергија.

Транспортот на на ТНГ од производителот до индустриските и другите поголеми потрошувачи се врши со ползување на сите видови транспорт, со специјални транспортни средства (авто цистерни, вагонцистерни, танкери за воден транспорт) како и преку специјални цевководи кои директно ги поврзуваат произведувачите со потрошувачите на ТНГ.

#### **6.2.4. Складирање**

Капацитетот на резервоарите за складирање зависи од големината на потрошувачите и од одалеченоста на рафинеријата од станицата. Вообичаено е складишните резервоари да обезбедуваат ТНГ за најмногу до 4 недели што прави околу 10 % од годишната потреба.

Во зависност од врсата на течен гас (пропан, бутан или смеса од пропан-бутан), како и од големината складишниот простор, решението на резервоарскиот простор се изведува во две варијанти, и тоа како:

- хоризонтални цилиндрични резервоари
- како топчести резервоари.

За складирање на пропан, заради потребата на поголеми притисоци, обично се користат хоризонтални цилиндрични резервоари, потпрени на бетонски темели, со капацитети од 5 до 150  $m^3$  волумен.

Изборот на топчести резервоари за складирање на големи количини економски е најоправдано бидејќи има голема заштеда во тежината на материјалот во однос на цилиндричните резервоари. При тоа јасно е дека при топката (топчестите резервоари), распоредот на притисокот е најповолен.

#### **6.2.5. Дистрибуција**

Во складишните резервоари испарува извесна количина од течната фаза на пропан-бутан под дејство на околната топлина. Оваа испарена количина е доволна за потрошувачите. Затоа потребно е да се донесе потребна количина, со која ќе се изврши премин од течна фаза пропан-бутан на гасна фаза - спремна за конзумирање.

Овој премин од една во друга фаза се врши, во таканеречени топлоразменувачи кои поради својата функција се нарекуваат испарувачи. Пропан-бутанот во гасна фаза излегува од испарувачот под висок притисок, додека потрошувачот него го консумира под релативно низок притисок (поради конструкцијата на горилникот и правилно искористување на калоричната вредност на гасот). Затоа, потрошувачот треба да

изврши редуција на притисокот на гасот од испарувачот на потребниот притисок за користење.

Оваа редуција се користи со редуциони вентили, специјално наменети за ТНГ. Во испарувачите, кои можат да бидат од различен вид, најчесто носач на топлината е водената пара, топла вода или електрична енергија. Се покажало дека најекономични се испарувачите со топла вода, за капацитети преку 100 kg/h, за помалите се пресметува испарување со електрична енергија.

После испарувачко редуционата станица, гасната фаза од пропан-бутан ја очекуваат потрошувачите. Гасот при определен притисок и температура согорува во горилниците. Коонструкцијата и опремата за горилникот се условени од притисокот и калоричната вредност на гасот.

Некои потрошувачи бараат гасот да има помала калорична вредност, бидејќи тоа го диктира технолошкиот процес. ова најчесто е случај кога некои потрошувачи поминуваат од калсично гориво, пример: генераторски гас, на пропан-бутан калоричната вредност на генераторскиот гас изнесува 1000 до 2000  $kcal/Nm^3$ , а на пропан-бутанот околу 26000  $kcal/Nm^3$ .

Решението се бара или со замена на старите горилници или пак кон прилагодување на ТНГ на потребната калорична моќ, истото се постигнува преку вграден систем за мешање на ТНГ со воздух.

Сите наведени системи се опремени со автоматски блок на уреди, на линиите на двата флуида (ТНГ и воздухот) со цел блокада, за случај да смесата се приближи кон границата на експлозивност.

#### **6.2.6. Заштита од пожари**

Поради особините на запалување и експлозивност, неопходно е воведување на систем на заштита од пожар на инсталациите на ТНГ. Овој систем во својот стабилен (неподвижен дел) се состои од цевководи со млазници за распрашување на водата и стварање на водена магла со цел за ладење на местата загроени од пожарот. Тој систем е спроведен по сите пунктови на постројката за пропан-бутан и тој се активира потполно автоматски. Во рамките на системот за гаснење на пожар се наоѓаат апарати за гаснење на огнот со  $CO_2$ , како и останата опрема (одела, шмркови, секири, копачи, песок во отворени буриња и друго). Во случај на вискои дневни температури (особено во лето) да не би дошли до зголемување на дозволения притисок се активира системот за ладење на сите места кои се повеќе загреани. Во рамките на противпожарната служба се вградени и уреди за сигнализација (звучна и светлосна).



### 6.2.7. Употреба

Сеуште постојат доста причини за недоволна употреба на ТНГ како кај нас така и во други земји. Тие причини се сведуваат на следното:

- недоволно познавање на ТНГ, неговата предност и недостатоци
- релативно мало производство на ТНГ во рафинериите и дегазолинажите
- непостоење на домашни производители на специјална опрема за ТНГ
- непостоење на точни пресметки за цената на потрошената енергија, било во домаќинствата било во индустријата
- плашливост од појава на несреќи, поврзани со технички примитивизам.

Во развиениот свет нема двоумење во употребата на ТНГ, главни потрошувачи се:

- домаќинствата
- комерцијалното греење (преку систем за централно греење)
- разладна техника
- прехранбена индустрија (печки, сушари)
- индустрија за стакло и керамика
- текстилна индустрија
- како гориво во мотори СВС на разни возила (трактори, автомобили, градежни и други машини).
- земјоделски форми (сушење, загревање, запалување)
- индустрија за синтетички материјали
- за производство на градски гас.

Се заклучува дека насекаде каде што е потребна топлина, кондиционирање на воздухот, моќност и ладење, таму е можна употреба на ТНГ.

Во последно време ТНГ, наоѓа се поширока примена на петрохемијата каде што се користи за производство на синтетички смоли и синтетички влакна.

## 7. ПРОИЗВОДСТВО НА ТЕЧЕН НАФТЕН ГАС

Главни суровини се земен (природен) гас и нафта. Скоро вкупното светско производство на ТНГ се остварува преку два главни извори.

а - постројки за екстракција на ТНГ од природен гас

б - рафинериите на нафта, како нуспродукт.

### 7.1. Екстракција (вадење - извлекување на ТНГ од природен гас)

Пропанот и бутанот како главни компоненти на ТНГ се наоѓаат во составот на природен гас. ТНГ се добива од природниот гас преку неколку методи на екстракција, како што се апсорпција, ниско-температурна сепарација и адсорпција.

Најголем број на постројки денес работат на база апсорпција, бидејќи се покажало дека истата е најекономична метода за добивање на поголеми количини на бутан, како и за доста добра за добивање на пропан.

Исто така се смета дека методата на ниско-температурна сепарација е економична за добивање на поголеми количини на пропан.

#### 7.1.1. Апсорпциона постројка

Овие постројки нашле најчеста употреба. Во поранешна Југославија овие постројки се наречени дегазолинажи, а поголемите две се лоцирани во близината на Зрењанин во состав на Нафтагас од Нови Сад, а другата во Иваниќ Град кај Загреб, во состав на Ина-Загреб.

Ќе бидат изнесени основни карактеристики на постројката на Нафтагас, која 1965 година е изградена од страна на американската организација J.F.Pritchard and CO.

Постројката произведува нормален изо-бутан, пропан и газолин (сл. 34). Таа се состои од единица за дехидрација, апсорпција, деетанизација, депропанација, дебутанизација, инсталација за апсорпционо масло и помошни единици (складишта, разладна вода, енергана, инсталација за претовар на ТНГ и др). На сл. 35 прикажана е општа технолошка шема на постројката.

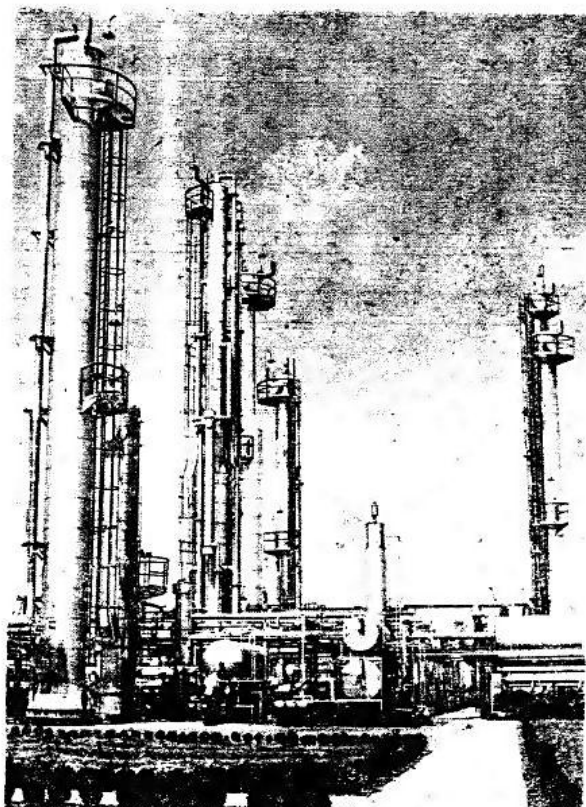
Сиров гас под притисокот од неколку десетици бари и температура од 20-30 °C со хемиски состав според табела 9, под претпоставка дека е заситен со водена пара, влегува во дехидрационата единица, каде со посредство на триетиленгликол се одстранува водената пара. Триетиленот-гликол кружи во затворениот систем на дехидрационата линија, а неговата регенерација се врши преку континуирана постапка во колоната.

За регенерација, дехидрираниот гас (сув гас) влегува во апсорпционата единица каде што се одвива процесот на апсорпција на јагленоводородот со помош на апсорпционо масло. Ова апсорпционо масло по своите карактеристики е многу слично на керозинот.

**Табела 9: Состав на природен (земски) гас од гасните полиња во Војводина**

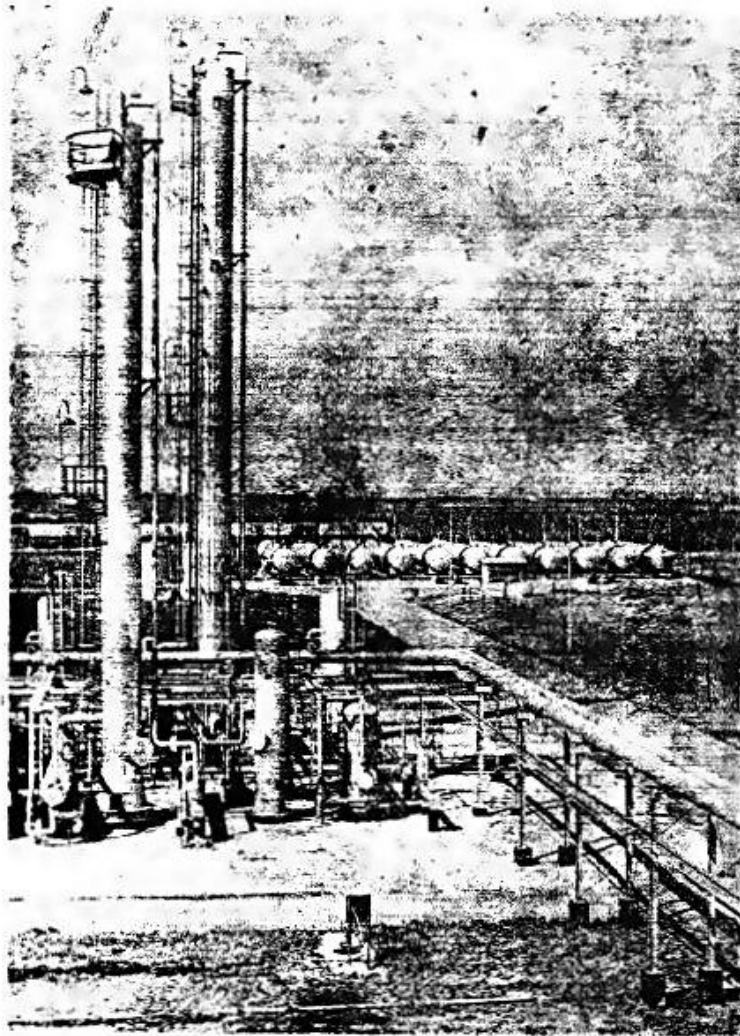
метан	$CH_4$	- 74,8%
етан	$C_2H_6$	- 13,8%
пропан	$C_3H_8$	- 4,4%
изо-бутан	$i-C_4H_{10}$	- 2,1%
ен-бутан	$n-C_4H_{10}$	- 2,2%
изо-пентан	$i-C_5H_{12}$	- 1,0%
ен-пентан	$n-C_5H_{12}$	- 1,7%

Тоа влегува во апсорпционата колона преку горниот дел и се движи спрема дното на колоната, преку дестилациони платформи (тањири), доаѓа во допир со сувиот гас кој се движи во спротивен правец (од дното спрема врвот на колоната). Апсорпционото масло се нарекува "посно" пред влез на врвот на колоната и "мрсно" после излезот од дното на колоната.



*Слика 34а. Дезаголинажа Елемир - Нови Сад*

Богатото апсорпционо масло влегува во единицата за деетанизација, во која настанува одвојување, етанот, другите состојки на гасот, кои одат во гасоводот за земен гас према неговите потрошувачи. Ова апсорпционо масло, без етан и метан, значи "деетанизирано", оди понатаму во единица за фракционизација, каде од него се издвојуваат секој посебно пропан, газолин, n-бутан и изо-бутан и се транспортираат за складирање (слика 34б).

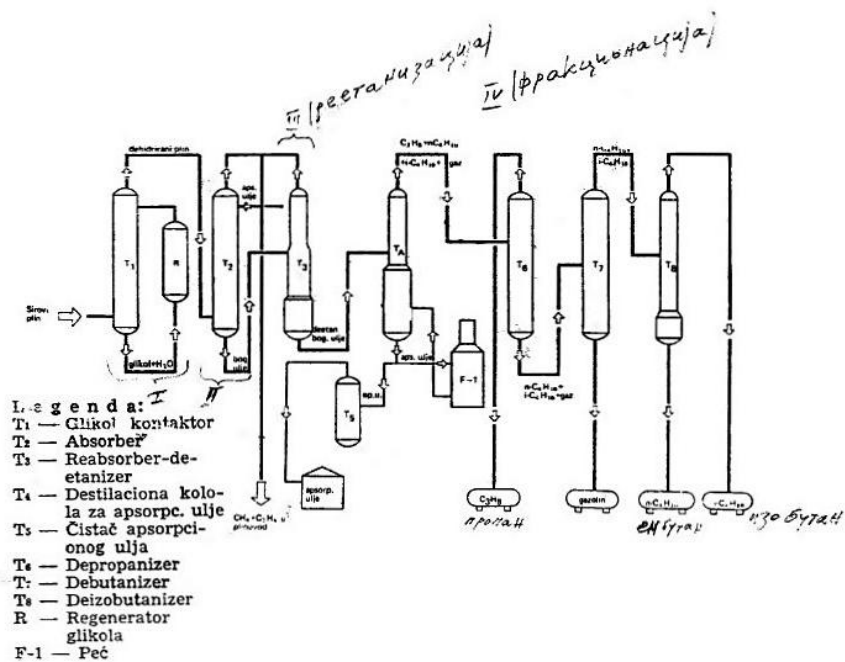


*Слика 34б. Дезаוליнаяжа со постројката за складирање во позадината*

Излезниот деетанизиран гас од егазолинажата се транспортира кон потрошувачите со состав прикажан во табела 10.

**Табела 10. Состав на гасот на излезот од дезаוליнаяжа (волуменски)**

метан  $CH_4$  - 70,08%  
етан  $C_2H_6$  - 29%  
пропан  $C_3H_8$  - 0,5%  
изо-бутан  $i-C_4H_{10}$  - 0,16%  
ен-бутан  $n-C_4H_{10}$  - 0,26%  
изо-пентан  $i-C_5H_{12}$  - /  
ен-пентан  $n-C_5H_{12}$  - /



Слика 35. Општа технолошка шема на дегазолинажата

Апсорпционото масло кружи непрекинато во затворениот циклус. За негово загревање служи печката (F-1), ложена со земен гас.

Целата постројка работи автоматски, а контролата на процесот се врши на централниот команден пункт. Добиените гасови, пропанот и бутанот се складираат во посебни резервоари, а нивно мешање за да се добие ТНГ, се врши во посебни резервоари пред претурање во средствата за транспорт.

### 7.1.2. Нискотемпературна сепарација

Оваа метода во последно време наоѓа голема примена при добивање на поголеми количини на газолин и пропан од одвоениот кондензат на природниот гас. Процесот се одвива на температура пониска од  $-40^{\circ}\text{C}$ . Порано овој процес не се наоѓал во употреба бидејќи не постоеле материјали кои ќе обезбедат сигурна работа на ниски температури. Трагичен настан се случил во 1938 год во Охајо-САД, т.е. експлозија на резервоар за ТНГ. Бидејќи денес металургијата создава квалитетни челици, т.е имаат голема цврстина и на ниски температури, оваа метода наоѓа се поголема примена. Некои американски фирми овие постројки ги прават од типизирани елементи, со разни капацитети, со можност за нивна дислокација, после завршување со работа на едно гасно поле.

## 7.2. Производство на ТНГ во рафинерии за нафта

Сировата нафта содржи мал процент на ТНГ, истиот се добива за време на нејзината преработка. Во рафинериите нафтата прво се разградува во фракции (преку дестилација): лесен бензин, петролеј, масло за ложење и тешки остатоци.

Разградувањето се врши во колони за фракциона дестилација со помош на топлина, а за разградување на тешките фракции со точка на вриење над  $370^{\circ}\text{C}$ , со помош на вакуум (вакуум дестилација). За да биде ТНГ добиен преку дестилација, погоден за продажба потребно е негово пречистување и отстранување на сулфурот. Бидејќи овие зафати се скапи, честопати рафинериите ваквиот ТНГ го користат при производство на газолин како енергетско гориво, или за дополнителна преработка.

Дополнителната преработка на продуктите од дестилацијата, а посебно тешките бензини и остатоците од дестилацијата, се врши преку разни термо-хемиски методи, како што се:

а) Крековање (разградба) - cracking:

Во процесот се врши разградба на големите молекули на јагленоводородите со висока точка на вриење на температура од  $400 - 500^{\circ}\text{C}$ , во мали молекули. Производот од крековањето е смеса на јагленоводороди со различни точки на вриење, со скоро 50 % незаситени јагленоводороди во кои се наоѓа поголема количина ТНГ.

б) Reforming (преобразба):

Претставува процес кој во основа е сличен со крекингот, со таа разлика што се одвива на повисоки температури и притисоци (околу 50 bar). Производот е мешавина на јагленоводороди во која се наоѓа ТНГ. Со додавање на катализатор, процесот се забрзува.

ц) Хидрирање

За јагленоводороди со високи точки на вриење, за кои во исто време содржат помалку водород, а со цел да се спречи стварање на поголеми количини на олефин, катран и кокс, во процесот се додава водород под определен притисок. Овој процес е погоден за сировини богати со сумпур, бидејќи се формира сулфурен јагленоводород, кој лесно се отстранува, па се добива производ со мала содржина на сулфур. Затоа ТНГ кој се добива со овој процес е доста квалитетен.

Сите претходни процеси служат за квалитетно и квантитетно подобрување на рафинерските производи бидејќи при тоа се добива и ТНГ, овие процеси се окарактеризираат и како процеси при кои се добива и ТНГ.

За да се заврши претходно започнатиот опис на рафинерскиот процес со ТНГ, потребно е да се наведат и процесите во кои ТНГ се користи како сировина и тоа се:

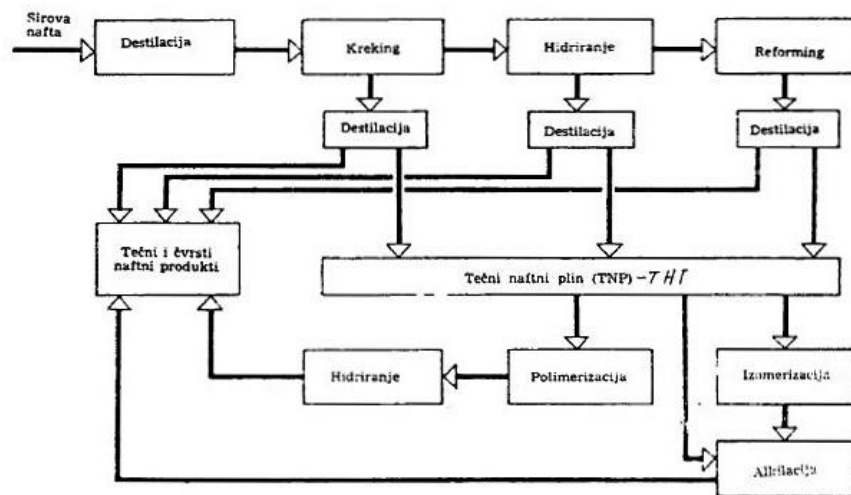
а) Полимеризација

Претставува процес спротивен на крекување, т.е процес во кој малите молекули се составуваат во големи. Како сировина се користат бутилен и пропилен, а производот е составен од изооктилен и високи олефини.

б) Алкилација

Претставува процес во кој доаѓа до спојување на олефините со изопарафините или арамите. Сировина претставува изобутан, етилен, пропилен, бутилен и др. а се произведуваат парафински јагленоводороди.

На сл. 36 е прикажана блок шема на производство и потрошувачка на ТНГ во рафинериските постројки.



**Слика 36. Шема на производство и потрошувачка на ТНГ во рафинериските постројки**

## **8. ТРАНСПОРТ И СКЛАДИРАЊЕ НА ТНГ**

Брзиот развој на индустријата на ТНГ придонесе за развој на опремата и методите за транспорт и складирање на ТНГ. Спрема начинот и транспортните средства, транспортот на поголеми количини на ТНГ од производителите до потрошувачите може да се извршува со:

- а) железнички сообраќај (вагон-цистерна)
- б) патен сообраќај (авто-цистерна)
- в) воден пат (бродови-танкери за ТНГ)
- г) цевководи со кои директно се поврзува производителот на ТНГ со неговите потрошувачи.

За помали индустриски потрошувачи, занаетчиство, земјоделство и домаќинствата, ТНГ се транспортира во специјални шишиња (боци) и садови со различни капацитети, со класични (камионски или вагонски) транспортни средства.

Поголемите индустриски потрошувачи, го складираат ТНГ во специјални резервоари за складирање по притисок. Спрема материјалите од кои складиштата се направени, тие се делат на метални и природни.

Металните, како што видовме и порано се прават од метални (челични лимови) со заварување. Спрема местото на поставување се делат на надземни и подземни.

Природните складишта претставуваат стари рударски окан, пештери, тунели и други шуплини во земјата, специјално опремени за да може во нив да се складира ТНГ.

### **8.1. Вагон цистерни**

При транспорт на ТНГ со железница се користат вагон-цистерна. Тие со својата конструкција и опремата, значително се разликуваат од вагон-цистерните за транспорт на дизел горива и бензин. Во споредба со другите облици на транспорт, железничкиот транспорт на ТНГ претставува економичен транспорт, посебно при долги релации.

#### **8.1.1. Конструкција и капацитет**

Постојат повеќе типови, а капацитетот им се движи од 15 до 45 тони ТНГ. Најчесто се употребува четириосовинската вагон-цистерна прикажана на слика 37.

Вагон-цистерната претставува хоризонтален цилиндричен резервоар прицврстен на четириосовинската платформа со специјални стеги по обемот.





Слика 37. Вагон-цистерна за ТНГ со 95 m<sup>3</sup> капацитет (геометриски волумен)

Горната половина од цистерната е покриена со покривка од лим со дебелина од 2 mm и зазор од 60 mm. Истата служи за заштита на цистерната од доректно дејство на надворешната температура. На горниот дел на цистерната зе наоѓа ревизионен отвор, на чиј капак е монтирана запорна, сигурносна и мерна арматура за преточување (претурање) на ТНГ

Арматурата е заштитена со лимен капак. Околу ревизиониот отвор и капакот со арматурата поставена е челична платформа со ограда. Сета запорна арматура е опремена со вентили против кршење на цевките.

Вентилите за преточување на ТНГ најчесто се инсталирани на горната изводница од цистерната, но постојат цистерни на кои овие приклучоци се наоѓаат на долната изводница од цистерната.

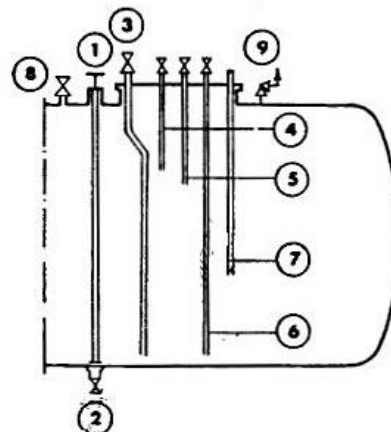
Приклучоците за преточување се поставуваат најчесто преку прирабничка врска, NP40. Sprema европските стандарди, на вагон-цистерните се наоѓаат еден или два приклучоци за течната фаза на ТНГ со NO50mm, еден приклучок за гасната фаза ТНГ, NP40 NO40mm, три механички покажувачи на ниво, манометар, термометар и сигурносен вентил (слика 38).

**Legenda:**

- 1 Komandna poluga za otvaranje donjeg ventila tečne faze
- 2 Donji ventil tečne faze
- 3 Gornji ventil tečne faze
- 4 Mehanički mjerač maksimalnog nivoa propana
- 5 Mehanički mjerač maksimalnog nivoa butana
- 6 Mehanički mjerač minimalnog nivoa
- 7 Rukavac za termometar
- 8 Ventil plinske faze
- 9 Sigurnosni ventil

**Напомена:**

Rukavac za termometar, poz. 7, treba da je napuñjen tečnošću sa »anti-friz« osobinama



Слика 38. Шема на распоред и вид на опрема на вагон-цистерна

Работниот притисок во цистерната е 16,7 bar, кој одговара на парниот притисок на пропанот на +50°C. Цистерната е изработена со заварување од челик со финозрнеста структура, со цврстина од 36 до 46  $kp/cm^2$ .

Цистерната се испитува со вода под притисок од 25 bar.

### 8.1.2. Полнење и празнење на вагон-цистерна

Преточувањето на ТНГ се врши со приклучување на цистерната на стабилната цевководна инсталација на складиштето, преку специјални флексибилни цевки. Количината на полнење со ТНГ во вагонот-цистерната може да се определи на два начина:

- а) со мерење на тежината на цистерната
- б) преку пресметка, густината и познатата геометрија на цистерната. Се даваат во табели.

Полнењето се прати преку механичкиот покажувач на нивото. Празнењето на вагон цистерните се врши на еден од следните начини:

- а) со помош на пумпа. Течниот ТНГ се испумпува од цистерната до складишниот резервоар.
- б) со помош на парен компресор. Компресорот ја всисува парната фаза на ТНГ од складишниот резервоар и ја втиснува во парниот простор на вагонот-цистерната, го зголемува диференцијалниот притисок и ја потиснува течната фаза на ТНГ низ неговиот отворен вентил од цистерната.
- в) врз база на разликите на притисоците помеѓу гасната фаза на ТНГ во цистерната, и гасната фаза во складишните резервоари, доаѓа до истекување на течната фаза на ТНГ од вагонот-цистерната.

Без обзир кој метод е употребен, вагон-цистерните со стабилните цевководни инсталации секогаш се поврзани со двата приклучоци и за парната и за течната фаза на ТНГ. Преточувањето на цистерната обично трае 3 до 4 часа.

## 8.2. Авто-цистерни

За кратки релации, автопревозот се покажал поефтин од железничкиот. Авто-цистерните многу ќе се разликуваат од вагон цистерните. Капацитетот им се движи од 1 до 30 t. Се разликуваат 2 типа:

- а) авто-цистерни носачи (од местото на производство до складирање)
- б) авто-цистерни дистрибутери (од централното складиште до локалните складишта за продажба-обично се со помал капацитет)



**Слика 39. Авто-цистерна - носач за транспорт на пропан со капацитет од 20 тони**

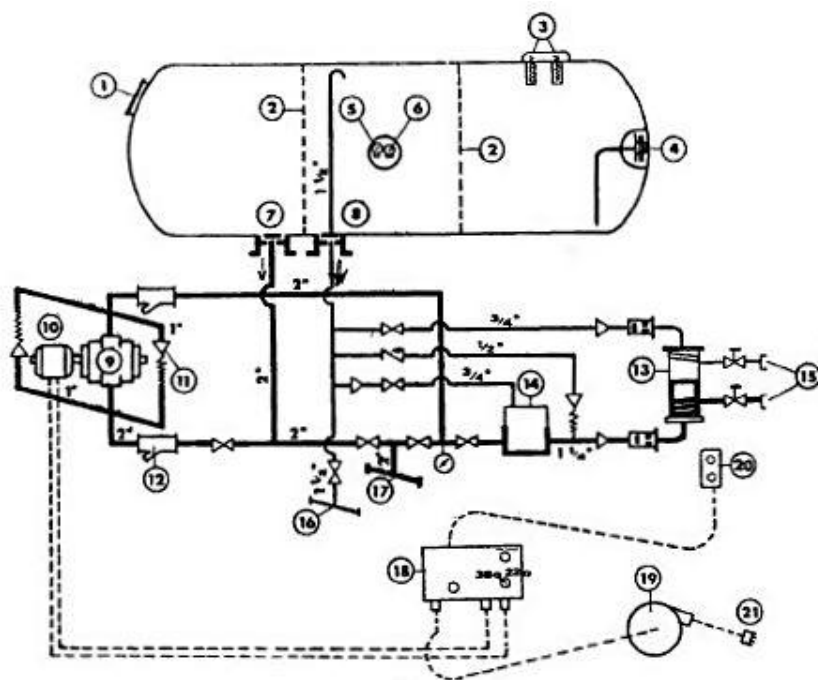
На сл. 39 е прикажана автоцистерна за транспорт на 20 t ТНГ. На цистерната се наоѓа отвор за ревизија, работниот притисок изнесува 20 bar, а се испитува на 30 bar.

- на горната изводница на цистерната се поставени два сигурносни ventили со притисок на отварање од 20 bar, и секој со капацитет од  $310 \text{ m}^3/\text{min}$ . Истотака се поставени и термометар, манометар и ротациони мерачи на ниво.
- запорните ventили за течна и парна фаза се опремени со ventили против кршење на цевките.
- на цистерната е монтирана електрична пумпа од типот "SMITH" MC3, со капацитет од  $18 \text{ m}^3/\text{h}$  со  $n = 1450 \text{ vrt}/\text{min}$  со комплетна електрична инсталација за приклучок на надворешна електрична мрежа. Моторот изнесува 3,2 KS,  $1450 \text{ vrt}/\text{min}$ , 220/380 V.
- цевководната инсталација е опремена со соодветен број на сигурносни ventили и ventили против кршење на цевките.

"Gas de France", користи авто-цистерни дистрибутери со капацитет од 5 t. Некои основни карактеристики на оваа цистерна се:

- погон дизел мотор со моќност од 110 KS
- капацитет на цистерната, должина 7,63 m, и дијаметар 1,50 m
- електро-пумпа со капацитет  $5,85 \text{ m}^3/\text{h}$  со  $n = 1450 \text{ vrt}/\text{min}$ , со мотор од 1,6 KS, 220/380 V.
- приклучок за тесна фаза 1", за парна фаза 1/2".
- флексибилни цевки со должина 10m, намотани на макара.

Шемата на цевната инсталација и опремата на оваа цистерна дадена е на сл. 40. Полнењето и празнењето на авто-цистерната со ТНГ најчесто се врши со помош на сопствената пумпа.



**Legenda:**

- 1 Revizionni otvor
- 2 Pregrada
- 3 2 sigurnosna ventila
- 4 Rotacioni mjerač nivoa
- 5 Termometar
- 6 Manometar
- 7 Ventil protiv loma cijevi
- 8 Ventil protiv loma cijevi
- 9 Pumpa
- 10 Elektromotor pumpe
- 11 Prekotlačni ventil
- 12 Filter
- 13 Bubanj za fleksibilne cijevi
- 14 Mjerač protoka

- 15 »Brzi« priključci fleksibilnih cijevi
- 16 Priključak za ispuš t.f. TNP
- 17 Priključak za ispuš p.f. TNP
- 18 Elektrokomandna kutija
- 19 Bubanj za električni kabl
- 20 Prekidači
- 21 Električni priključak

- cjevovodi t.f.
- cjevovodi p.f.
- - - - - električne veze

**Слика 40. Шема на цевководната инсталација и опрема на авто-цистерна - дистрибутер (Gas de France)**

### 8.3. Бродови-танкери за ТНГ

Овој транспорт добива посебен развој после Втората Светска Војна. Првиот брод-танкер за транспорт припаѓал на американската компанија и пуштен е во сообраќај во 1947 година. Овој транспорт се покажал како доста ефтин и затоа потоа се проширил и како езерски и речен транспорт. Танкерот всушност претставува склоп од повеќе резервоари меѓусебно поврзани и прицврстени на заедничко лежиште во бродското корито.

Резервоарите се опремени со соодветна запорна, сигурносна и мерна опрема како и со средства за преточување и складирање. Покрај погонските и навигациските уреди, секој танкер за ТНГ е опремен со опрема која се бара според постојните прописи за воден транспорт.

Преточувањето се врши аналогно како и при вагон и авто-цистерните. При поголеми капацитети се употребуваат компресори кои се монтирани на обалата. Компресорите ја потискаат парната фаза на ТНГ од обалните складишта (резервоари) во танкерските резервоари, од нив истекува течната фаза на ТНГ, кога сиот течен ТНГ од танкерот е преточен во резервоарите на обалата, тогаш со помош на реверзибилното дејство на компресорот се евакуира и останатата количина на парниот ТНГ.

Во последно време се градат специјални ТНГ танкери за транспорт на пропан на температура од  $-50^{\circ}\text{C}$ .

Со специјални уреди пропанот се лади, и тој на таа температура се наоѓа во течна состојба при атмосферски притисок. На овој начин се транспортираат поголеми количини пропан т.е ТНГ, бидејќи сега не се потребни за транспорт резервоари под дејство на притисок, а безбедноста на транспортот е поголема.

На сл. 41 е прикажан јапонски танкер за ТНГ.



*Слика 41. Танкер за ТНГ*

#### **8.4. Транспорт низ цевководи**

За транспорт на големи количини на ТНГ, помеѓу производителите и потрошувачите се употребува како најекономичен транспорт низ цевководи. Се што е речено предходно, т.е при транспортот на природниот и градскиот гас низ цевководи истовремено се однесува и за транспорт на ТНГ.

#### **8.5. Боци**

Боците претставуваат мали челични садови со цилиндричен облик за сместување и транспорт на ТНГ, а претежно се користат во домаќинството при мали

индустриски занаетчиски потрошувачи. Тие се полнат во т.н станици за полнење (полништа), а се транспортираат со камиони или вагони.

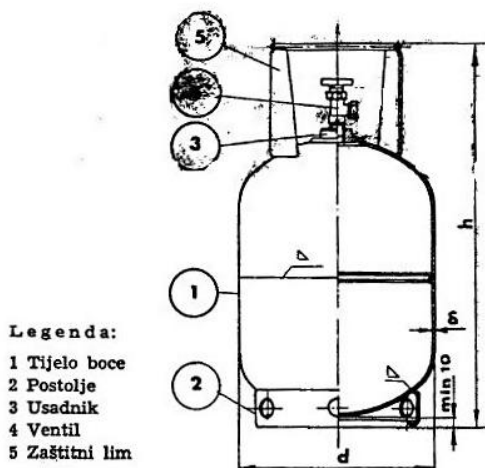
При користењето, директно се поставуваат на потрошувачките уреди и се ползува гасната фаза на ТНГ.

Боците за ТНГ се изработуваат према определени национални стандарди со кои се дефинираат: обликот, димензиите, материјалот и изработката, означувањето, полнењето, арматурата и испитувањето.

Спрема бившо југословенските стандарди, заварените челични боци за ТНГ спрема капацитетот се делат на 7 типови боци: од 1; 2; 5; 10; 15; 25; и 35 килограми и се дефинирани со соодветен стандард.

Боците од 10 килограми најчесто се ползуват во домаќинствата, а од 15, 25 и 35 во малите индустриски погони, угостителството и занаетчиството.

Најчесто се употребуваат боци од 10 килограми со облик прикажан на сл. 42. Основни карактеристики на боците од 10 килограми, дадени се во табелата 11.

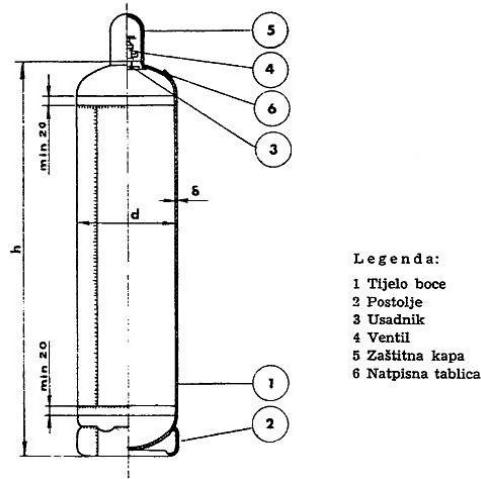


Слика 42. Челична боца за ТНГ со капацитет од 5 и 10 kg

Табела 11. Карактеристики на челични боци за ТНГ со капацитет од 5 и 10 kg

Nazivno punjenje (masa plina) kg	Spoljni prečnik d mm	Visina h najviše mm	Debljina lima δ mm	Zapremina litara	Masa boce kg
5	260	450	2,5	12,35	8,80
10	300	590	5	24,70	12,68

Боците од поголем капацитет имаат дијаметар 260 до 350 mm, височина 1080 mm (слика 43 и табела 12).



Слика 43. Челична боца за ТНГ со капацитет од 15, 25 и 35 kg

Табела 12. Карактеристики на челични боци за ТНГ со капацитет од 15, 25 и 35 kg

Nazivno punjenje kg	Spoljni prečnik d mm	Visina h mm	Debljina lima δ mm	Zapremina litara	Težina <sup>1)</sup> kg
15	260	800	2,5	35,5	19,5
25	304	1010	3,0	59,0	26,0
35	350	1080	3,5	87,0	

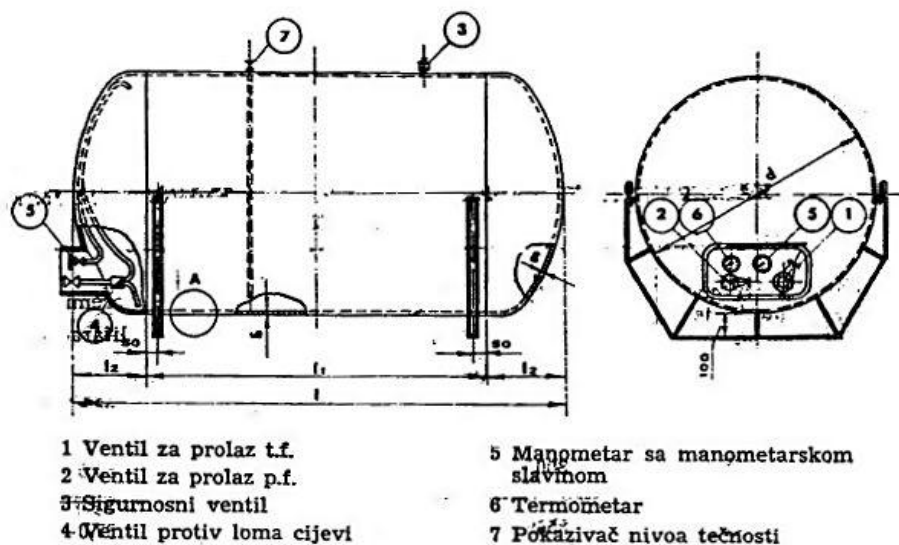
<sup>1)</sup> Težina obuhvata kompletnu bocu sa ventilom i svima na nju pričvršćenim dijelovima, ali bez zaštitne kape.

Секоја боца се состои од тело, постоље, насадник, вентил и заштитен лимен капак. Во насадникот, поставен во грлото на телото на боцата се поставува вентил.

## 8.6. Преносни резервоари

Преносните резервоари (контејнери) се садови специјално направени и опремени за транспорт и скадирање на ТНГ со капацитети од 250; 500; 1000; и 2000 кила. Се полната во центри за полнење на ТНГ, се транспортираат со класични средства за транспорт до потрошувачите, каде што се поставуваат на соодветни места. Се приклучуваат на цевководна инсталација за развод на ТНГ од резервосарот до потрошувачот.

Обликот и конструкцијата на преносен резервоар се дадени на сл. 44, а основните димензии и карактеристики во табелата 13.



Слика 44. Преносен резервоар за ТНГ

Преносните резервоари се со цилиндричен облик и се изработуваат како стабилни резервоари од челичен лим со електролачно заварување. Хидраулично испитување им се врши на притисок од 25 bar.

Запорната, мерната и сигурносната арматура мора да одговара спрема одредени стандарди и технички прописи.

За време на полнењето на резервоарот мора да се води сметка за максималното дозволено полнење. Спрема стандардите максималното полнење е:

- а) 2,47 lit од волуменот на резервоарот за секој килограм пропан или мешавина пропан-бутан
- б) 2,12 lit од волуменот на резервоарот за секој килограм бутан.

При складирањето, резервоарите мораат така да бидат сместени, да бидат заштитени од директното дејство на сончевите зраци. Потрошувачите можат да користат сервиска врска од најмногу 5 резервоари, чија вкупна запремина не преминува  $15 m^3$ .

Табела 13. Основни карактеристики на преносни резервоари за ТНГ

Nazivno punjenje kg	d +0,5% -0,25%	±5	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	δ		Masa kg		Zapremina litara	Najveće dozvoljeno punjenje kg	
					za C.1208	za C.0562	za C.1206	za C.0562		propana ili mješavine propan-butana	butana
250	800	1.520	1.000	260	9	6	320	220	618	250	291
500	1.000	1.940	1.320	310	11	7	600	380	1.235	500	582
1.000	1.200	2.600	1.880	360	13	8	1.120	700	2.470	1.000	1.164



## 8.7. Стабилни (фиксни) резервоари

Стабилен резервоар за ТНГ претставува секој затворен сад изработен и одобрен спрема важечки стандарди и прописи, кој се поставува на соодветно постоље-носач.

Можат да бидат надземни и подземни. Конструкцијата, изборот на локацијата, поставувањето, опремата и заштитата од пожари на стабилните резервоари мора да биде во склад со важечкиот правилник и технички прописи за изградба на постројки за ТНГ.

### 8.7.1. Надземни резервоари

Се делат на цилиндрични и топчести. Цилиндричните резервоари најчесто се поставуваат во хоризонтална положба, наслонети на 2 или повеќе бетонски темели-носачи. Топчестите резервоари се со многу поголем капацитет.

#### 8.7.1.1. Цилиндрични резервоари

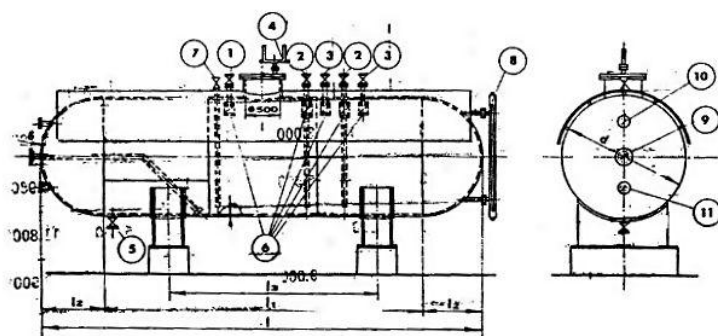
Со стандард се пропишува дека цилиндричните резервоари можат да бидат со краеви во облик на длабоко пресувани данциња или со полутопчести краеви. Обликот, димензиите и опремата на резервоарите дадени се на сл. 45, а димензиите, масата и износот на полнењето во табелата 14.

Резервоарите се прават со електрично заварување. За отстранување на внатрешните напони во материјалот настанати при заварувањето се врши "оджарување" ( $650^{\circ}\text{C}$ ). резервоарот се испитува со ладен воден притисок од 25 bar. На себе секој резервоар мора да има натпис "запалив гас", со црвена боја. Сите резервоари треба да се опремени со опрема за затварање, со мерна и сигурносна арматура - спрема соодветните стандарди.

Секој резервоар треба да има ревизионен отвор со  $\Phi 500$  mm. Сите резервоари поставени на отворен простор мора да се покријат со заштитен лим за да се избегне директното дејство на сончевите зраци.

ТНГ во нормална состојба не е корозивен, не се применува заштита на внатрешните површини додека надворешните се заштитуваат со антикорозивни премачкувања.

Хоризонталните цилиндрични резервоари се поставуваат нагиб од 0.5 до 1 % спрема отворот за дренажа. Опремени се со метални скали со ограда.



Rezervoar za TNP (JUS M.Z2.600)

Legenda:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1 Ventil za vezu rezervoara      | 7 Mehanički pokazivač nivoa tečnosti   |
| 2 Ventil za prolaz tečne faze    | 8 Vodokazno staklo                     |
| 3 Ventil za prolaz plinske faze  | 9 Magnetski pokazivač nivoa tečnosti   |
| 4 Ventil sigurnosti              | 10 Manometar sa manometarskom slavinom |
| 5 Ventil za ispuštanje nečistoće | 11 Termometar                          |
| 6 Ventil protiv loma cijevi      |  |

Слика 45. Резервоар за ТНГ

Табела 14. Основни карактеристики на цилиндрични резервоари за ТНГ

Zapremina m <sup>3</sup> ±5%	d +0,25% -0,25%	l	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	δ		Masa kg		Najveće dozvoljeno punjenje kg	
						za C.1206	za C.0562	za C.1206	za C.0562	propana ili mješavine propan-butana	butana
10	1.600	5.870	4.170	850	3.000	12	9	2.800	2.100	4.050	4.720
30	2.200	8.975	6.675	1.150	5.500	16	12	7.830	5.830	12.150	14.150
60	2.800	10.900	8.000	1.450	6.500	20	15	15.100	11.340	24.300	28.300
100	3.000	15.500	12.400	1.550	9.000	22	16	22.900	16.700	40.500	47.200

### 8.7.1.2. Топчести резервоари

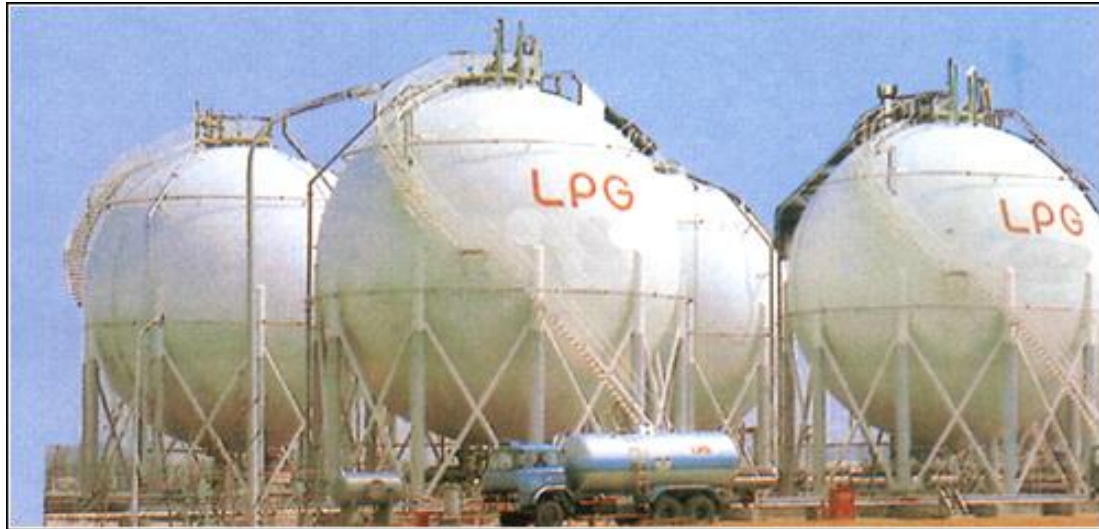
Се употребуваат за складирање на големи количини на ТНГ, во рафинерии, дегазолинажи, централни дистрибуциони складишта. Во однос на цилиндричните резервоари, ги имаат следните предности:

- поради совршениот геометриски облик - распоредот на притисокот е изедначен, бараат помалку материјал.
- се намалува бројот на запорната арматура, мерната и сигурносната опрема.
- теренот (просторот) кој го завземаат многу е помал него соодветниот потребен за цилиндрични резервоари со ист капацитет.
- имаат помали и поедноставни темели
- поради поголемите капацитети се сменуваат експлоатационите трошоци.

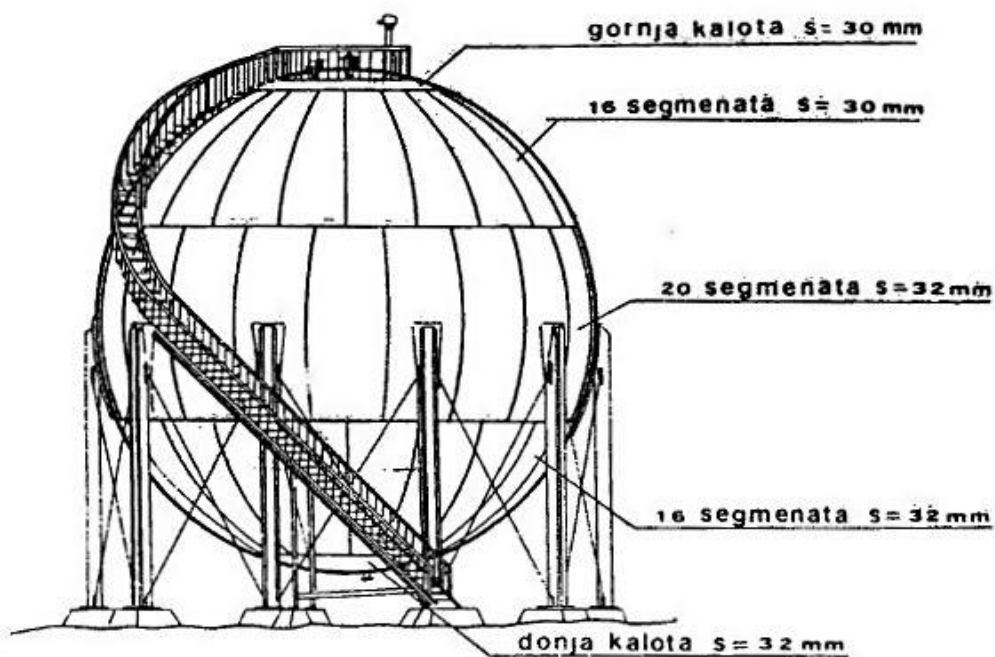
На сл. 46, прикажан е топчест резервоар за складирање на ТНГ. На сл. 47 е прикажан топчест резервоар за складирање бутан со капацитет од 1000 m<sup>3</sup>, со работен

притисок од 7,33 bar, а испитни 11 bar. Резервоарот се потпира на 10 потпори, на горната и долната калота се поставени ревизиони отвори  $\Phi$  500 mm.

Надворешниот дијаметар изнесува 12,5 m а вкупната тежина 132,3 t. Во табелата 15 се дадени карактеристики за топчести резервоари за бутан и пропан.



Слика 46. Топчести резервоари за ТНГ



Слика 47. Топчест резервоар за складирање на бутан со капацитет од  $1000 \text{ m}^3$

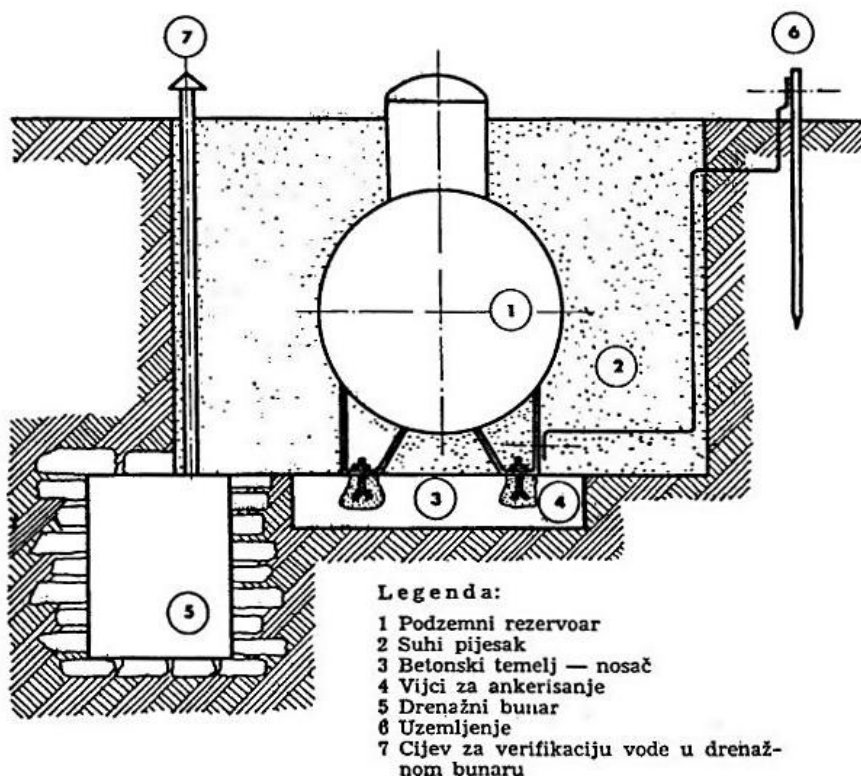
Табела 15. Основни карактеристики на топчести резервоари (Технир-Франција)

Капацитет m <sup>3</sup>	Пречник m	Број ослонаца	Пribлизна тежина резервоара у тонaма	
			butan	propan
250	7.870	6	35,2	—
300	8.360	8	42,0	52,6
400	9.200	8	55,6	—
500	9.900	8	69,7	—
800	11.600	8	104,6	130,4
1.000	12.500	10	132,3	162,2
1.200	13.270	10	158,2	—
1.500	14.300	12	198,2	—

### 8.7.2. Подземни резервоари

Се дефинираат како потполно закопани резервоари или резервоари поставени во комори чие ниво на покривката се наоѓа најмалку 60 cm под нивото на теренот. Конструкцијата и опремата на подземните резервоари е иста како и при надземните. Сета опрема се монтира на горната изводница и се поставува во заштитно окно изработено од метал или бетон, снабдено со капак и брава. На сигурностните вентили поставени се цевки за одвод. За подземните резервоари поставени во комора важат истите услови како за езервоарите вкопани во земја. За нив треба да се обрне внимание околу поставувањето на соодветна вентилација.

На сл. 48 е прикажано едно решение на подземен резервоар.



Слика 48. Поставување на подземен резервоар за ТНГ

## 8.8. Природни складишта

Брзиот пораст на производството на ТНГ, по втората Светска Војна барал големи и евтини складишта. Топчестите резервоари се градат до капацитет од 25000  $m^3$ , но биле скапи. Во 1954 година во САД е пуштено првото подземно складиште-сместено во окно од рудник. Во него се складираше 8000 галони пропан. Оттогаш природните подземни капацитети (напуштени руднички окна, пештери, тунели, рудници на сол и сл.), стануваат најекономските облици за складирање на ТНГ со големи капацитети. Се смета дека се економски оправдани оние природни-подземни складишта кои имаат капацитет преку 5000  $m^3$ .

Се разликуваат две видови на подземни складишта за ТНГ.

- подземни складишта под околни услови
- подземни складишта на многу ниски температури

Изборот на складиштето е во директна спрега со максималната сигурност. Тлото треба да биде непропустливо. Комплетната инсталација за манипулација и преточување на ТНГ се наоѓа над земја.

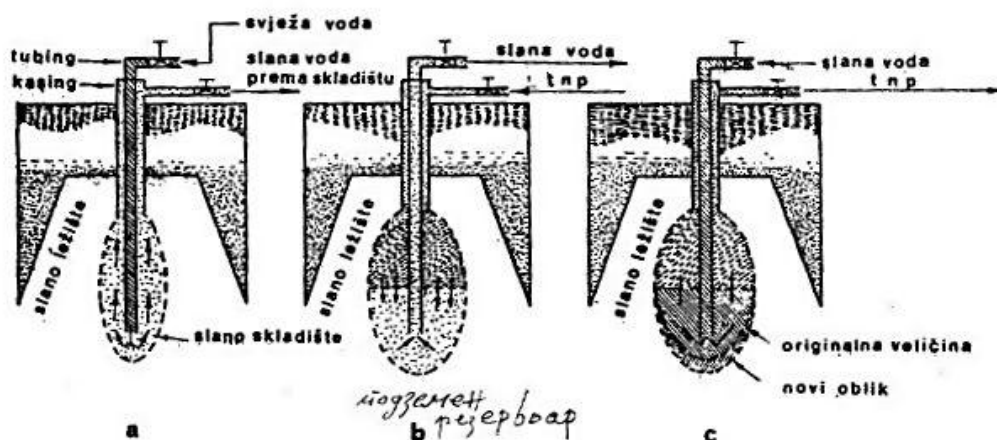
### 8.8.1. Подземни складишта при услови на околината

Се подразбира складирање на ТНГ на околна температура. Овие складишта можат да бидат:

- природни (пештери, стари бунари и др)
- капацитети направени во лежишта на сол
- напуштени рудници, тунели, каменоломи и др
- нови вештачки подземни резервоари.

Од сите складишта од овој тип најекономични се покажале складиштата изградени во лежиштата за сол.

Основните операции за нивно градење се покажани на слика 49.



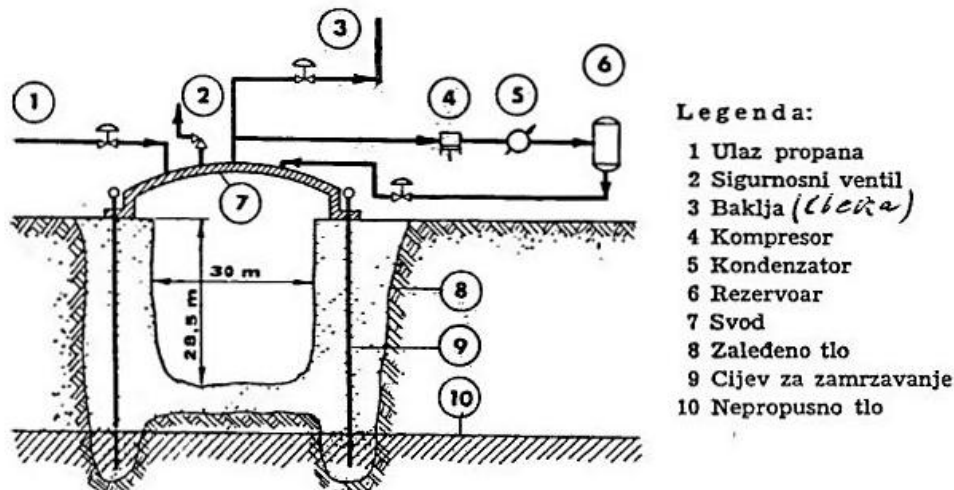
Слика 49. Принципиелна шема на формирање на подземно складиште за ТНГ во лежишта на сол

Во соленото лежиште, од површината се инјектира вода низ централна цевка (бунар-tubing), која ја раствара солта, ја претвора во солена вода и излегува надвор (цртеж под а). На овој начин се ствара простор (капацитет) внатре во лежиштето исполнето со солена вода. После стабилизирање на солената вода, се втиснува ТНГ, кој ја исфрла водата низ централниот отвор. Така се формира подземниот резервоар (цртеж под б). Ако е потребно, ТНГ може со обратна постапка да се исфрли од лежиштето (цртеж по ц)

### 8.8.2. Подземни складишта на многу ниски температури

Прво вакво складиште е изградено во 1963 година. Се покажало дека (посебно на терените со слаба носивост) е поевтино да се градат складишта во облик на јами обиколени (обложени) со челични или армирано-бетонски сводови, во однос на надземните стабилни складишта.

Складиште од овој тип, со капацитет од  $25000 \text{ m}^3$  пропан прикажано е на сл. 50.



**Слика 50. Подземен резервоар за пропан во облик на јама со свод и ѕидови од замрзнато тло**

Од сликата се гледа дека вкупниот обем на јамата како и дното, се замрзнати со соодветен разладен систем. Сводот е направен од пренапрегнатиот бетон. Загубите на ТНГ од пропуштање се сведени на минимум (околу 0,2% од складираниот волумен).

## 9. РЕГУЛАТОРИ НА ПРИТИСОК

### 9.1 Задача и поделба

Основна задача на регулаторите на притисок е да одржуваат константен притисок на определено место од гасоводната инсталација, независно од промената на капацитетот и притисокот пред регулаторот. Ваков константен притисок е можно да се одржува преку подесување на протокот. На тој начин регулаторите на притисокот вршат две финкции:

- одржуваат константен притисок на гасот
- ја подесуваат количината на протокот на гасот према променливите потреби на потрошувачите.

Во зависност од капацитетот, почетниот и крајниот притисок, местото на поставување и намената, регулаторите на притисокот меѓусебно се разликуваат по својата консрукција, облик и димензии.

Према принципот на работа, регулаторите се делат на две главни групи:

- регулатори со директно дејство
- регулатори со индиректно

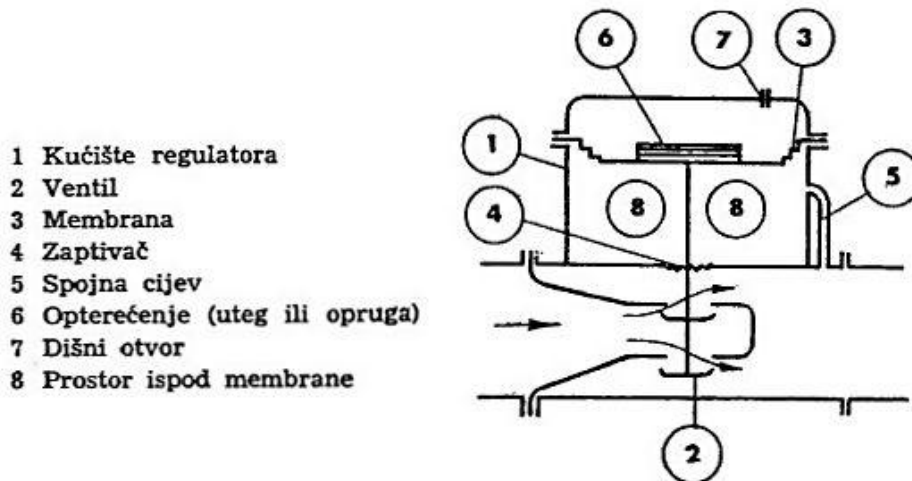
При регулаторите со директно дејство промената на излезниот притисок на гасот ствара сила која е потребна за реализација на регулацијата. На сл. 51 е прикажана едноставна шема на регулатор на притисок.

Основни делови се: куќиште на регулаторот (1), вентил (2), мембрана (3), механичко оптеретување на мембраната (6).

Под дејство на оптеретувањето 6 и сопствената тежина, мембраната заедно со вентилот се спушта и формира отвор за минување на гасот. Поради тоа зад вентилот доаѓа на постепено зголемување на притисокот. Таков притисок се пренесува преку спојната цевка (5) во просторот под мембраната (8), дејствува на мембраната со дејство спротивно од дејството на оптеретувањето и на вентилот: мембраната со вентилот се спушта се до моментот на стварање на притисок позади регулаторот во износ на урамнотежување со дејството на оптеретувањето и вентилот. Со понатамошно зголемување на притисокот на гасот позади регулаторот доаѓа до поголем притисок под мембраната, затоа таа се крева нагоре, а истовремено го смалува отворот на вентилот, односно го затвора.

Во спротивен случај кога се смалува притисокот позади регулаторот, мембраната се спушта надолу и го отвара вентилот на регулаторот, со што се зголемува протокот на гасот низ регулаторот и доаѓа до зголемување на притисокот на гасот.

На овој начин промената на излезниот притисок се пренесува на мембраната, која се подига или спушта повеќе или помалку, го отвара вентилот и на тој начин остварува регулација на износот на притисокот.



**Слика 51. Шема на работа на регулатор на притисок со директно дејство**

При регулаторите со индиректно дејство, промената на излезниот притисок директно не дејствува на мембраната, т.е директно не ствара сила потребна за регулација. Овие регулатори работат со помош на надворешни енергетски извори: пнеуматски (воздух или гас), хидраулички (масло или друга течност). Со нив, промената на излезниот притисок дејствува на командниот елемент преку кој се вклучува дејство на надворешен извор на енергија, со кој се реализира бараната регулација на притисокот.

Регулаторите со директно дејство се помалку осетливи од оние со индиректно. И покрај послабите карактеристики, регулаторите со директно дејство имаат поголема употреба при помали индустриски и други потрошувачи, поради едноставната конструкција, едноставното ракување и пониската цена на чинење.

Во зависност од врстата на оптеретување на мембраната, регулаторите се делат на три групи:

- со тежинско оптеретување
- со пружина
- со оптеретување како последица на притисок на масло

Во последно време поголема употреба имаат регулаторите од третата група.

Според исносот на работниот притисок регулаторите се делат на :

- а) регулатори на висок притисок, т.е регулатори од прв степен, наменети за регулација на гасната фаза на ТНГ од работен притисок 6,7 bar на износ од 1 bar.
- б) регулатори на низок притисок т.е регулатори од втор степен, за редуција на гасната фаза на ТНГ од излезен притисок на регулаторот од прв степен на притисок на кој работи потрошувачот.
- в) регулатори за притисок на ТНГ во инсталации со боци

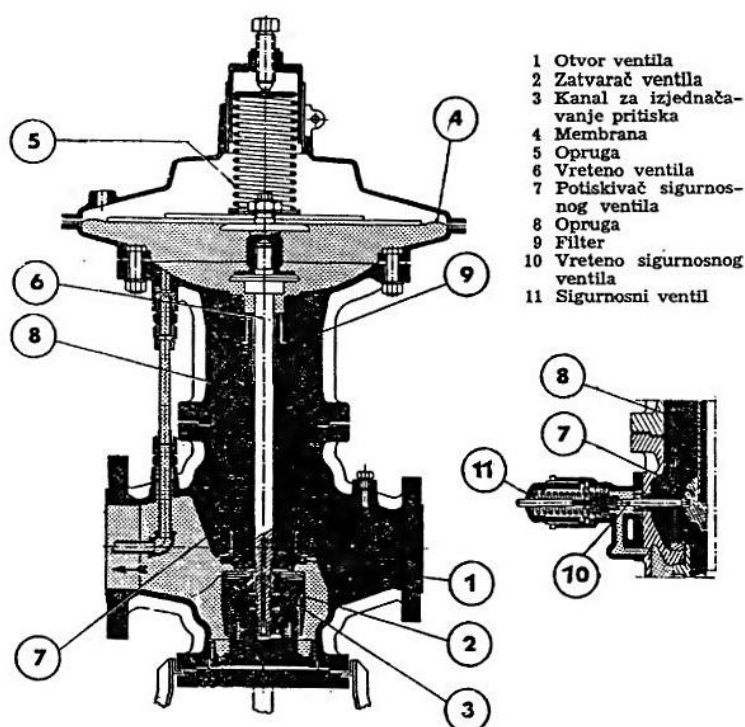


## 9.2 Регулатори од прв степен (со висок притисок)

На сл. 52 е прикажан класичен тип на регулатор за висок притисок, за инсталации од поголем капацитет. Овие регулатори се од општ карактер на примена, т.е за природен гас компримиран воздух и други индустриски гасови.

Принципот на работа му е идентичен со оној на шемата сл. 51. Поради високиот работен притисок, на регулаторот е вграден сигурносен вентил (позиција 11), кој се активира за случај на зголемување на притисокот на гасот над дозволениот. Капацитетот на овие регулатори се движи и до  $30000 \text{ m}^3/\text{h}$  гас.

На сл. 53 е прикажан цртеж на регулаторот од типот INZ-RTA, за капацитет од 100 - 3500  $\text{m}^3/\text{h}$ . Тоа е регулатор со мембрана и пружина. Основните карактеристики му се дадени во табела 16 а димензиите во табела 17.



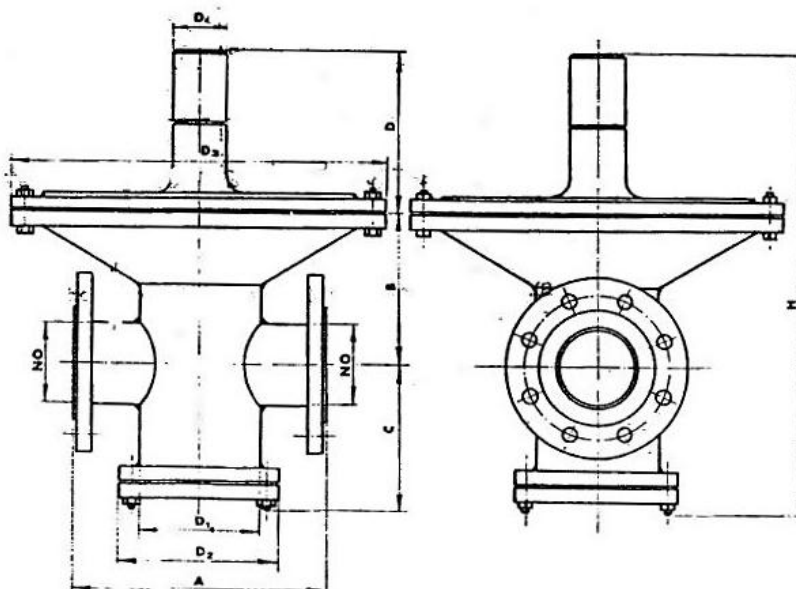
Слика 52. Регулатор за висок притисок, тип RHP (CDC-Франција)

Табела 16. Карактеристики на регулаторот на притисок INZ-RTP

KARAKTERISTIKE REGULATORA PRITISKA INZ-RTP						
Regulator INZ-tip	(Nm <sup>3</sup> /h) Protok		Ulazni pritisk (Kp/cm <sup>2</sup> )		Izlazni pritisk mm V.S.	
	Q min	Q max	P1 min	P1 max	P2 min	P2 max
RTP-1	100	500	0,5	10	300	5000
RTP-2	500	3500	0,6	10	300	5000

Табела 17. Основни димензии на регулаторот на притисок INZ-RTP

Regulator INZ-tip	A	B	C	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	H
RTP-1	280	170	165	185	140	180	400	60	520
RTP-2	400	220	200	185	160	200	400	60	605



Слика 53. Регулатор на притисок, тип INZ-RTP (Industroproekt-Zagreb)

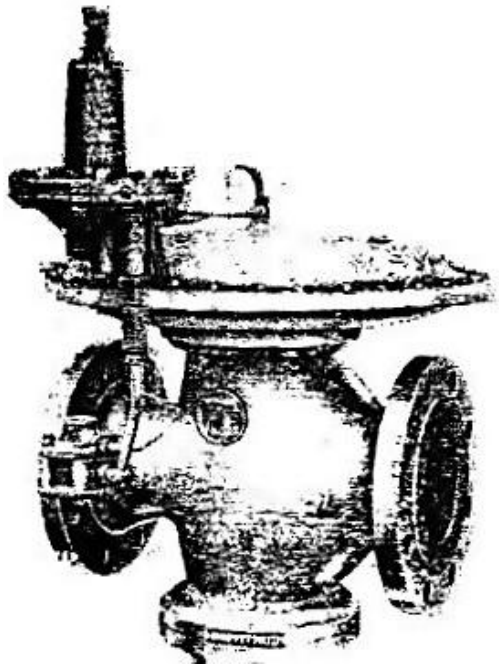
### 9.3. Регулатори од втор степен (низок притисок)

Регулаторите од првиот степен се поставуваат на главните цевководи на гасната фаза на ТНГ, позади испарувачот, т.е вршат сервисирање (регулирање) на целата гасна инсталација. Затоа тие се со поголем капацитет. Од друга страна, регулаторите од вториот степен се врзуваат (приклучуваат) на капацитетите на еден или повеќе потрошувачи. На сл. 54 е прикажана фотографија на т.н "пилот-регулатор" наменет за регулација на системите со среден и низок притисок

Основна карактеристика е неговата исклучително точната регулација на притисокот, која се постигнува со взаемна врска помеѓу основниот регулатор (извршниот механизам) и помошниот регулатор (команден уред или пилот) кој е мнотиран на основниот регулатор. Со цел голема прецизност во регулацијата на излезниот притисок овој тип на регулатор се употребува во индустриските инсталации, а специјално при напојувањето на печките каде што се бара висока точност на регулацијата. Основните карактеристики на регулаторот кои го прават прецизен во работата се:

- еластичност (прилагодување) во работата при минимален и максимален капацитет
- остеливост и при мали промени на притисокот (поседува мембрана со поголема површина)

- потполно заптивање на вентилот при негово затварање (при прекин на испорака на гас)



Слика 54. Регулатор на притисок тип RRS(Тартарини - Италија)

Во своите каталози производителите на регулатори ги даваат основните карактеристики и димензии на своите производи. Капацитетот најчесто се дава врз база на почетните параметри на падот на притисокот и густината на гасот, за кои се дава табеларен, односно номинален капацитет. За точно определување на капацитетот на регулаторот при други падови на притисокот и други видови на гасот (друга густина), може да се примени следната равенка:

$$Q = 3,3A p_1 \varphi \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$$

каде што се:

$Q_{ном}$  =  $A$  - номиналниот (табеларен) капацитет [ $m^3/h$ ]

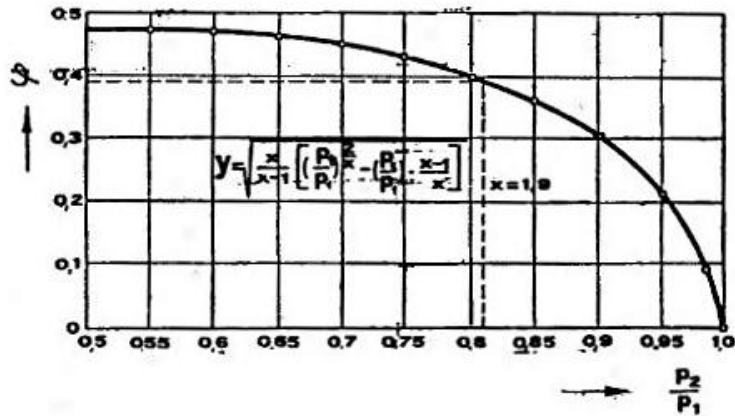
$p_1$  - влезен апсолутен притисок [bar]

$\rho_0$  - густина на номинален (табеларен) гас при нормален притисок, [ $kg/m^3$ ].

$\rho$  - густина на стварниот (вистинскиот) гас при нормални услови, [ $kg/m^3$ ].

$\varphi$  - коефициент, функција од односот  $\frac{p_2}{p_1}$ , кој се одредува по дијаграм - сл. 55

$p_2$  - излезен апсолутен притисок [bar]



Слика 55. Зависност на коефициентот  $\varphi$  од односот  $p_2/p_1$  при  $x=1,3$

Користењето на наведените формули и дијаграми е објаснето во следниот пример.

**Пример:**

Да се определи капацитетот на регулаторот X при влезен притисок од 1 бар и излезен притисок од редукторот 0,91 бар. Гасот е ТНГ со  $\rho = 2,06 \text{ kg/m}_n^3$ .

**Решение:**

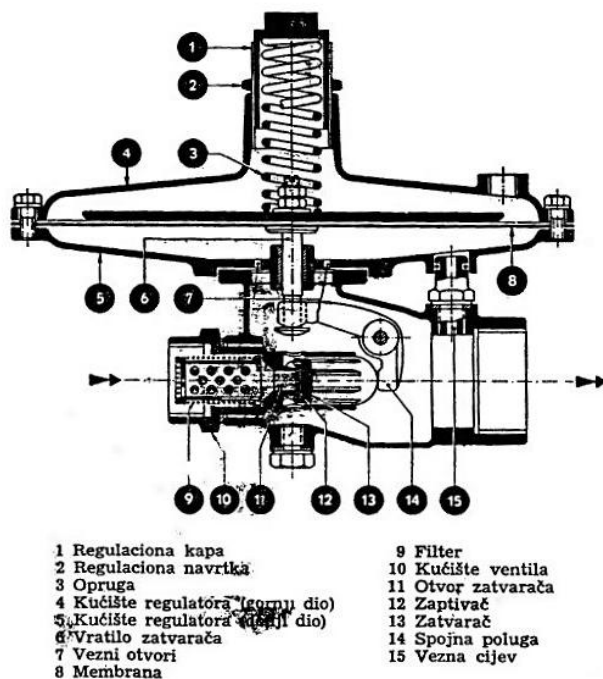
Нека во табелата на производителот е наведено дека регулаторот X има номинален капацитет  $A=1300 \text{ m}_n^3/h$ ; пресметан е на пад на притисок  $\Delta p=10000 \text{ Pa}$  и има густина,  $\rho_0=1,0 \text{ kg/m}_n^3$ .

За коефициентот  $\varphi$ , односно  $\frac{p_2}{p_1} = 0,81$ , од дијаграмот (сл. 55) се наоѓа  $\varphi = 0,39$ .

Со замена на вредностите на равенката, за капацитетот на регулаторот се добива:

$$Q = 3,3 \cdot 1300 \cdot 1 \cdot 0,39 \cdot \sqrt{\frac{1}{2,06}} = 1180 [\text{m}_n^3/h].$$

На слика 56 е прикажан најчесто употребуваниот регулатор на притисок од втор степен за индустриски и други потрошувачи. Поседува капацитет од  $200 \text{ m}_n^3/h$ .



Слика 56. Регулатор на притисок од втор степен, *mun Stand (Fiorentini-Италија)*

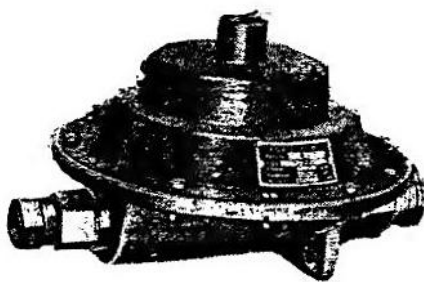
#### 9.4. Регулатори на притисок за ТНГ на инсталации за боци

За случај на инсталации кога боците се поставуваат во батерии-составени од повеќе боци (шишиња), за редуција од работниот притисок на притисок од 5000 Pa се користат регулатори на притисок со мембрана и со пружина (Griesheim-Frankfurt-слика 57).

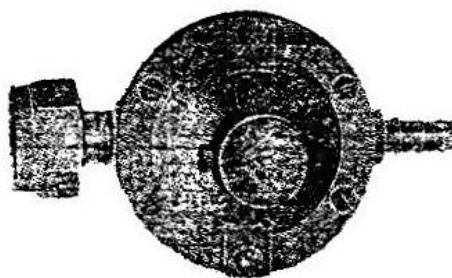
Влезниот притисок изнесува од 1 до 10 bar, излезниот 5000 Pa, а капацитет до 24 [kg/h].

За потрошувачите во домаќинствата се користат регулатори со мал капацитет кои вршат редуција на притисокот на гасот од боцата на притисокот на потрошувачот. Најчеста изведба на овие регулатори е прикажана на сл. 58 (Багат-Задар). Тие се монтираат на самите боци, а врската со потрошувачот е со гумено црево навлечено на излезниот отвор на регулаторот.

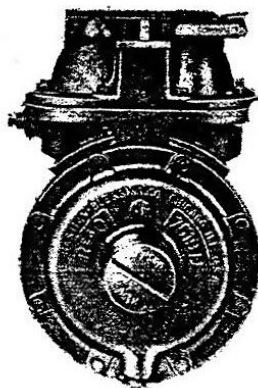
Во случај да се користи систем од две боци, монтирани надвор од станот, на колекторскиот вод се поставува регулационен уред составен од регулатор од прв и втор степен (слика 59).



Слика 57. Регулатор на притисок со капацитет од 24 kg/h



Слика 58. Регулатор на притисок P-37 и P-38 за мали потрошувачи



Слика 59. Уред за регулација во систем со боци, тип Certimatic (САД)

### 9.5. Погонски проблеми на регулаторите

Честа причина за нередовна работа на регулаторите е нивното замрзнување, поради појава на бара, т.е влага во ТНГ. Сувиот ТНГ поминувајќи низ регулаторот не може да замрзне. Проблеми насатануваат кога во ТНГ има траги на влага.

Кога гасот експандира, во регулаторот доаѓа до пад на температурата. Затоа доаѓа до ладење на вентилот под температурата на околината, па влагата од ТНГ се претвора во мразни кристали кои поштепено се шират и го освојуваат вентилот. (т.е. го намалуваат и потоа затвораат потполно протокот на гас низ регулаторот).

Температурниот пад на гасот при неговата експанзија во регулаторот е висок (табела 18). Истата е дадена за пропан, со регулација на излезниот притисок на 2750 Pa и при максимален капацитет.

Табела 18. Минимална излезна температура на регулаторот на притисок при работа на максимален капацитет и излезен притисок од 275 mm H<sub>2</sub>O

Ulazni pritisak (kp/cm <sup>2</sup> )	Ulazna temperatura (°C)	Izlazna temperatura (°C)
12,92	+37,8	+11,7
6,46	+15,6	— 1,1
4,43	+ 4,4	— 7,8
2,88	— 6,7	—15,0
1,69	—17,8	—23,3

Лоша карактеристика на ТНГ е во тоа што гасната фаза содржи во себе повеќе влага него течната фаза. Табелата 19 покажува однос на процентуалната содржина на вода во парната и течната фаза на пропан.

Извори на влага во ТНГ:

- во рафинерскиот процес на производство на ТНГ процентот на влага е поголем отколку во ТНГ произведен од природен (земен гас)
- водата која се акумулирала во средствата за транспорт на ТНГ го овлажува ТНГ
- после хидростатичко испитување се случува во резервоарите да остане извесна количина на вода
- влагата може да влезе и низ отворени вентили при празни резервоари, а потоа да ги овлажни сувите количини гас.

**Табела 19. Однос на процентуалната содржина на вода во парната и течната фаза на пропанот**

Температура	4,4	10,0	15,6	21,1	26,7	32,2	37,2
$\frac{\% \text{ вода во Г.Ф пропан}}{\% \text{ вода во Т.Ф пропан}}=a$	8,3	7,1	6,2	5,6	5,0	4,5	4,2