

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Транспорт флуида

Број индекса: 310/2015

Младен Б. Милосављевић

**Системи за транспорт и дистрибуцију
природног гаса и њихове техничко-технолошке
карактеристике**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

- Др Добрица Миловановић – **ментор**
- _____
- _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да прикаже системе за дистрибуцију природног гаса и њихове техничко-технолошке карактеристике. Потребно је да се опишу карактеристике самог гаса, као се опише комплетан процес транспорта гаса као и карактеристике система за транспорт.

У оквиру посебног поглавља је потребно објаснити функцију мерно-регулационих станица.

У склопу последње тачке рада је потребно објаснити начин на који се сагорева гас и користи у домаћинствима.

На крају рада дати закључак и преглед коришћене литературе.

Препоручена литература:

1. Божидар Прстојевић, *Дистрибуција природног гаса*, Рударско-геолошки факултет Београд, 2005.
2. Mane Šašić, *Transport fluida cevima*, Mašinski fakultet Beograd, 1990.
3. Јованчић П.: *Експлоатација и одржавање гасоводних система*, Скрипта са предавања, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009.

Крагујевац, јул 2017.

Ментор:

Др Добрица Миловановић

РЕЗИМЕ

У овом раду су приказани системи за транспорт и дистрибуцију гаса као и њихове техничко-технолошке карактеристике. Упознали смо историју примене гаса, његовим значајем у енергетској историји и тренутном стањем у коришћењу гаса на глобалном нивоу. Након тога, упознали смо се са ситуацијом око коришћења гаса у Србији. Приказане су физичко хемијске особине гаса. У посебној области говорило се о термодинамичкој моћи природног гаса. Након истакнутих одлика гаса као енергента и видова коришћења истог, исказани су проблеми са којима се истраживачи суочавају приликом лоцирања налазишта природног гаса. Начини и технике бушења које се примењују да би се дошло до овог енергента, како на копну тако и на мору. Даље се обрађује систем експлоатације природног гаса, односно опремање канала бушотине, како би иста била могућа. Објашњава се на који начин гас стиже од налазишта до крајњих корисника путем магистралних и дистрибуционих гасовада, као и који се процеси обраде гаса на том путу користе да би његова употреба била могућа. Пажња је посвећена и складиштима гаса, односно њиховој важности, уколико дође до настанка квара, који би спречио његову производњу или испоруку. На крају су дати елементи система за снабдевање природним гасом, тј. приказ ценовода, мерно-регулационих станица, уређаја за сагоревање гаса и инсталација у објектима крајњих корисника.

Кључне речи: природни гас, експлоатација, гасоводи, складиштење, дистрибуција.

ABSTRACT

This paper presents the systems for the transport and distribution of gas as well as their technical and technological characteristics. At the beginning of our work, we became acquainted with the history of gas utilization, its role in history, and the current situation regarding the use of gas. After that, we got acquainted with the situation regarding the use of gas in Serbia. Physical chemical properties of gas are shown. As a separate field, the thermodynamic power of natural gas is explained. After introducing gas analysis and utilization, the problems that researchers face when locating natural gas finds, as well as the drilling techniques used to reach this fuel, both on land and at sea, are presented. Further, the exploitation of natural gas is being processed, that is, the equipping of the well of the well to make it possible. It explains how the gas arrives from the site to the end users through the main and distribution pipelines, and which gas processing processes along that route are used to make its use possible. Attention is also paid to both gas storage and / or their importance if an incident occurs which would prevent its production or delivery. Finally, elements of the natural gas supply system, ie, Display of pipelines, measuring and control stations, gas combustion plants and installations in end-user facilities

Key words: natural gas, exploitation, pipelines, storage, distribution

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	6
1.1. Историја и улога природног гаса	7
1.2. Природни гас у енергетици света	11
1.3. Природни гас у енергетици Републике Србије	13
2. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРИРОДНОГ ГАСА	19
2.1. Особине природног гаса	19
2.2. Физичке карактеристике природног гаса	20
2.2.1. Густина природног гаса	20
2.2.2. Вискозност природног гаса	20
2.2.3. Критична температура, критичан притисак и критична запремина.....	21
2.2.4. Притисак и запремина природног гаса	21
2.3. Термодинамичке карактеристике природног гаса	22
2.3.1. Топлотна моћ природног гаса	22
2.3.2. Wobbe-ов број	23
2.3.3. Специфична топлота природног гаса	25
2.3.4. Joule-Thomson-ов ефекат	25
3. НАЛАЗИШТА ПРИРОДНОГ ГАСА.....	26
3.1. Класификација лежишта природног гаса	26
3.2. Испитивање налазишта природног гаса	27
а. Копнена (Onshore) сеизмологија.....	28
б. Сеизмологија на мору (Offshore)	28
3.3. Постројења за бушење	29
3.3.1. Постројење за бушење на копну	31
Ударно бушење.....	31
Ротационо бушење	31
3.3.2. Постројења за бушење на мору.....	32
3.3.3. Опрема за бушење	34
1. Елементи опреме канала бушотине.....	34
1. Пакери	35
4. СКЛАДИШТЕЊЕ ПРИРОДНОГ ГАСА.....	37
4.1. Начини складиштења.....	37

4.2. Подземно складиште гаса.....	38
4.2.1. Облици подземних складишта.....	41
а) Складиштење у гасна лежишта.....	41
б) Складиштење гаса у нафтна лежишта	42
в) Складиштење у аквифере	43
г) Складиштење у соним кавернама	43
д) Остали облици подземних складишта гаса	45
4.2.2. Праћење стања у подземним складиштима гаса	46
5. ДИСТРИБУЦИЈА ПРИРОДНОГ ГАСА	48
5.1. Подела гасовода.....	48
5.2. Типови дистрибутивних система према облику	50
5.3. Конструкција гасовода.....	51
5.3.1. Саставни делови гасоводног система и њихове технолошке карактеристике.....	51
Примопредајна места	52
Цевоводи	52
Компресорске и пумпне станице	52
5.4. Опис система дистрибуције гаса	53
Избор трасе гасовода	54
5.5 Хидраулички прорачун гасовода при изотермском струјању	55
5.5.1. Гасоводи ниског притиска.....	55
5.5.2. Гасоводи средњег и високог притиска.....	56
5.6 Детекција гаса.....	56
5.6.1 Заштита животне средине.....	57
5.6.2 Мере личне заштите	57
5.6.3 Надзор над спровођењем мера заштите	57
6. МЕРНО-РЕГУЛАЦИОНЕ СТАНИЦЕ	58
6.1. Подела мерно-регулационих станица.....	58
6.2 Главне мерно-регулационе станице (ГМРС)	59
6.2.1. Филтер	60
6.2.2. Догрејач гаса.....	61
6.3 Регулатор притиска.....	61
6.2.4. Блок вентил сигурности.....	61
6.2.5. Одушни вентил сигурности.....	62

6.2.1.	Мерач протока	62
6.2.1.	Термо-регулациони вентил	62
6.2.1.	Прикључци за телеметрију	63
6.10.	Потрошачке мерно-регулационе станице (МРС).....	63
6.10.	Кућне мерно-регулационе станице (КМРС).....	63
6.10.	Функционалне групе – подсклопови мерно-регулационих станица.....	64
6.10.	Остали карактеристични објекти на гасоводном систему	64
6.10.	Уређаји за сагоревање природног гаса (горионици)	66
6.7.1.	Врсте горионика за сагоревање природног гаса	66
6.8.	Димензионисање мерно-регулационе станице	69
6.9.	Кућни прикључци и инсталације	69
6.10.	Тип индивидуалног објекта	70
6.11.	Тип објекта-зграда	71
7.	ЗАКЉУЧАК.....	73
8.	ЛИТЕРАТУРА.....	75

1. УВОД

Све веће потребе у енергији, као и значајне промене које су се десиле и дешавају се на светском тржишту енергије и све већи утицај производње и потрошње енергије на животну средину, допринели су да се данас енергија разматра глобално због своје међузависности. Приступачност енергије и сигурност снабдевања је за све државе од животне важности, јер је немогуће направити и минимални привредни и друштвени прогрес без енергије. Значење енергије за развој друштва и схватање њеног места и улоге у привреди и друштву у целини, допринело је да се развојна енергетска политика усмери у правцу обезбеђења сигурних и довољних количина енергије, уз што ниже трошкове, како би се омогућио предвиђени друштвени развој [1].

Будући развој свих извора енергије данас зависе од два критична фактора: еколошких аспеката, посебно у погледу емисије гасова „стаклене баште“, и од будуће цене енергије. Чист ваздух и заштита околине су данас захтев већине човечанства и морају се поштовати. Кјото Протокол из децембра 1997. године, иако није прихваћен од стране свих земаља, мора се имати у виду при предвиђању даљег развоја енергетике света и појединих земаља. Исто тако, реално је очекивати пораст цене нафте и природног гаса, без обзира на стални раст резерви и снижавање производних трошкова, које ће допринети даљој рационалности коришћења енергије и већем коришћењу нових обновљивих извора енергије. Светски Савет за енергију поставио је три основна стратешка циља за 21. век која су међусобно повезана. Ови стратешки циљеви су следећи:

- **Приступачност** изворима енергије значи да енергија мора бити доступна проценама које су прихватљиве и одрживе;
- **Расположивост** енергетским изворима у смислу континуалне дугорочне понуде;
- **Прихватљивост** у смислу усклађености развоја и заштите животне средине.

Природни гас задовољава сва три наведена стратешка циља, јер су специфичне цене природног гаса ниже у односу на нафту, резерве природног гаса омогућавају дужи век коришћења и најмање загађују животну средину у односу на сва остала фосилна горива.

Познато је да природни гас представља веома квалитетно гориво, које у многим секторима потрошње има изразите, техничке, енергетске, економске и еколошке предности у односу на друга конвенционална горива. То је и допринело томе да је његова потрошња и поред специфичности његовог коришћења (изграђеност магистралне, разводне и дистрибутивне мреже до крајњег потрошача) стално расла. У 1950. години, природни гас је учествовао у потрошњи примарне енергије са око 10%, 1960. године са 14,8%, 1990. године око 20%, да би данас учествовао са око 24%.

У нашој земљи све више је присутно коришћење природног гаса, нарочито у сектору широке потрошње. У урађеним Стратегијама развоја енергетике Републике Србије, посебна пажња је посвећена развоју гасне привреде, јер се од ње очекује значајан допринос ефикасном коришћењу енергије и заштити животне средине.

Потрошња природног гаса треба да оствари најдинамичнију стопу раста на бази супституције других енергената и повећања потреба, односно да до 2020. године достигне од 5 до 6 милијарди $\text{m}^3/\text{год}$ и оствари уделе у подмиривању укупних енергетских потреба приближно развијеним европским земљама (више од 20%). Опција повећаног удела природног гаса у задовољењу енергетских потреба у наредном периоду је оправдана, обзиром да су могућности обезбеђивања домаће енергије за велики део финалне потрошње, ван електричне енергије, ограничене. Да је природни гас гориво са веома повољним енергетским, економским и еколошким карактеристикама и да ће, обзиром на фактор окружења, средњорочно, а вероватно и дугорочно, услови увоза природног гаса за Републику Србију бити повољнији него за увоз нафте.

Структура досадашње потрошње природног гаса у нашој земљи је била одраз политике усмеравања потрошње природног гаса. Основна карактеристика је било доминантно коришћење као технолошког горива у индустрији и све више за енергетску потрошњу у топланама. Док је удео у широкој потрошњи био релативно мали. Учешће природног гаса у финалној потрошњи енергије код широке потрошње је знатно мање него што је то случај у већини европских земаља, што доводи до повећане потрошње електричне енергије за потребе нискотемпературских процеса. Мада су познате енергетске, економске и еколошке предности природног гаса као енергента за задовољење већине потреба код тих потрошача (кување, грејање, припрема потрошне топле воде, хлађење, погон уређаја и др.) [2].

Циљ овог рада је да се омогући боље упознавање са карактеристикама коришћења природног гаса и начином пројектовања инсталација за његову дистрибуцију и регулацију. У нашој земљи, која нема дугу традицију коришћења природног гаса, потребно је спровести додатну едукацију становништва, пошто неадекватним односом према гасним инсталацијама могу настати веома озбиљне последице, опасне по живот.

1.1. Историја и улога природног гаса

Већина природног гаса који црпимо из Земље је у њој присутна милионима година. Међутим, тек од недавно су развијене методе за добијање оваквог гаса, извлачење на површину и његово коришћење. У почетку је природни гас представљао мистерију за човечанство. Феномени паљења гаса који је испаравао кроз пукотине земљине коре, иницирани ударом грома, резултирали су куљањем живе ватре на површини земље. Овакви призори су од стране раних цивилизација бивали објашњени кроз митове и сујеверје, јер је изостајало научно образложење. Један од најпознатијих догађаја који је фасцинирао тадашње становништво, био је онај који се догодио хиљаду година п.н.е. у античкој Грчкој, на планини Парнас. Сведок овог догађаја био је пастир који је чувавши козе угледао „ватрени извор“, пламен који се уздизао из пукотине на стени. Грци су веровали да је овај феномен дело богова, тако да су саградили храм на том месту. Овај храм је назван Делфи и сматра се најзначајнијим пророчиштем старих Грка који су га сматрали центром света, инспирисани феноменом горећег гаса. Ови типови ватрених извора су били везани и за друге религије и народе, нарочито за Индијце и

Персијанце. Фасцинирани оваквим призорима, у недостатку научног објашњења, ови народи су веровали да је ватра настајала надприродним путем или посредством Божанских сила. Око 500 године п.н.е. Кинези су открили да могу користити потенцијал овог природног феномена. На местима где су наилазили на изворишта гаса, конструисали су једноставне цевоводе од стабљика бамбуса којима су транспортовали гас који је коришћен за загревање морске воде до тачке кључања и одвајања соли чиме је добијана вода за пиће.

Заслуга за почетак развоја гасне индустрије припада шкотском инжењеру и проналазачу Вилијаму Мердоку (1754-1839), који је 1792.године изумео расвету на гас. Већина проналазача је првих година индустријске револуције покушавала да као покретачко гориво за парне машине користи угаљ. Мердок је био први који је увидео потенцијал примене гаса за потребе осветљења, уместо уобичајене примене рибљег уља.

Није прошло много времена пре него што су све велике фабрике почеле да користе расвету на гас. И док је Мердок био заинтересован за осветљивање индивидуалних објеката, са посебном производњом гаса за сваки од њих, други су сагледали могућност осветљавања више објеката, улица или чак градова прикључених на гасне магистрале, снабдеване из великих постројења за производњу гаса.

Током XIX века, природни гас је готово искључиво бивао коришћен као извор светлости. Без цевне инфраструктуре, било је компликовано транспортовати гас на велике удаљености или до домова како би био искоришћен за кување или грејање. Немачки научник Роберт Бунзен (Енгл. *Robert Brunsen*) је 1885.године конструисао уређај који је данас познат као Бунзенов пламеник. Он је успео да направи уређај који је мешао природни гас са ваздухом,у циљу добијања пламена који је могао бити искоришћен за кување и грејање. Бунзенов проналазак је отворио нове могућности коришћења природног гаса широм света. Откриће температурно-регулационог термостата, омогућило је једноставније регулисање и праћење интензитета пламена.

Његово коришћење у већим размерама се остварило тек 1884. године у САД, када је изграђен први гасовод дужине 23 km до Питсбурга, где је гас коришћен за грејање, кување и осветљење. Интензивном развоју коришћења природног гаса допринео је напредак технологије изградње магистралних гасовода на велика растојања. Највећи развој је био у САД.Док је у САД већ 1950.учешће гаса било 20%, а 1960. године 30% укупне комерцијалне потрошње енергије, учешће природног гаса у структури светске потрошње енергије је 1970. године износило само 10%, да би његово учешће данас износило око 21%.

Производња нафте, па самим тим и потрошња, се одвијала на многим подручјима несметано. У зависности од нивоа развијености земље и путем међународне размене и транспорта допремана је до потрошача. До тада је за коришћење природног гаса била неопходна изградња гасоводне мреже и повезивање потрошача са гасоводним пољима. Самим тим и развој природног гаса је био знатно спорији од сирове нафте као енергетског извора, али то је створило могућности да природни гас, по многим

мишљењима буде „енергетски извор 21.века“. То се јасно види и на основу процене развоја потенцијала и резерви природног гаса за протеклих 40 година. Интензивним истраживањима, на многим потенцијалним просторима, искористиве резерве су се сваких 10 година дуплирале, тако да од $17500 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ резерви у 1960.години, достижу у 1990. години $120000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, а данас преко $155000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ што омогућава статички век резерви од скоро 70 година.

Само у периоду од 1993.до 1998. године резерве природног гаса су порасле са $141000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ на око $155000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Процене потенцијала се крећу од $300000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ до $450000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, што јасно указује да још нису истражени сви потенцијални простори, јер су 1960.године износиле између $100000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ и $150000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (односно колико данас износе искористиве резерве). Највећи део тих резерви отпада на подручје Блиског и Средњег истока и бивше земље СССР-а у Азији. Данас се резерве истражују и налазе у преко 90 земаља света, док се у 1960.години ценило да само 40 земаља располаже природним гасом. Прираст резерви је у многим земљама био веома брз, што је последица већег обима истраживања, веће производње и потрошње и примене савремених метода истраживања и дубоког бушења [2].

У свом историјском развоју, производња, па самим тим и потрошња, природног гаса је имала прво локални, потом државни, да би данас имала изузетан међународни значај.

Разлог оваквог тока су доказане високе техничке и економске вредности природног гаса као хемијске и енергетске сировине, што се одразило на повећање потрошње природног гаса и што су домаће резерве биле исцрпљене или недовољне да подмире повећане потребе, па се морало ићи на шире међународно повезивање како би се развили и разрешили финансијски и техно-економски проблеми повезивања удаљеним производним подручјима. Још увек географски распоред највећих произвођача или земаља са највећим потенцијалом не одговара распореду потреба, па је неопходна међународна сарадња у градњи циновских магистралних гасовода или огромних постројења за утечњавање природног гаса. Испорука гаса је физички условљена цевоводима или флотом танкера са течним гасом, уз комплексне уређаје за ликвификацију и регасификацију, те уговори за извоз/увоз природног гаса траже велика улагања и продаваца и купаца и дуги век трајања међусобног уговора [1].

Због својих потенцијала, расположивости, еколошких и економских предности природни гас је за многе земље представљао оптимални супституент сирове нафте, што је довело до веома брзог пораста производње и потрошње. Основни предуслов за то је била изградња све већих и дужих магистралних гасовода, односно све већа међународна размена природног гаса. То је у интересу и произвођача и потрошача гаса, јер су се до пре десетак година, а и данас, значајне количине гаса добијеног при експлоатацији нафте сагоревале на бакљи. Тако је 1980.године спаљено у свету $169 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, а већ 1985. године, са изградњом енергетске инфраструктуре у многим земљама-произвођачима и извозницима природног гаса, та количина смањена за око $100 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, а данас се спаљује око $50 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Неравномерни распоред потенцијала (у подручјима где нема значајне потрошње) и потрошача (често удаљених и хиљадама километара од

гасних поља) захтевао је изградњу магистралих гасовода великих капацитета и дужине и до десетак хиљада километара. Међународна размена гаса, која је започела 1958. године изградњом гасовода Канада-САД, је 1960. године износила само $4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, да би се повећала у 1997. години на $532 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, односно на 13% укупне међународне размене енергије, са тенденцијом даљег веома брзог раста.

Развој магистралних гасоводних система у XX веку је био веома интензиван и омогућио је брзи развој гасификације градова. Тим пре што су у многим градовима и пре примене природног гаса, постојале гасаре и припадајућа гасоводна мрежа која се користила за осветљење и снабдевање потрошача. Тридесетих година XX века почиње интензивније коришћење природног гаса у бившем СССР-у на бази сопствених резерви гаса. Подручје бившег СССР-а располаже са око 39% светских доказаних резерви гаса што је и разлог да су земље бившег СССР-а, а посебно Русија, у врху светске потрошње гаса. Европска унија је у односу на величину производње, трећи потрошач гаса у свету. Примена гаса у земљама Западне Европе је започела на бази откривених резерви гаса Италији, Француској и Холандији, да би се интензивнија потрошња развила откривањем резерви у Северном мору и повезивањем са производним подручјем бившег СССР-а и Алжира. Интензивнији развој потрошње гаса у земљама Западне Европе је везан за шездесете године XX века. Земље Источне и Централне Европе (бивше социјалистичке земље) су започеле такође развој потрошње гаса на сопственим резервама да би крајем шездесетих година прошлог века по повезивању са производним подручјем СССР-а дошло до интензивнијег раста потрошње и условљености даљег раста могућности увоза.

У основи, то ће бити последица све веће супституције осталих фосилних горива са природним гасом с обзиром на његове економске, еколошке, енергетске и технолошке кпредности у многим секторима потрошње. То је разлог да се природни гас назива енергентом XXI века. За нас су свакако веома значајна предвиђања која се односе на Европу [2].

У наредном периоду реално је очекивање да ће потрошња природног гаса расти, али са различитим стопама по континентима: минимално у Северној Америци, скромно у Европи и Јапану, а знатно у Азији и Латинској Америци. Све процене указују да ће природни гас имати највеће стопе раста од свих конвенционалних горива у првој половини XXI века, тј. да ће се кретати до 2,5% до 3% годишње (садашња потрошња природног гаса износи $3200 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$), да би се у првој половини XXI века усталила на нивоу $3500 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$ до $4000 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$ природног гаса.

У времену пре Другог светског рата, док још нису постојали адекватни системи за пренос природног гаса, већина је остављана да једноставно испари у атмосферу, изгори уколико је нађена са угљем и нафтом или једноставно остане у земљи. Један од првих магистралних цевовода је саграђен 1891. Овај цевовод је био дугачак 193 километара (120 миља) и проводио је природни гас од изворишта у централној Индијани до Чикага. Међутим, овај рани цевовод није био нарочито ефикасан у транспортовању гаса, све до 1920 године, када је уложен значајан напор за изградњу савременије инфраструктуре.

Након Другог светског рата јавиле су се нове технике у области заваривања и конструисања цеви. Такође са развојем металургије, забележен је напредак у издрживости и ефикасности цевовода. Овакви системи који су шездесетих година знатно напредовали, могли су да послуже за конструисање цевовода дугачких хиљадама километара, који су се простирали дуж читаве Америке. Омогућавање преноса на велике удаљености, донело је нове примене гаса која се огледала у области грејања домаћинстава [15]. Гас је коришћен масовно у индустријским постројењима, производњи, нарочито за загревање воде, као гориво за добијање електричне енергије и друго.

Пренос гаса на велике удаљености допринео је његовој популаризацији, тако да је природни гас убрзо постао један од највише коришћених извора енергије. Све до 1958.године, 90% укупних количина гаса у великој Британији добијало се из угља. У то време започело се и са добијањем гаса из нафте, тако да је коришћење угља за производњу гаса значајно опало. Крајем шездесетих година почела је експлоатација резерви природног гаса у британском делу Северног мора, па је од тада врло мало угља коришћено за производњу гаса. Прелазак са коришћења гаса добијеног из угља на коришћење природног гаса за потребе грејања и кувања значио је, да је добро познати лондонски смог нестао. Једна од последица производње гаса из угља била је загађена животна средина, па иако представља ефикасну примену угља, она ипак није одговарајућа за масовно грејање и потрошњу у великим градовима света [15].

Све већи проблеми са загађењем ваздуха у великим светским градовима, напори да се смањи емисија CO_2 , у складу са Протоколом из Кјота, очекивани раскорак између тражње и понуде нафте и нафтних деривата, су три главна разлога за продор возила на природни гас на светском тржишту последњих година. Преко четири милиона таксија, аутобуса, теретних возила, путничких аутомобила и специјалних возила већ возе на компримовани природни гас 65 земаља света. Возила на гас у употреби су више од једног века, с тим да су у неким земљама интензивно била у употреби током Другог светског рата, када је конвенционално гориво било резервисано за војне потребе. Уместо тога, кола и аутобуси су преправљани да раде на гас добијен из угља и дрвета. Течни природни гас, који се транспортује бродовима, има сигурно сјајне изгледе да у будућности буде решење за растуће тржиште природног гаса. Наравно, неколико нових бродова за његов транспорт већ је у изради. Оцењује се да и водоник (H_2) такође има светлу будућност као енергент, па и за потребе транспорта, али је још увек сувише скуп за ширу примену и користи се само у посебне сврхе.

1.2. Природни гас у енергетици света

У свом историјском развоју, производња, па самим тим и потрошња, природног гаса је имала прво локални, потом државни, да би данас имала изузетан међународни значај. Разлог оваквог тока су доказане високе техничке и економске вредности природног гаса као хемијске и енергетске сировине, што се одразило на повећање потрошње природног гаса. Домаће резерве биле су исцрпљене или недовољне да подмире повећане потребе, па се морало ићи на шире међународно повезивање, како би се

развили и разрешили финансијски и техно-економски проблеми повезивања удаљених производних подручја. Још увек географски распоред највећих произвођача или земаља са највећим потенцијалом не одговара распореду потреба, па је неопходна међународна сарадња у градњи циновских магистралних гасовода или огромних постројења за утечњавање природног гаса. Испорука гаса је физички условљена цевоводима или флотом танкера са течним гасом, уз комплексне уређаје за ликвефакцију и регасификацију, те уговори за извоз/увоз природног гаса траже велика улагања и продаваца и купаца и дуги век трајања међусобног уговора [1].

Због својих потенцијала, расположивости, еколошких и економских предности природни гас је за многе земље представљао оптимални супституент сирове нафте, што је довело до веома брзог пораста производње и потрошње. Основни предуслов за то је била изградња све већих и дужих магистралних гасовода, односно све већа међународна размена природног гаса. То је у интересу и произвођача и потрошача гаса, јер су се до пре десетак година, а и данас, значајне количине гаса добијеног при експлоатацији нафте сагоревале на бакљи. Тако је 1980.године спаљено у свету $169 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, а већ 1985. године, са изградњом енергетске инфраструктуре у многим земљама-произвођачима и извозницима природног гаса, та количина смањена за око $100 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, а данас се спаљује око $50 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Неравномерни распоред потенцијала (у подручјима где нема значајне потрошње) и потрошача (често удаљених и хиљадама километара од гасних поља) захтевао је изградњу магистрала гасовода великих капацитета и дужине и до десетак хиљада километара. Међународна размена гаса, која је започела 1958.године изградњом гасовода Канада-САД, је 1960. године износила само $4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, да би се повећала у 1997. години на $532 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, односно на 13% укупне међународне размене енергије, са тенденцијом даљег веома брзог раста.

Развој магистралних гасоводних система у XX веку је био веома интензиван и омогућио је брзи развој гасификације градова. Тим пре што су у многим градовима и пре примене природног гаса, постојале гасаре и припадајућа гасоводна мрежа која се користила за осветљење и снабдевање потрошача. Тридесетих година XX века почиње интензивније коришћење природног гаса у бившем СССР-у на бази сопствених резерви гаса. Подручје бившег СССР-а располаже са око 39% светских доказаних резерви гаса што је и разлог да су земље бившег СССР-а, а посебно Русија, у врху светске потрошње гаса. Европска унија је у односу на величину производње, трећи потрошач гаса у свету. Примена гаса у земљама Западне Европе је започела на бази откривених резерви гаса Италији, Француској и Холандији, да би се интензивнија потрошња развила откривањем резерви у Северном мору и повезивањем са производним подручјем бившег СССР-а и Алжира.

Интензивнији развој потрошње гаса у земљама Западне Европе је везан за шездесете године XX века. Земље Источне и Централне Европе (бивше социјалистичке земље) су такође започеле развој потрошње гаса на сопственим резервама, да би крајем шездесетих година прошлог века по повезивању са производним подручјем СССР-а, дошло до интензивнијег раста потрошње и условљености даљег раста могућности увоза.

У наредном периоду реално је очекивање да ће потрошња природног гаса расти, али са различитим стопама по континентима: минимално у Северној Америци, скромно у Европи и Јапану, а знатно у Азији и Латинској Америци. Све процене указују да ће природни гас имати највеће стопе раста од свих конвенционалних горива у првој половини XXI века, тј. да ће се кретати до 2,5% до 3% годишње (садашња потрошња природног гаса износи $3200 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$), да би се у првој половини XXI века усталила на нивоу $3500 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$ до $4000 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$ природног гаса.

У основи, то ће бити последица све веће супституције осталих фосилних горива са природним гасом с обзиром на његове економске, еколошке, енергетске и технолошке предности у многим секторима потрошње, те је то разлог да се природни гас назива енергентом XXI века. За нас су свакако веома значајна предвиђања која се односе на Европу [2].

1.3. Природни гас у енергетици Републике Србије

У Републици Србији се природни гас користи са домаћих налазишта, и увозни гас. Највећа налазишта природног гаса смештена су у Војводини, а капацитет ових налазишта довољан је да задовољи око 20% тренутних потреба Републике Србије за природним гасом. Природни гас се у индустрији троши као енергент и као полазна сировина у технолошким процесима. Као енергент у термоелектранама, топланама, у комуналној и широкој потрошњи. Коришћење природног гаса у Републици Србији је започето пре око пола века. На подручју Војводине прве количине гаса су почеле да се транспортују 1952. године са гасног поља Велика Грета до града Вршца. Значајни транспорт, као и већа производња и потрошња гаса, започета је 1963. године када је изграђен магистрални гасовод Кикинда – Елемир – Чока – Јерменовци – Панчево, који је заједно са гасоводом Елемир – Госпођинци – Нови Сад – Беочин чинио основу регионалног система гасовода. Крајем 1975. године систем гасовода се састојао од 465 km гасовода, пречника од 101,6 mm до 323,85 mm (4" до 12^{3/4}"). Програм гасификације источног дела СФРЈ усвојен 1973. године, омогућио је 1978. године увоз природног гаса из СССР-а и интензиван развој гасоводног система Србије. Основу гасоводног система чини магистрални гасовод Хоргош – Госпођинци – Батајница – Велика Плана – Параћин – Појате – Крушевац са великим прстеном: магистрални гасовод – Сента – Мокрин – Елемир – Панчево – Смедерево – магистрални гасовод (Велика Плана), са крацима Госпођинци – Нови Сад – Беочин, Госпођинци – Елемир – Банатски Двор, Батајница – Шабац – Лозница – Зворник, Батајница – Панчево, Баточина – Крагујевац – Краљево и Бресница – Чачак – Горњи Милановац. Тај гасоводни систем повезује сва гасна поља у Војводини са потрошачима, омогућује увоз гаса из Русије преко Мађарске и транзит гаса за Босну и Херцеговину.

Градске дистрибутивне мреже средњег притиска од челика су намењене за дистрибуцију гаса до индустријских потрошача, комуналних потрошача и станица за снабдевање гасом широке потрошње. Максимални радни притисак у дистрибутивним мрежама је 6 bar до 12 bar.

Гасоводима средњег притиска од челичних цеви транспортује се гас до комуналних потрошача и домаћинства. Радни притисак у гасоводима ниског притиска је 4 bara [5].

Рационално коришћење гаса, као подлога укупног привредног развоја, подразумева коришћење са највећом ефикасношћу и то са становишта опште друштеног интереса. Ово значи селективан избор потрошача и ефикасније коришћење гаса код самих потрошача. То је у ствари правилан однос према гасу као необновљивом фосилном гориву и као племенитој технолошкој и енергетској сировини. Међутим, који ће потрошач из приоритетних сектора потрошње користити гас зависи и од економских фактора примене гаса. Принцип супституције једног вида енергије другим видом, омогућује да потрошач може користити различите видове енергије за исте потребе, односно да бира онај вид енергије који му даје оптималне користи. Уобичајен је избор горива код потрошача на бази упоређивања укупних трошкова за примену различитих горива. У укупне трошкове спадају укупна потребна инвестициона улагања за реализацију примене разматраних горива, као и трошкови примене самих горива. Трошкови примене горива обухватају цену горива и све фиксне и променљиве трошкове зависне од квалитета и количине горива (трошкови везани за манипулацију, припрему и сагоревање горива у енергетским уређајима). У том погледу природни гас, као гориво које захтева релативно мала улагања и обезбеђује ниже трошкове примене, има велики значај за друштвени, привредни и технолошки развој, као и за индивидуалне потрошаче. На основу анализе техничко- технолошких, друштвених, економских, енергетских и еколошких фактора примене природног гаса у појединим секторима потрошње у свету се усвајају следећи приоритети:

- Гас у широкој и општој потрошњи,
- Гас као енергетско гориво за термоелектране и термоелектране-топлане,
- Гас као технолошко гориво у индустрији,
- Гас као хемијска сировина.

Међутим, у нашој земљи структура потрошње природног гаса се знатно разликује од структуре у свету и Европи. У структури потрошње у свету крајем 20. века индустријска потрошња је имала највећи удео, од 28,5%, при чему овај сектор потрошње бележи смањење у односу на претходне године. Сектор широке потрошње је имао удео преко 26%, док је значајно порастао удео потрошње природног гаса у производњи електричне енергије и износио 26% од укупне потрошње. Део природног гаса који се користио као хемијска сировина у индустрији је 4,5% од светске потрошње, а остатак у производњи топлана и саобраћају. Оцена достигнутог нивоа структуре и потрошње у нашој земљи и потреба за њено мењање се најбоље може добити упоређењем вредности код нас са одговарајућим вредностима у земљама Европе.

Основни разлог за повећање удела широке потрошње су енергетске, економске и еколошке предности природног гаса као енергента за задовољење потреба већине потреба за које се данас користи електрична енергија (кување, грејање, припрема потрошне топле воде, хлађење и др.).

Неке од предности коришћења природног гаса су:

- Високи коефицијенти искоришћења уређаја који се користе у овом сектору потрошње омогућују знатно рационалније коришћење примарне енергије, смањење укупне потрошње енергије и растерећење електроенергетског система. На рачун већег коефицијента искоришћења у поређењу са другим видовима енергије долази до смањења утрешка енергије за 1,5 до 2 пута;
- Примена природног гаса значи уштеду времена и рада, јер су елиминисани припрема и транспорт горива, као и чишћење ложишта и одвоз пепела;
- Инвестиције за увођење природног гаса у домаћинства су знатно ниже од централизованог снабдевања електричном енергијом, јер није потребно извршити улагања у изградњу топлотног извора, а инвестициона средства за изградњу гасоводне мреже у поређењу са вреловодном мрежом истог учинка су знатно мања;
- Електрична енергија се може заменити свуда у широкој потрошњи, сем за неке специфичне намене које не чине више од 10% укупне потрошње енергије у домаћинству, абез угрожавања комфора становања. При томе су уштеде веома значајне код замене електричне енергије, ако се зна да производња електричне енергије у термоелектранама има степен искоришћења од 33%, тако да укупни степен искоришћења примарног горива при било ком процесу у домаћинству је још нижи. При томе треба рећи да коефицијент искоришћења гаса не заостаје за искоришћењем електричне енергије у њеним уређајима, па чак у појединим случајевима је и већи;
- У односу на електричну енергију, природни гас има предност и због могућности складиштења, што није случај са електричном енергијом као најплеменитијим видом енергије;

Примопредајне станице се налазе на свим местима где гас улази у систем и где се предаје другим системима за транспорт гаса. Ова станица има два дела од којих је сваки максималног капацитета $420.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Станица на којој се гас предаје суседним системима за транспорт гаса се налази у Зворнику. На примопредајним станицама у Хоргошу и Зворнику се мерење протока врши помоћу мерних бленди.

На ГМРС се врши редукција притиска и мерење количина гаса за дистрибутивне гасне мреже средњег или ниског притиска. Такође, већина значајних потрошача гаса имају своје посебне ГМРС. На систему постоји 180 ГМРС које су капацитета од 500 до $100.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Градске дистрибутивне мреже средњег притиска од челика су намењене за дистрибуцију гаса до индустријских потрошача, комуналних потрошача и станица за

снабдевање гасом широке потрошње. Максимални радни притисак у дистрибутивним мрежама је 6-16 bar. Гасоводима ниског притиска од челичних и полиетиленских цеви транспортује се гас до комуналних потрошача и домаћинстава. Максимални радни притисак у гасоводима ниског притиска је 6 bar. У MPC се редукује притисак са средњег на ниски и мере се количине потребне за широку потрошњу, комуналне потрошаче и индустријске потрошаче. На систему постоји 750 MPC које су капацитета од 100 до 10.000 m^3/h .

Проблем несклада испоруке и потреба за енергентима претставља проблем с којим се суочава енергетска привреда у целини. Он долази до изражаја у енергетском систему са повећањем учешћа електричне енергије, лож уља и природног гаса за потребе грејања. Како производња тих видова енергије нема сезонски карактер, то се неравномерност потрошње мора да решава помоћу вршних капацитета, резерви или складишта да не би дошло до прекида снабдевања. Највећи проблем који се јавља у снабдевању природним гасом је усаглашавање равномерне производње, односно увоза и транспорта са веома неравномерном потрошњом код потрошача. Повећање броја домаћинстава која користе природни гас, као и градских топлана које раде у топлификационом систему, повећавају сезонску неравномерност која не може да се савлада без складишта природног гаса.

Табела 1.1 Производња природног гаса у Србији

Година	Количина	Година	Количина	Година	Количина	Година	Количина
1956	4	1981	1.059	1991	773	2001	421
1960	4	1982	983	1992	890	2002	340
1965	156	1983	893	1993	935	2003	340
1970	494	1984	989	1994	850	2004	236
1975	797	1985	1.031	1995	870	2005	193
1976	813	1986	812	1996	745	2006	194
1977	882	1987	926	1997	548	2007	186
1978	996	1988	905	1998	589	2008	184
1979	1.080	1989	696	1999	612	2009	248
1980	910	1990	656	2000	623	2010	332

Проблем неравномерности до сада се решавао на рачун домаће производње, која је чинила прихватљив удео у укупној потрошњи и коришћењем потрошача који су имали могућност коришћења резервног горива, као и закупом одређених количина природног гаса у подземним складиштима у иностранству. Складиштење природног гаса обавља предузеће Подземно складиште гаса „Банатски Двор”, д.о.о. (ПСГ БД) чији су оснивачи ЈП „Србијас” и „Газпром Германиа Гмбх”. Складиште представља порозна пешчарска стена која се простире на око 54 km^2 , на дубини од 1000 до 1200m. Капацитет овог складишта је 450 милиона кубних метара [5]. У следеће две табеле су приказани подаци о производњи гаса у Србији али и његовом увозу и коришћењу (подаци су у милонима $m^3/час$).

Табела 1.2. Увоз гаса у Србију и његова потрошња

Година	Увоз	Потрошња	Година	Увоз	Потрошња
1991	1.758	2.531	2001	1.822	2.243
1992	1.192	2.382	2002	1.875	2.215
1993	312	1.247	2003	2.013	2.353
1994	342	1.192	2004	2.264	2.500
1995	793	1.663	2005	2.249	2.442
1996	1.874	2.619	2006	2.085	2.279
1997	2.040	2.588	2007	2.168	2.354
1998	1.973	2.382	2008	2.200	2.384
1999	1.072	1.684	2009	1.584	1.832
2000	1.506	2.129	2010	1.968	2.300

2. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРИРОДНОГ ГАСА

2.1. Особине природног гаса

Природни гас је без боје и мириса, границе експлозивности су између 4,4 – 15 % запремине, а октански број између 120 и 130. Са саставом му се мења и топлотна моћ. Већи удео угљоводоника са већим бројем атома угљеника у природном гасу узрок је његове веће топлотне моћи. Топлотна моћ земног гаса у слободном стању је 36-36,5MJ/kg, а у везаном стању приближно 38MJ/kg, а може да достигне и 41MJ/kg.

Широкој примени природног гаса доприносе његова својства која га издвајају у односу на остала горива:

- велика топлотна моћ,
- могућност достизања високог η уређаја за сагоревање .

Практичне предности гаса су:

- лакши и једноставнији транспорт,
- знатно смањење загађења човекове околине,
- занемарљив садржај или потпуно одсуство сумпора, што битно утиче на смањење корозије загревних површина,
- не тражи се посебан простор за складиштење,
- степен искоришћења је висок (нема губитака на почетно грејање плоче за кување и слично),
- нема проблема око паљења и одржавања ватре, нема пепела и шљаке, и нечистоће око ложишта,
- природни гас је универзални носилац енергије који омогућује модернизацију и повећање економичности многих индустријских, технолошких процеса и постројења уз мање загађење животне средине,
- одсуство отровног угљен-моноксида спречава могућност тровања при евентуалном “цурењу” гаса из инсталације,
- природни гас се може користити као сировина у хемијској индустрији за производњу водоника, метана, амонијака, чађи, итд, чиме се отварају нове перспективе развоја у нашој средини,
- могућа је потпуна аутоматизација процеса сагоревања природног гаса за постројење са широким опсегом оптерећења и високим степеном корисности.

Најозбиљнији недостатак природног гаса, свакако је опасност од експлозије. Од самог почетка експлоатације то је представљало највећи проблем, па је у стогодишњем развоју дистрибуције и употребе гаса тежиште било на мерама безбедности. Данас су техничке карактеристике гасних инсталација и постројења такве да је ниво опасности, у поређењу са осталим изворима енергије, сведен на минимум.

2.2. Физичке карактеристике природног гаса

Дефинисање физичких карактеристика природног гаса заснива се на разматрању природног гаса као смеше гасова и као реалног гаса.

2.2.1. Густина природног гаса

Густина неке материје је однос њене масе према запремини, коју та маса заузима или, другачије речено, маса 1 m³ изражена у kg. Дакле, јединица за густину је kg/m³. Код гасова, густина зависи од притиска и температуре, али је неопходно познавати и количину воде у гасу.

Густина гаса у задатом радном стању, односно, у условима мерења и слично, израчунава се из једначине:

$$\rho = \left(\frac{P_b + P_n - P_{vp}}{101325} \cdot \rho_n + \frac{P_{vp}}{101325} \cdot \rho_{vp} \right) \cdot \frac{273}{273 + t};$$

где су:

- ρ , [kg/m³] - густина гаса у радном стању,
- ρ_n , [kg/m³] - густина гаса у нормалном стању,
- P_{vp} , [kg/m³] - густина водене паре у нормалном стању,
- P_b , [Pa] - барометарски притисак,
- P_n , [Pa] - надпритисак гаса,
- P_{vp} , [Pa] - парцијални притисак водене паре,
- t , [°C] - радна температура.

У гасној техници, и то специјално у техници мерења, због принципа мерења, неопходна су повезивања стања гаса и стања ваздуха, посебно њихових густина. Релативна густина гаса је количник густине гаса ρ_g и густине ваздуха ρ_v за исте услове стања:

$$d_v = \frac{\rho_g}{\rho_v}$$

За нормално стање (притисак 1,01325 bar и температура 0 °C), густина ваздуха износи 1.293 kg/m³. Релативна густина за природни гас износи 0,6.

2.2.2. Вискозност природног гаса

Разликујемо динамичку и кинематску вискозност. Динамичка вискозност или апсолутна вискозност је мера отпора флуида према течењу. Дефинише се као однос примењеног напрезања на смицање и градијента брзине смицања. Јединица за динамичку вискозност је (Pa·s).

Кинематска вискозност је дефинисана односом динамичке вискозности и густине. Она

представља отпор флуида према течењу под деловањем тежине. Јединица за кинематску вискозност је (m^2/s). Вискозност гасова се понаша, у односу на температуру, супротно вискозности течности. Вискозност гасова са порастом температуре расте, а са порастом молекулске тежине опада [1].

2.2.3. Критична температура, критичан притисак и критична запремина

Критичном температуром називамо ону температуру, изнад које гас под дејством притиска било које величине не може бити преведен у течно стање.

Критичан притисак представља притисак неопходан за превођење гаса у течно стање на критично температури. Критичном запремином називамо запремину једног мола гаса на критичном притиску и критичној температури [12].

Како природни гас представља смешу, то се вредности критичних параметара утврђују експериментално, јер је ретко наћи у природи две исте смеше, односно природне гасове истог састава. За технолошке прорачуне се користе вредности добијене осредњавањем критичних параметара компоненти. Тако израчунате вредности називају се привидно критичним (псеудокритичним).

2.2.4. Притисак и запремина природног гаса

Према Далтоновом закону, укупни притисак смеше једнак је збиру притисака појединих гасова, који ту смешу чине, или, укупни притисак смеше једнак је збиру парцијалних притисака компонената:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$$

Парцијални притисак било које компоненте једнак је производу притиска смешер и запреминског удела компоненте у смеси r_t [1]:

$$p_t = r_t \cdot p$$

а парцијална запремина компоненте једнака је производу укупне запремине смеше V и запреминског удела компоненте у смеси:

$$v_t = r_t \cdot V \Rightarrow r_t = \frac{v_t}{V}$$

Са променом притиска и температуре, гасу се мења и запремина. Да би се могле упоређивати запремине гаса за разне случајеве, она се мора, за дати притисак и температуру, свести на стандардно стање. Уобичајено је да се стандардним стањем сматра нормални кубни метар сувог гаса, који одговара запремини сувог гаса у нормалном стању, које влада при притиску 1,01325 bar и температури 0 °C.

Прерачунавање запремине израчунава се на основу следећег обрасца:

$$V_N = V_g \cdot \frac{p_b + p_n + p_s}{101225} \cdot \frac{273}{273 + t_g}$$

где су:

$V_N, [m^3]$ - запремина гаса при $p = 1,01325 \text{ bar}$ и $t = 0^\circ C$,
 $V_g, [m^3]$ - запремина гаса при стварним условима, очитана на мерилу потрошње,
 $p_b, [Pa]$ - барометарски притисак,
 $p_n, [Pa]$ - надпритисак гаса,
 $p_s, [Pa]$ - парцијални притисак водене паре на температури t_g ,
 $t_g, [^\circ C]$ - температура гаса на месту мерења

2.3. Термодинамичке карактеристике природног гаса

2.3.1. Топлотна моћ природног гаса

Горња топлотна моћ неког горива, или топлота сагоревања, је она количина топлоте коју то гориво развије сагоревањем, с тим да се након сагоревања, продукти сагоревања охладе на излазну температуру, а водена пара, створена у току процеса сагоревања, кондензује [10].

Доња топлотна моћ неког горива, или топлота сагоревања, је она количина топлоте коју то гориво развије сагоревањем, с тим да се након сагоревања, продукти сагоревања охладе на излазну температуру, а водена пара, створена у току процеса сагоревања, не кондензује.

На основу ове две дефиниције може се закључити да је разлика између горње и доње топлотне моћи неког горива једнака топлоти кондензације водене паре, створене у процесу сагоревања.

Појава водене паре у продуктима сагоревања последица је присуства водоника у горивима. Наиме, код горива које немају водоник у свом саставу, горња и доња топлотна моћ су једнаке.

Топлотна моћ за гасове даје се у MJ/m^3 , за нормално стање. Топлотна моћ гасне смеше израчунава се на основу топлотних моћи појединачних гасова из гасне смеше [12].

Топлотна моћ природног гаса може се одређује мерењем, помоћу уређаја за мерење топлотне моћи и путем израчунавања.

Најраспрострањенију примену данас налазе уређаји за мерење топлотне моћи гаса, они чији је принцип рада заснован на сагоревању гаса. Код ових уређаја се узорак континуално узима из гасовода и одводи на сагоревање. Сагоревање се одвија у затвореном простору, а унутар измењивача топлоте. Овај простор са сагоревањем је затворен са горње и са бочних страна, тако да продукти сагоревања морају излазити кроз доњу страну. Водена пара, производ сагоревања, се хлади на путу, кретањем на ниже, при чему долази и до кондензације. Топлота ослобођена приликом кондензације паре се предаје измењивачу топлоте као нето топлота сагоревања. Тако измењивач топлоте прихвата и преноси на своју спољну страну укупну топлоту сагоревања. Са спољне стране измењивача топлоте струји ваздух у контролисаним количинама и он

преузима топлоту са измењивача топлоте. Овај ваздух пролази кроз мерач, пре улаза, као и поред термометра, потом преко измењивача топлоте и излазног термометра на излазу. Ово нам даје пораст температуре специфичне јединице ваздуха, што значи да се број топлотних јединица које су произвеле повећање температуре може израчунати. Гас који је сагорео је испоручен преко мерача протока, пошто смо установили број топлотних јединица добијених од пламена, израчунавамо број топлотних јединица по кубном метру. Уређај, иначе, располаже посебним системом за контролу ваздуха потребног за сагоревање.

Други уређај по распрострањености примене представља уређај који одређује топлотну моћ на бази хроматографске анализе. Уређај се састоји од хроматографа, који даје хемијски састав гаса, и од рачунара који израчунава топлотну моћ. Рачунар се обично користи за израчунавање квантитативног састава гаса и за израчунавање топлотне моћи.

Уколико се познаје хемијски састав природног гаса, онда се топлотна моћ H_d (KJ/m³) израчунава преко једначине:

$$H_d = 25,7H_2 + 30,2CO + 85,5CH_4 + 152,3C_2H_6 + 218,0C_3H_8 + 283,4C_4H_{10} + 348,9C_5H_{12};$$

гдесу:

- H - водоник
- CO - угљенмоноксид
- CH₄ - метан
- C₂H₆ - етан
- C₃ H₈ - пропан
- C₄ H₁₀ - бутан

2.3.2. Wobbe-ов број

За оцењивање топлотног капацитета горионика и могућности замене гасовитих горива на истом горионику користи се Вобеов број као нумерички критеријум. Израчунава се из топлотне моћи горива – горње H_g или доње H_d – и релативне густине гасовитог горива:

$$\text{горњи Wobbe-ов број: } W_g = \frac{H_g}{\sqrt{\rho}}$$

$$\text{доњи Wobbe-ов број: } W_d = \frac{H_d}{\sqrt{\rho}}$$

Посматрано математички Wobbe-ов број има димензију MJ/m³. Тај показатељ даје могућност компарације различитих гасова на истом потрошачу. Наиме, гасови различитог састава, а истог Wobbe-овог броја стварају једнако топлотно оптерећење, па

могу сагоревати на истом горионику без промена дизни. Ако се жели прећи са једног горива на други да би се утврдио нови пречник дизне или притисак гаса испред гасног трошила, користе се следеће две формуле [6]:

За однос пречника кроз који гас протиче:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{W_{g1}}{W_{g2}}}$$

иза однос притиска на потрошачу

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{W_{g1}}{W_{g2}}$$

Wobbe-ов број можемо да израчунамо на основу познавања хемијског састава гаса. Познавањем компоненталног састава гаса и запреминског удела сваке компоненте у гасу можемо израчунати топлотну моћ гаса и релативну густину гаса. Са ова два податка можемо израчунати Wobbe-ов број на основу горе изнетих једначина.

Wobbe-ов број се може директно одредити путем мерача. Принцип рада мерача састоји се у сагоревању одређене количине гаса, хлађењу ваздухом производа сагоревања путем мешања у измењивачу топлоте и одређивању разлике температуре између охлађених производа сагоревања и ваздуха за хлађење.

Гас, чији Wobbe-ов број треба да се утврди, улази у мерач преко керамичких филтера. Гас потом пролази кроз вентил са соленоидом. Овај соленоид реагује када је притисак ваздуха исувише висок. Гас потом иде кроз регулатор и преко ограничивача на горионик. Вентилатор испоручује ваздух који иде до измењивача топлоте преко филтера и регулатора притиска. Мали део овог ваздуха, ваздух за сагоревање, се испоручује горионику преко гуменог црева и ограничивача. Ваздух намењен за хлађење производа сагоревања пролази кроз пригушницу на којој се мери притисак ваздуха. Мерење притиска гаса се обавља мерачем. Измерен притисак је онај који излази из регулатора. Мерач притиска је повезан серијски са соленоидом који управља главним вентилом за гас. Ако је притисак ваздуха сувише низак, испорука гаса се обуставља. Горионик има такође уређај за контролу пламена, који обуставља испоруку гаса ако је пламен угашен. Када је гас сагорео, производи сагоревања пролазе кроз измењивач топлоте. У измењивачу топлоте производи сагоревања се мешају са ваздухом за хлађење. Термо-ћелија је постављена изнад измењивача топлоте у којој се мери разлика у температури између измешаних производа сагоревања и ваздуха за хлађење. Измешани производ сагоревања напуштају мерач у доводу гаса за пилот горионик. Разлика у температури, утврђена у термо-ћелији (између охлађених производа сагоревања и ваздуха за сагоревање) се претвара у сигнал изражен у mV, који је директно пропорционалан разлици температуре. Овај сигналу mV иде кроз конвектор да би дао сигналу mA, који је пропорционалан Wobbe-овом броју у датом дијапазону (тј. 35÷50 MJ/Nm³).

2.3.3. Специфична топлота природног гаса

Специфична топлота природног гаса представља ону количину топлоте, која је потребна да се јединица количине гаса загреје за 1 К или 1 °С.

2.3.4. Joule-Thomson-ов ефекат

Приликом експанзије реалних гасова долази до снижења темепратуре гаса. Ово снижење зависи од температуре гаса, притиска и састава гаса. Ову појаву су посматрали Joule и Thomson и према њима се снижење температуре гаса при снижењу притиска назива Joule-Thomson-ов ефекат. Он се, иначе, изражава једначином [1]:

$$\mu_{JT} = \left(\frac{\delta T}{\delta p} \right) = \frac{v}{c_p} (\alpha T - 1), \quad h = const$$

Има више начина за израчунавање промене температуре гаса са променом притиска. Помоћу опште једначине стања Вандер Валса и термодинамичке формуле за диференцијални пад притисака $\left(\frac{\delta T}{\delta p} \right)$ при константној енталпији. Интегрални пад температуре T се за одређену разлику притисака израчунава помоћу једначине, која се мање-више слаже са измереним стварним вредностима. Та једначина гласи:

$$t_1 - t_2 = \left(\frac{p_2^2}{1,03911 \cdot 10^6} \cdot (28 - 2,85 \cdot \sqrt{t_1}) + 0,486 - \frac{2270}{10^6} \cdot t_1 \right) \cdot (p_1 - p_2)$$

где је:

t_1, t_2 , °С – температуре на почетку и крају експанзије,
 p_1, p_2 , bar – притисци пре и после експанзије.

Начин за налажења пада температуре приликом експанзије гаса је коришћење Молијеровог дијаграма за гас. При томе се иде од претпоставке да се приликом експанзије, енталпија гаса не мења [1].

3. НАЛАЗИШТА ПРИРОДНОГ ГАСА

3.1. Класификација лежишта природног гаса

Класификација лежишта врши се због начина разраде, режима и технологије производње, а критеријуми за класификацију су физичке и термодинамичке особине флуида. Најважније особине - **густина, компресибилност и вискозност** - зависе од *PVT* услова, тј. од односа притиска, запремине и температуре гаса.

Према неким ауторима у природи постоје три типа лежишта: **изолована гасна, гасно-нафтна и гасно-кондензатна**. Други их деле на лежишта **сувог гаса, влажног гаса, гасног кондензата и испариве нафте** [10].

Изолована гасна лежишта. У изолованим гасним лежиштима налази се тзв. **суви или сиромашни ПНГ** без виших угљоводоника. Те врсте налазишта обично нису у непосредној вези са нафтом. Од угљоводоника у њима доминантан је метан, а етан, пропан и бутани, налазе се у променљивим и углавном малим количинама. Притисак у таквим лежиштима може бити и до 100 бара (10 МПа).

Гасно-нафтна лежишта. У лежиштима овога типа ПНГ је у контакту са нафтом. Поред метана у таквом гасу налазе се знатно веће количине етана, пропана и бутана, па и виших угљоводоника. Због тога је условно назван **"влажним", богатим или масним нафтним гасом** нафтног порекла.

Код гасно-нафтних лежишта постоје две могућности: Да гас прати нафту или да нафта прати гас. У оба случаја део гаса је растворен у нафти, а слободни део се налази изнад ње у тзв. гасној капи. Тај део сврстава се у групу природних нафтних гасова, а део гаса који се налази растворен у нафти, назива се пратећим нафтним гасом.

За свако лежиште ове врсте одређује се тзв. гасни фактор. Он је дефинисан бројем стандардних кубних метара гаса (Sm^3) који се могу добити из једног кубног метра течности (нафте или кондензата) и изражава се као Sm^3/m^3 . (Sm^3 ознака је за кубни метар гаса при атмосферском притиску и на 15°C).

Зависно од услова у лежишту и од степена промена које су се дешавале током генезе и миграције, величина гасног фактора може да варира у широким границама: од 900 до 18.000 Sm^3/m^3 код гасно-кондензатних лежишта, од 5 до 500 Sm^3/m^3 код гасно-нафтних и испод 20 Sm^3/m^3 код лежишта тешких нафти.

Високе вредности гасног фактора карактеристичне су за лежишта јако трансформисане парафинске нафте, а ниске за мање трансформисане нафтенске нафте. Иначе гасни фактор опада током експлоатације лежишта сразмерно степену искоришћења. Због садржаја виших угљоводоника ти гасови су названи **влажним, масним или богатим**. По томе су слични гасовима из гасно-нафтних лежишта.

Виши угљоводоници се при снижењу температуре кондензују, поново прелазе у течно стање у природни газолин (смешу угљоводоника од C_5 до C_{10}), или у кондензат (смешу

угљоводоника од C₅ до C₃₅.)

Количине кондензата могу да се крећу од 100 до 500 cm³/m³ природног гаса. Овакви кондензати могу се прерађивати истим редоследом као нафта. Лаки дестилати могу бити сировине за изомеризацију, каталитички реформинг или компоненте моторних бензина; често их на нафтним пољима мешају са сировом нафтом којој се тако повећава цена.

3.2. Испитивање налазишта природног гаса

Методе лоцирања налазишта природног гаса су значајно напредовале у последњих двадесет година, захваљујући примени напредне технологије. На самом почетку индустријског развоја, једини начин за проналажење подземних извора гаса био је тражење површинских промена земљишта, које су карактеристичне за локације испод којих се налази гас. У раним истраживањима, истраживачи су били приморани да копају површинске слојеве земље у нади да ће доћи до цурења нафте или гаса на том месту. Међутим јако мале количине нафте и гаса су доспевале до површине па је овај начин истраживања био веома тежак и неефикасан. Како је расла потражња за фосилним горивима тако су биле неопходне прецизније методе лоцирања ових налазишта.

Напредак технологије омогућио је невероватно повећање успешности у лоцирању налазишта природног гаса. У овом делу говориће се о томе како геолози и геофизичари користе технологију и знање да би прикупили податке који могу касније да се искористе за проналажење резерви гаса. Међутим треба назначити да је процес тражења природног гаса и нафте и даље непоуздан због комплексности самог истраживања и чињенице да се природни гас налази на неколико хиљада метара испод земље.

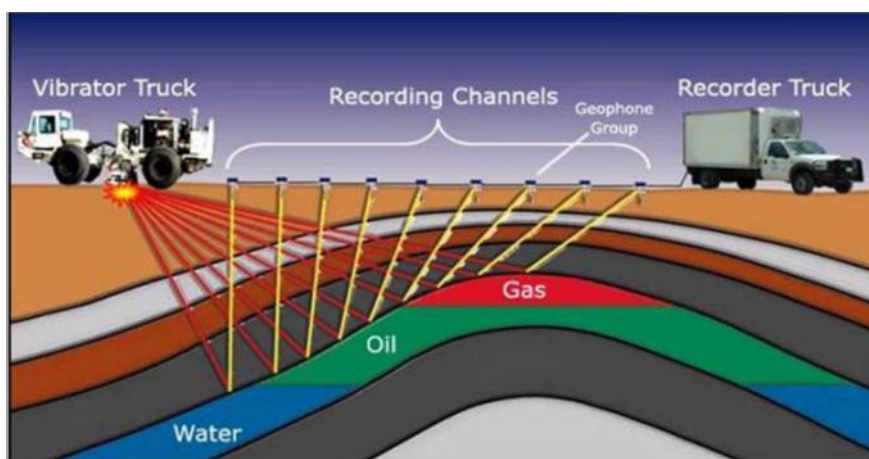
Истраживање обично почиње геолошким испитивањем површинске структуре земље. Утврђено је да је испод одређених врста земљишта (антиклиналних) већа вероватноћа постојања налазишта природног гаса и нафте. Ове антиклиналне површине су подручја где је земља наборана, конвексна навише, формирајући облик куполе који је карактеристика великог броја подземних резервоара природног гаса. Када геолози утврде област где је могуће да постоје залихе гаса и нафте, може се приступити детаљнијем тестирању. Ова тестирања омогућују прецизније мапирање подземних извора. Тестови се обично изводе од стране геофизичара.

Убедљиво до највећег напретка у истраживању налазишта нафте и природног гаса је дошло применом знања из области сеизмологије. Сеизмологија је метод истраживања који се темељи на принципу одбијања звучних таласа од површине подземних стена, на чијем темељу научници добијају акустичну слику подземља. 1855 Луиђи Палмеире (*Luigi Palmieri*) је развио први сеизмограф, инструмент који служи за детектовање и снимање земљотреса. Овај уређај омогућавао је да се детектују и сниме вибрације у земљиној кори које се дешавају током земљотреса. Међутим, све до 1921.године ова технологија није се примењивала за проналажење подземних извора фосилних горива.

Овај начин функционисања може се објаснити помоћу гуме лопте. Када се гумена лопта испусти на бетон одскочиће на другачији начин него када би исту лопту испустили на песак. Сходно овоме, сеизмички таласи пропуштени кроз подземне слојеве, одбијаће се различито ако је материјал порозан или чврст (стена). На тај начин може се одредити дубина ових слојева.

а. Копнена (Onshore) сеизмологија

У пракси, примена сеизмологије за истраживање копнених подручја укључује стварање вештачких сеизмичких таласа и њихово прикупљање након рефлектовања. Таласи се прикупљају од стране уређаја смештених у земљи, чија је осетљивост велика а који се називају геотелефонима (*geophones*). Вештачки таласи се производе активирањем малих експлозивних направа или вибратора који се постављају на посебне камионе. Подаци прикупљени геотелефонима прослеђују се возилима посебно опремљеним за њихову обраду (слика 3.1) показује поступак описан у претходном делу текста.



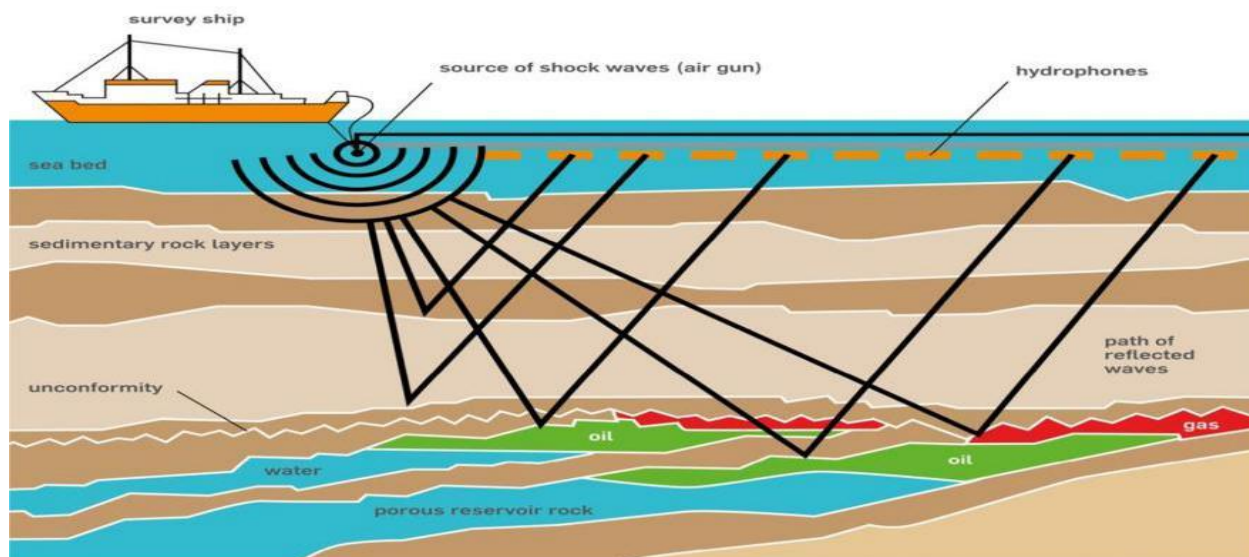
Слика 3.1. Сеизмолошко копнено истраживање

На самом почетку примене знања из сеизмологије у проналажењу резерви фосилних горива, сеизмички таласи су стварани коришћењем динамита. Ове пажљиво планиране мале експлозије су стварале жељене сеизмичке таласе. Због забринутости за животну средину и напретком технологије, све ређе су се користила експлозивна пуњења за стварање потребних сеизмичких таласа. Уместо тога користе се неексплозивна средства за њихово добијање. Ова неексплозивна технологија се обично састоји од тешких робусних камиона, која носе специјалну опрему дизајнирану да створи снажне ударце или серију вибрација. Ови ударци или вибрације стварају сеизмичке таласе сличне онима које добијамо употребом динамита.

б. Сеизмологија на мору (Offshore)

Када се врши истраживање резерви природног гаса које се налазе на хиљаде метара испод морског дна, незнатно другачији метод сеизмиолошког истраживања се користи. Уместо возила и геотелефона користе се брод и хидротелефони за прикупљање подводних сеизмичких таласа. Уместо коришћења динамита или удараца на морско

дно, ови бродови користе велике ваздушне топове, који ослобађају рафале компримованог ваздуха под водом, стварајући сеизмичке таласе који продиру кроз морско дно те се враћају до хидрофона причвршћених за дугачки кабл што га за собом вуче истраживачки брод. Истраживачи помоћу добијених података израђују компјутерске приказе који им олакшавају анализу подморја.



Слика 3.2. Сеизмолошка истраживања на мору

Поред сеизмологије за истраживање резерви гаса користи се и магнетометрија. Магнетометријским путем се одређују мале промене у магнетном пољу земљине коре. Одређивање се спроводи уз помоћ сателита који поседују опрему за мерење магнетног поља широм земаљске кугле. Поред промена у магнетном пољу могу се вршити и мерења разлика у гравитационом пољу земљине коре.

3.3. Постројења за бушење

Када се потенцијално налазиште природног гаса лоцира од стране тима за истраживање (геолога и геофизичара), на ред долази тим експерата за бушење који копају тамо где се сматра да гас постоји. Иако процес копања кроз земљину кору у сврхе тражења резерви гаса делује застрашујуће и неизводљиво, индустрија је развила низ иновација и техника које смањују цену а повећавају ефикасност копања.

Одлука да ли ће се вршити бушење зависи од различитих фактора, укључујући економски потенцијал налазишта. Компаније троше много новца за истраживање и производњу гаса, и увек постоји ризик неналажења очекиване, односно процењене количине природног гаса. На основу података о величини, односно о резервама и података о проценту гаса који се може добити на површини одређује се вредност лежишта. Да би се инвестирало у производњу на истраживаном лежишту, трошкови истраживања и експлоатације морају бити нижи од цене која се постиже продајом гаса на тржишту. До процене трошкова планиране рударске експлоатације може се доћи применом сложене процедуре пројектовања технолошког процеса са кључном улогом

методе и технологије бушења. За провођење ове процедуре кључни значај имају подаци о лежишним условима до којих се долази истраживањем лежишта. Након што тим геофизичара одреди локацију као потенцијално добру за бушење, неопходно је да компанија задужена за тај део посла буде сигурна да је преузела све кораке неопходне за легално копање у тој области. Ти кораци обично подразумевају обезбеђивање дозвола за операције бушења, оснивање правног споразума који дозвољава гасној компанији да вади и продаје гас који се налази у датој области, и план линије цевоцода.

Захтеви да постројења брзо и ефикасно избуше бушотине (вертикалне, косе, хоризонталне, великог пречника, великих дубина, у сложеним условима радне средине) чине да су ова постројења по својој структури веома сложена, са бројним, по функцији, врло специфичним целинама. Постројење за бушење, својим техничко-технолошким карактеристикама, мора да обезбеди: квалитетно извршавање функција за које је намењено, могућност брзог и лаког транспорта, брзу монтажу и демонтажу, поузданост у раду, безбедност послужоца, еколошку прихватљивост, итд. Постројења за бушење се класификују према:

- Месту примене на:
 1. постројења за бушење на копну,
 2. постројења за бушење на мору



Слика 3.3. Бушотина на мору



Слика 3.4. Бушотина на копну

- Начину деловања радног елемента на:
 1. постројења са механичким (ударним, ротационим, ударно-ротационим) деловањем,
 2. постројења са физичким (плазменим, електротермичким, термомеханичким, електрофизичким, хидрауличким, ласерским, итд.) деловањем.

3.3.1 Постројење за бушење на копну

Бушења на копну су још увек доминирајућа на пословима истраживања и експлоатације нафте и гаса. Преко 80% постројења за бушење је лоцирано на копну. Код копненог бушења гасног налазишта разликујемо две методе:

- Бушење уз примену “ужета” (“cable tool”) или **ударно** – перкусионо бушење, те
- Бушење ротацијом односно **ротационо** бушење

Ударно бушење

Ударно бушење је добило име по начину рада бушећег прибора, односно по начину наношења оптерећења на тло. Бушеће длето није стално у контакту са стеном него се периодично диже и спушта. Последица динамичког оптерећења, тј. удара сечива длета по стени на дну бушотине је цепање, одваљивање, дезинтеграција дела стенског масива изложеног овом динамичком оптерећењу. Дезинтегрисани материјал се из бушотине износи кашиком или исплаком [13]. Овај начин бушења нема велику примену у истраживању лежишта због малог броја информација о лежишту и стенском масиву које се њим могу добити. Савремено ротационо бушење готово је потпуно истиснуло старије ударно бушење. Овом техником се могу бушити бушотине великог пречника од 148 до 850 *mm*, дубина до 2000 *m*, искључиво вертикално наниже.

Према технологији извођења постоје два вида ударног бушења:

- Ударно бушење без исплаке (са ужетом)
- Ударно бушење са исплаком (са бушећим шипкама)

Ротационо бушење

Данас се, за потребе истражног и експлоатационог бушења, најчешће користе постројења са ротационим дејством радног органа. Постројења за ротационо бушење се класификују према:

- максималном оптерећењу на куки,
- оријентационој дубини бушења.

Додатни критеријуми су:

1. капацитет пумпе,
2. притисак пумпе,
3. снага мотора,
4. дужина секције.

Технолошки процес ротационог бушења се састоји од следећих радних операција:

- ротација и уздужно померање длета у смеру напредовања чела бушотине,
- испирање бушотине и изношење разореног материјала на површину,
- настављање бушаћег прибора са напредовањем чела бушотине,
- подизање и спуштање бушаћег прибора,
- припрема, обрада и чишћење флуида који се користе за испирање бушотине,
- спуштање обложних колона да се обезбеди стабилност зидова бушотине.

Ове операције указују да је постројење за бушење сложене структуре, са следећим функционалним целинама:

- торањ,
- уређаји за подизање и спуштање (маневрисање) бушаћег прибора,
- уређај за ротацију бушаћег прибора,
- уређаји за испирање канала бушотине,
- уређаји за припрему и обраду бушаћег флуида,
- уређаји за заштиту,
- помоћни уређаји.

Ови уређаји, заједно са:

- прибором за бушење и
- длетима за бушење,

Ротационо обезбеђују да се процес бушења одвија по пројектованим параметрима. Специфична техничка решења обезбеђују могућност усмереног (косог или хоризонталног) бушења. За све ове послове потребно је обезбедити одговарајуће алате (ручне или механичке), уређаје за праћење рада током ушења, помоћне уређаје, итд. Потребна опрема за безбедан рад и смештај људства је такође део ових постројења [11].

Овај метод бушења користи ротациони сто за погон тј.обртање бушаћих шипки, али без преноса осног оптерећења на њих. На овај начин се могу постићи велике дубине уз велике почетне пречнике бушења и брзине бушења које достижу неколико десетина метара на час у неким стенама.

3.3.2 Постројења за бушење на мору

Све већа потражња за гасом намеће потребу истраживања и експлоатације гаса, из лежишта која се налазе у приобаљу или испод нивоа. Специфични услови радне околине наметнули су и специфична техничка решења ових постројења.

Фиксне платформе се најчешће користе за дубине мора, језера и мочвара до 300метара. За њих је карактеристично да леже на носачима који су набијени у дно или су то бетонски носачи који својом масом обезбеђују стабилност постројења. Користе се на местима где се очекује дуг временски период експлоатације (велике резерве) који може да покрије велика инвестициона улагања у ове платформе.

Подижућа платформа је широко коришћена мобилна платформа за бушење на мору. Носачи платформе могу бити цилиндрични стубови. Такође могу бити отворене решеткасте конструкције (као и торањ). Када се труп платформе постави на локацију за бушење, посада спушта ногаре док не дотакну морско дно. Затим они подижу или спуштају труп изнад висине деловања највиших таласа. Опрема за бушење је на горњој страни трупа. Највеће подижуће платформе могу да буше у водама дубине до приближно 120 метара.



Слика 3.5. Врсте постројења за бушење на мору

Полууроњене платформе су међу највећим плутајућим постројењима икада направљеним. То су мобилне платформе са понтонима који су испод нивоа мора. Оне могу бити високе преко 30 метара, а њихова главна палуба је површине око 2500 m^2 . Понтон је дуг, узан и шупаљ челични пловак-бова са правоугаоним или кружним попречним пресеком. До одабране локације се транспортују вучом, а на одабраној локацији, понтони се пуне водом, платформа тоне док понтони не достигну зону мирне воде (18-30 m). Радна висина палубе је 9-15 m изнад нивоа мора. Стабилизација платформе се изводи сидрењем, а контрола положаја платформе се остварује аутоматски, опремом која се састоји од: уређаја за давање информација о положају (сателитска навигација), рачунара за обраду података и погона за корекцију положаја. Већина платформи овог типа ради у водама дубине 300 до 1000 метара, а максимална дубина воде у којима могу да раде је 2500 метара. Полууроњене платформе могу да буше до дубине од 9000 метара.

Бродови за бушење су мобилна постројења са могућностима за бушење на свим дубинама. Они су погодни за бушење на удаљеним локацијама. Већина бушаћих бродова делује у водама дубоким од 300 до 1000 метара, али могу и до 3200 метара. Велики бушаћи бродови могу бити дугачки више од 350 метара, широки 30 метара и са трупом вишим од 18 метара. Озбиљни недостаци ових уређаја су: велика бочна и вертикална померања до којих долази услед таласања површине мора и дејства ветра или јаким морских струја. Стабилизација се остварује системима за: сидрење, контролу положаја и љуљања, контролу позиционирања и корекцију положаја.

3.3.3 Опрема за бушење

1. Елементи опреме канала бушотине

Бушотине се могу израђивати на: копну, у приобаљу и мору. Према месту израде канала бушотине, формирају се специфична решења опремања [11]. Заједничко за све поступке опремања је да се опрема бушотине дели на:

- површинску (подводну) опрему,
- опрему канала бушотине,
- опрему дна канала бушотине.

Површинску опрему (опрему уста канала бушотине) чине склоп више различитих елемената, смештених на површини продукционе бушотине, са следећим задатком:

- да се о њу каче обложне и производне цеви,
- да се на њу монтира арматура која формира опрему која се користи за различите поступке експлоатације, тј. да са површине контролише проток флуида из бушотине
- да се обезбеди погон опреме (пумпи) која се смешта у канал бушотине.

Површинску опрему чине:

- бушотинска глава (Wellhead),
- јелка (Christmas tree).

Бушотинска глава је намењена да се о њу каче једна (слика 9.1) или више обложних цеви (Casing). Конструкција бушотинске главе је прилагођена технолошком решењу експлоатације лежишног флуида. Генерално, бушотинску главу чине више, међу собом повезаних, елемената од којих је најзначајнији захватни клин.

Опрему канала бушотине чине:

- Колона заштитних цеви (Casing);
- Производне цеви (Tubing);
- Обложне цеви (Liner);
- Пакери (Packer);
- Помоћна и мерно-контролна опрема.

Основна намена **колоне заштитних цеви** је да обезбеди:

- учвршћивање зидова канала бушотине тамо где су физичко-механичке карактеристике стенског материјала лоше,
- раздвајање слојева са различитим хидродинамичким целинама,
- припрему канала бушотине за дуготрајну експлоатацију гаса.

Уводна колона је прва заштитна цев која се уграђује у бушотину до дубине од десетакметара. Основни задатак ове колоне је да спречи обрушавање горњих растреситих слојева земљишта и да формира ушће бушотине.

Површинска колона заштитних цеви се уграђује у бушотину са задатком: да се изолују водоносни слојеви и да се на тај начин спречи продор подземних вода у канал бушотине; да спречи губитке исплаке; да се омогући уградња сигуросносних уређаја на ушћу бушотине; да се обезбеди ношење нових композиција колоне заштитних цеви.

Техничка колона се уграђује у зонама где се појављују значајни проблеми при формирању канала бушотине. То су пре свега зоне са различитим порним притисцима, и зоне где се јавља интензивно обрушавање и бубрење стенског материјала, итд.

Експлоатациона колона заштитних цеви се уграђује кроз продуктивне слојеве, када треба испитати те слојеве или када су ти слојеви позитивни. Основна функција експлоатационе колоне је да:

- заштити продуктивни слој и омогући његово испитивање и производњу,
- обезбеди херметичност и директну везу продуктивног слоја са устима бушотине (опремом на површини), обезбеди замену производне опреме у бушотини током експлоатације слоја, итд

Производна цев (Tubing), је цев мањег пречника од заштитне цеви. Од производних цеви се формира колона која се спушта у бушотину. Основни задатак, овако формиране колоне цеви, је:

- да обезбеди могућност подизања смеше нафте, воде и гаса из лежишног слоја,
- довођење, у бушотину, течности или гаса са циљем интензивирања производње,
- спуштање опреме у канал бушотине.

Производне цеви су глатке цеви са крајевима на којима су нарезани навоји. Спајање се остварује спојницама које су, као и цеви, опремљене навојем. Димензије и конструкција производне цеви мора да обезбеди:

- оптималну производњу,
- отпорност на кидање у најугроженијем пресеку,
- отпроност на унутрашњи и спољашњи притисак,
- отпорност на дејство корозије, херметичност свих спојева у колони.

Заштитна цев (Liner) је кратка колона цеви која не допире до дна канала бушотине, а штити зидове канала бушотине испод пете претходне колоне обложних цеви. Уграђују се у канале бушотина на местима где се поред заштите зида цеви (Casing) мора обезбедити и нормалан доток лежишног флуида.

1. Пакери

Бушотински заптивачи (Packer) су уређаји који се користе за:

- заптивање опреме која је спуштена у бушотину, а која формира два канала при експлоатацији више слојева,
- бесцевну експлоатацију-извлачење флуида обложном колоном,

- заптивање које се користи током испитивања и то у случајевима: одвојеног испитивања слоја, када је више слојева отворено једном бушотином; провера херметичности обложне колоне и херметичности цементног слоја,
- заптивање које се примењује за дејство на слој у циљу побољшања продуктивности слоја, и то при: хидроразарању слоја, одржавању притиска у слоју, доводу топлоте у слој.

4. СКЛАДИШТЕЊЕ ПРИРОДНОГ ГАСА

4.1. Начини складиштења

Природни гас се примарно користи за производњу електричне енергије и грејање простора. У многим деловима света потражња има сезонски карактер. Најчешће, више се гаса троши током хладних месеци него током топлх. Међутим, потражња за електричном енергијом се лети повећава и због све веће употребе уређаја за климатизацију [13]. Осим тога, локална потражња за електричном енергијом варира током једног дана - најчешће је повећана током дана, а смањена током ноћи. Периоди вршне потрошње могу трајати само пола сата, но дистрибутери електричне енергије морају у сваком тренутку бити спремни и у случају потребе доставити додатне количине енергије.

Произвођачи електричне енергије који као погонско гориво користе гас, тај гас морају купити. Дугорочни уговори са добављачима осигуравају базичну производњу електричне енергије, но сезонска потражња која варира, узрок је додатних улагања односно куповине додатних количина гаса. Када је потражња мања, те се количине продају на тржишту или се складиште. Добављачи гаса често потписују такозване "узми или плати" уговоре с извозницима гаса, нафтним или гасним компанијама или с власницима гасовода. Тим дугорочним уговорима, купац се обавезује да плати договорене количине гаса иако је потражња на тржишту мала. У време велике потражње, добављачи исто купују гас, но уколико се она смањи, често се одлучују на складиштење, како би продали гас по већој цени.

Подземно складиштење гаса важан је начин контролисања цене тог енергента на тржишту. Складиштење као такво, важан је део ланца који се протеже од експлоатације и производње до дистрибуције, те, на крају, до потрошача. Постоји много компанија које се баве само складиштењем и трговином гаса. Њихова складишта су најчешће повезана гасоводом са више добављача и дистрибутера. Иако се чини изненађујуће да се природни гас утискује назад у лежиште након што је уложено толико пуно времена, труда и новца за његову производњу, подземна складишта гаса имају важну улогу у снабдевању природним гасом. Успешно се употребљавају већ стотињак година како би се успоставила равнотежа између потражње и снабдевања гасом. Складиштење гаса је неопходно и у смислу настанка неког инцидента који би спречио производњу или испоруку гаса. Број гасних складишта у свету се стално повећава, а нарочито након нестабилности које се периодично јављају на тржишту нафте и гаса.

Транспортни систем природног гаса подложен је великим дневним, месечним и годишњим променама у односу између снабдевања и потражње. С друге стране, произвођачи и дистрибутери желе да снабдевање гасом буде константна у свако доба. Потрошачима је гас потребан само у одређеним тренуцима (за време кувања, грејања). Подземна складишта гаса омогућавају задовољавање потражње потрошача у случајевима кад је потражња већа од количине гаса која се налази у дистрибутивној мрежи.

Овакав пример потрошње типичан је за сезонско складиштење гаса, када се подземно складиште гаса пуни за време летњих месеци, а празни за време зимских. Складишта гаса описане намене називају се сезонска складишта [13].

- неким земљама дневне промене могу бити већих размера него годишње. Због тога је потребно дневно складиштење гаса, с тим да се гас утискује у складиште током ноћи, а користи се ујутро и предвече, па се таква складишта често називају дневна складишта гаса.
- изузетним ситуацијама вршне потрошње, користе се посебна складишта гаса где се велике количине гаса дистрибуирају у кратком периоду (неколико дана). Оваква складишта се користе у најхладнијим зимским данима, с тим да се допуњују у летњим месецима, а називају се складишта за покривање вршне потрошње.

Прекиди снабдевања су углавном узроковани техничким проблемима (отказивање компресорских станица или проблеми с гасоводом), а у случају међународног транспорта и дистрибуције прекид снабдевања могу узроковати политички разлози (нпр., случај између Украјине и руске компаније Газпром у зиму 2008.-2009.). Да би се у таквим ситуацијама осигурале довољне количине гаса, користе се тзв.стратешка складишта гаса. Гас из таквих складишта не мора се употребљавати неколико година, осим у ванредним ситуацијама. Замишљени сценарио оваквих складишта се заснива на претпоставци да би прекид снабдевања могао потрајати 2-6 недеља. Пуњење оваквог типа складишта није временски условљено.

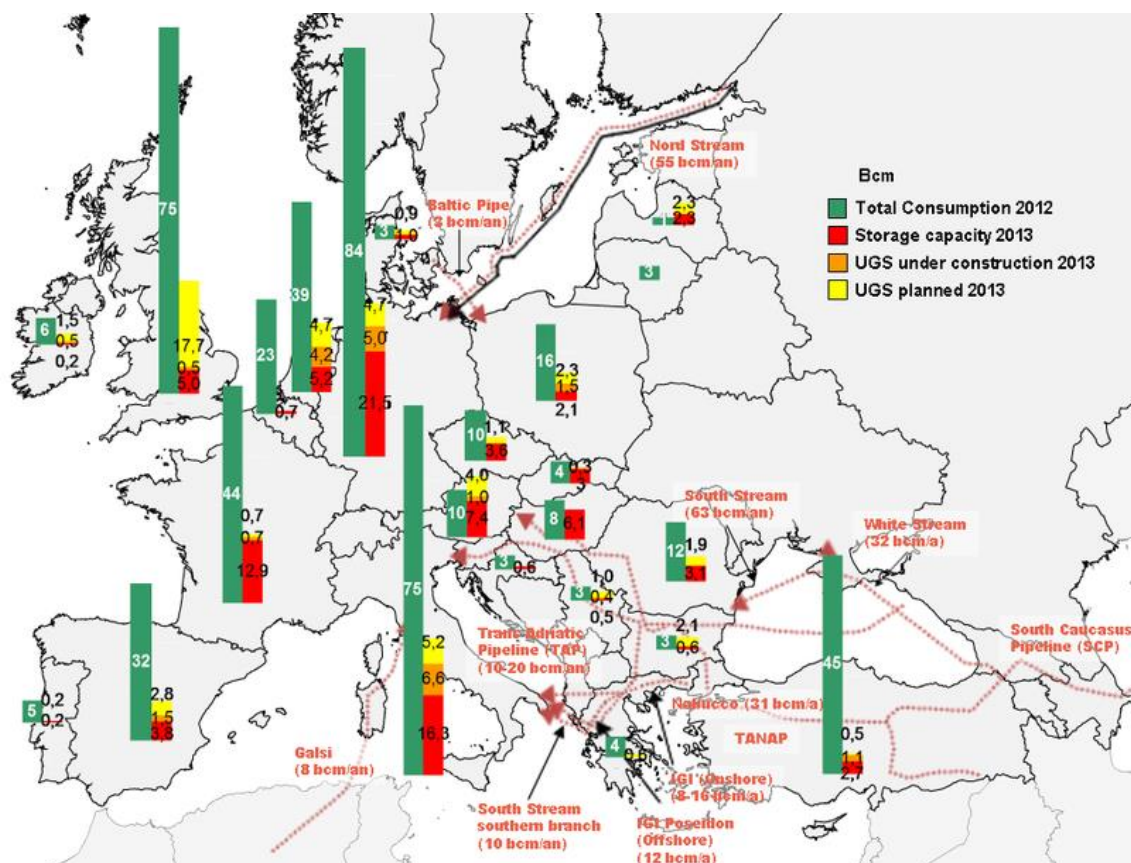
Како би се осигурале потребне количине гаса, складишта се често налазе близу гасних поља. Такви облици складишта се називају **производна складишта**, а сврха им је сигурна испорука гаса у дистрибутивну мрежу (гасовод). У таквим случајевима, производња гаса углавном није константна, него је повезана с производњом нафте, те често зна бити прекинута због различитих фактора (нпр., у Мексичком заливу због урагана). Сви наведени облици складишта употребљавају се у свим земљама света и на свим тржиштима гаса.

4.2. Подземно складиште гаса

Потреба за подземним складиштима гаса је све већа због променљиве потребе за тим енергентом. Технике и технологије које се користе код пројектовања, изградње те надгледања подземних складишта гаса већином потичу из нафтне индустрије.

Прво подземно складиште отворено је 1915.године у Онтарију, Канада. 1916. године поље Зоар, близу *Buffala, New York*, постало је прво подземно складиште гаса у САД-у које је и данас активно. Гас се у складиште утискивао током лета, а експлоатисао се током зиме. У исто време, 1916.године, компанија Deutsche Erdoel AG патентирала је израду бушотина у сланим кавернама у сврху утискивања односно складиштења сирове нафте и дестилата. Током следећих деценија, није било великог напретка у технологијама складиштења, но 1950.године у Америци је дошло до нових активности.

Те је године, кондензат по први пут ускладиштен у хемијски обрађену слану каверну на пољу *Keystone, Texas*. 1961. године пећину у наслагама соли у *Marysville, Michigan*, САД, постала је прво складиште за природни гас тог типа. Ови пројекти складиштења покренути су у сврху испоруке гаса растућим центрима популације (градовима) и то када је потражња почела премашивати капацитете постојећих гасовода и нафтовода. Прва каверна добијена отапањем соли у солној доми постала је складиште природног гаса током 1970-тих година и то у сврху испоруке гаса током разних урагана када производња из Мексичког залива није била могућа. Слична складишта су изграђена у сврху складиштења стратешких резерви виђених као питање националне безбедности. Тренутно, широм света постоји 628 различитих подземних складишта гаса. Отприлике две трећине налази се у Сједињеним Америчким Државама, а већина осталих смештена је у Европи. Складишта се најчешће налазе у исцрпљеним лежиштима нафте и гаса или у аквиферима, док су остали типови складишта много ређи [13].



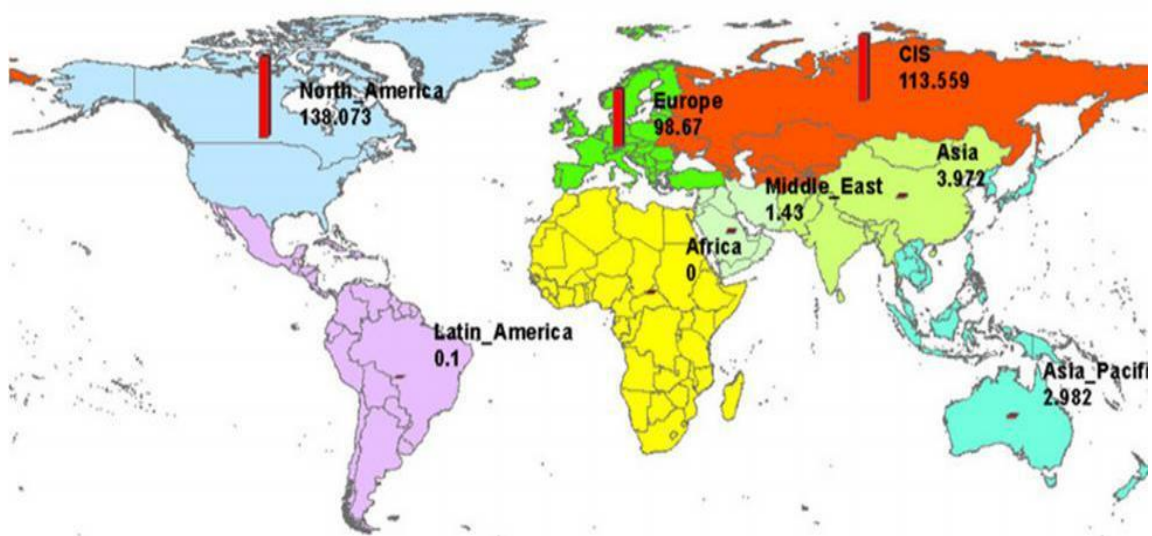
Слика 4.1. Подземна складишта гаса у Европи

Подземно складиште гаса (ПСГ) карактеришу радна запремина гаса, потисни гас (гаснијастук), испорука и време потребно за утискивање/црпљење гаса у/из ПСГ.

Радна запремина гаса или **радни гас** је максимална запремина гаса која се може исцрпети из пуног складишта. Та количина гаса може се утиснути у складиште и из њега црпети више пута годишње. Корисна количина гаса ће бити већа што је већи

максимално дозвољени притисак у лежишту. Максимални притисак у складишту одређен је чврстоћом покривне стене, односно притиском пробоја. Максимално дозвољени притисак за исцрпљена или делимично исцрпљена гасна лежишта једнак је почетном лежишном притиску, односно ономе који је у лежишту владао на почетку експлоатације, увећан за притисак пробоја. Притисак пробоја одређује се лабораторијски, на узорцима стене добијене језгровањем током израде бушотина.

Гасни јастук је гас који остаје у ПСГ-у и не може се повући из лежишта. Он одржава минимални притисак у лежишту који је потребан како би црпљење гаса било могуће. Када се као подземно складиште употреби исцрпљено гасно или нафтно лежиште, гасни јастук тек треба формирати утискивањем потребне количине гаса да би се постигао потребан притисак у складишту. Често се уместо потребне количине гаса утискују угљен-диоксид, азот, те гасови чија се употреба све више напушта (рафинеријски, готлени и сл.) и гасови сагоревања, ако су такви гасови расположиви у довољној количини. Кад се за складиште гаса предвиђа употреба делимично исцрпљеног гасног лежишта, експлоатација гасног лежишта се обуставља кад се лежишни притисак смањи до нивоа која одговара потребама складишта. Тада преостали гас у лежишту чини гасни јастук па запремину гасног јастука не треба допуњавати.



Слика 4.2. Радна запремина гаса у свету изражена у милијардама t^3

Оброк црпљења је количина гаса која се може повући из складишта у одређеном времену. Углавном је константна током црпљења када се у складишту налази велика количина гаса, а смањује се када услед црпљења дође до смањења притиска у лежишту или каверни.

Оброк утискивања гаса је супротан црпљењу гаса из складишта, те се изражава као количина гаса која се може утиснути у складиште у одређеном времену. Ова количина се смањује са попуњавањем складишта.

Време рада складишта је однос између радне запремине и оброка црпљења или радне запремине и оброка утискивања, а посредно показује ефикасност постројења. Време рада одређених складишта је прилично дуго (60 до 120 дана), а за време вршне потрошње је релативно кратко (1 до 20 дана), и може бити тек неколико сати.

4.2.1. Облици подземних складишта

Подземна складишта могу бити израђена у наслагама соли, исцрпљеним нафтним и гасним лежиштима, те напуштеним рудницима. За сваки пројекат израде складишта потребна је петрофизичка и механичка карактеризација посматраног лежишта. Код наслага соли битно је испитати њихову чврстоћу и запремину. Код лежишта која се налазе у порозним стенама битно је видети да ли су затворена, те да ли имају одговарајућу порозност односно пропустљивост, будући се током периода складиштења, односно експлоатације очекује велики проток гаса.

Два веома важна параметра за сваки тип складишта су радна запремина гаса, односно укупна количина гаса коју је могуће произвести (црпети) из лежишта, те максимална испорука коју је могуће остварити током дефинисаног временског периода.

Максимална испорука гаса ограничена је отпорима протицању, а зависи од отпора који се јављају услед протицања у бушотини и порном простору. Конструкција бушотина кроз које се утискује/црпи гас из подземних складишта мора бити таква да бушотина издржи велике притиске утискивања, велике добаве, те брзе и честе промене тока (од утискивања до производње). Подземна складишта гаса, за разлику од конвенционалних лежишта нафте и гаса имају дуготрајан радни век од чак 80 година, па и дуже.

а) Складиштење у гасна лежишта

Већина постојећих подземних складишта налази се у исцрпљеним гасним лежиштима. Предност оваког типа складишта представљају добро познате карактеристике лежишта у које се утискује гас. То не значи да је било које искоришћено гасно лежиште повољно за складиштење. Основне карактеристике које одређују да ли је неко лежиште прикладно да буде складиште гаса су:

- **Непропусност лежишта** - иако гасна лежишта имају способност задржавања гаса, након одређеног времена може доћи до промена у геолошким формацијама које могу резултирати губитком гаса из лежишта. Разлози губитка гаса из лежишта могу бити фрактурирања стена због превеликог притиска, продор гаса у суседне формације или лоша веза између цементног камена и колоне заштитних цеви.
- **Величина лежишта** - геолошки је ограничена, с тим да би лежиште требало бити довољно велико за смештај радне запремине гаса и потребног гасног јастука. Величина лежишта не би требала бити превелика, јер ће онда бити потребна

превелика количина потисног гаса (гасног јастука), те ће пројекат бити економски неисплатив.

- **Својства лежишта** -шупљикавост, пропустљивост и дебљина лежишта нису само својствакоја утичу на понашање бушотине већ и на кретање гаса према бушотини и од ње дубље у лежиште. Брзине кретања гаса у ПСГ у лежиштима су често неколико пута веће од брзина које су карактеристичне за производни век лежишта. Запремина гаса који се произведе у периоду од 10 до 20 година, може се утиснути и испразнити из ПСГ-а у периоду од свега 3 до 6 месеци.
- **Снага аквифера** -многа ПСГ-а не садрже воду те се понашају као резервоар чији је притисак пропорционалан количини гаса у лежишту. Међутим, у лежиштима у којима се испод слоја гаса налази вода (аквифер), вода ће се проширити унутар слоја гаса. У неким случајевима подизање (ширење) слоја воде је толико снажно да се вода у случају смањења запремине гаса у лежишту кроз гасни јастук пробије до производних бушотина. Гасне бушотине могу издржати одређену количину воде али би превелике количине изазвале гушење бушотине. У неколико ситуација се показало да се у случају када вода из аквифера досегне производне бушотине испорука гаса се смањује због накупљања талога у бушотини. С друге стране подизање нивоа аквифера ће допринети одржавању потребног притиска, те ће се тиме смањити потребна количина гаса у гасном јастуку.
- **Присуство кондензата у лежишном гасу.** У случају када се ради о лежишту мокрог гаса,са смањењем лежишног притиска долази до издвајања кондензата који остаје у лежишту. Код црпљења утиснутог гаса из складишта, део кондензата ће излазити и с гасом из складишта доћи на површину. У гасу који се црпи из складишта може се налазити и одређена количина воде. Воду и кондензат потребно је на површини издвојити из гаса. Уколико је потребно издвојити само воду проблем се лако решава применом методе апсорпције на основу које се у постројењу вода уклања помоћу триетиленгликола. Поступак је јефтин, а потребно смањење притиска излазног гаса износи само неколико бари. Међутим, уколико из гаса треба уклонити теже угљоводонике потребно је за примену система на принципу Џул-Тхомпсоновог учинка остварити пад притиска између 20 и 40 бара, што резултира мањом производношћу бушотина. Зато се на новијим складиштима за уклањање воде и тежих угљоводоника примењују адсорпцијски системи са силикагелом као адсорбентом. Недостатак система је његова висока цена.
- **Удаљеност складишта од тржишта.** Удаљеност складишта од система цевовода за снабдевање врло је важно размотрити приликом одабира лежишта погодног за складиштење природног гаса.

б) Складиштење гаса у нафтна лежишта

Када се гас складишти у нафтним лежиштима, углавном се складишти у гасну капу која је већ присутна у лежишту (то може бити примарна гасна капа и секундарна гасна капа формирана током производње нафте). Понашање оваквих лежишта је врло слично понашању гасних лежишта. Предност складиштења гаса у гасну капу може бити и

повећање производње нафтеодносу на период пре утискивања. У тренутку складиштења, притисак се може одржавати све док бушотине производе са великом вредношћу односа гаса и капљевине. Тај добијени гас се одмах може утиснути назад у лежиште, у супротном ће вредност гаса и капљевине бити велика само у случају пражњена складишта.

Нафтна лежишта без гасне капе се такође користе као складишта гаса. Припрема лежишта у тим случајевима може трајати неколико година јер је потребно нафту у лежишту заменити гасом, што значи да се та нафта мора прво произвести. У таквим лежиштима складиштење гаса захтева посебну пажњу, јер ако та лежишта садрже нафту то не значи да при истом притиску могу садржати и гас. Иако су старе бушотине у гасним пољима пројектоване тако да осигурају да нема продора гаса између лежишта, за нафтна поља то често није случај. Због тога складиштење гаса у стара нафтна лежишта представља велики ризик.

в) Складиштење у аквифере

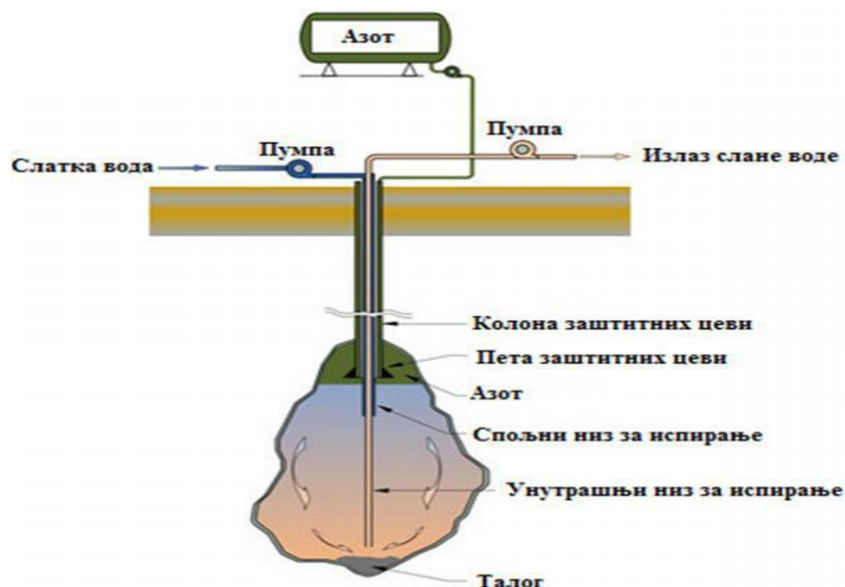
Аквифер тј. лежиште воде може се претворити у складиште гаса иако је то економски неповољнији начин складиштења гаса у односу на складиштење у делимично исцрпљена лежишта. Наиме, код овог типа складишта потребно је прецизно утврдити изолаторске способности покровних стена. Осим великог броја анализа покровних стена, потребно је спровести и тест утискивања гаса у лежиште јер максимални притисак у аквиферима мора бити већи од почетног лежишног притиска како би се гас могао утискивати у аквифер. Велики притисак утискивања поставља додатне захтеве на конструкцији и цементацији бушотина. Осим тога, обим гасног јастука може износити и до 50% радне запремине складишта. Сви ови подаци упућују на то да је, за разлику од осталих облика складиштења, за складиштење гаса у аквифере потребно више времена и финансијских средстава.

г) Складиштење у соним кавернама

Со има неколико својстава која је чине идеалном за складиштење гаса. Средње је чврстоће и тече пластично, што омогућава затварање пукотина које би иначе могле бити места губљења гаса. Њена шупљикавост и пропустљивост за гасове и текуће угљоводонике је скоро једнака нули, тако да ускладиштен гас не може "побећи" из лежишта. Каверне соли одликују се великом добавом, јер нема пада притиска који се иначе јавља код протицања гаса кроз поре. Уз то складишта у кавернама нису осетљива на тренутну операцију утискивања-производња и обрнуто.

Стабилност каверне ће зависити од њеног облика, висине и од максималног и минималног дозвољеног радног притиска. Максимални притисак мора бити мањи од слојног притиска и од притиска фрактурирања соли, док минимални притисак износи 20 до 35% укупне вредности максималног притиска. У подземљу се могу наћи и структуре у којима се слојеви соли (евапорати) смењују са другим типовима стена, но такве акумулације најчешће садрже анхидрите и вапненце, те доломите који нису

растворљиви. Због тога је најпожељније да је лежиште у облику хлороводоничне доме. Солне доме хомогеније су од наведених лежишта и пожељније за складиштење, јер се лакше растварају те могу садржати веће каверне.



Слика 4.3. Поступак израде каверне

Код истраживања наслага соли примијењују се електромагнетна, сеизмичка и гравиметријска мерења и то зато јер се проводљивост, брзина ширења таласа кроз со и њена густина битно разликују од карактеристика стена које је окружују. Језгровање је потребно у сврху откривања структуре и састава саме соли.

Кроз одговарајућу насладу соли изради се бушотина дефинисане конструкције. Након цементације последње колоне заштитних цеви у бушотину се спуштају два низа за испирање - спољни и унутрашњи. У типичну конструкцију бушотине при бушењу лежишта соли спада уводна колона пречника (28"), уколико је потребно, прва техничка колона пречника (24" или 20 "), друга техничка колона пречника (18 ½" или 16"), и коначно, трећа техничка колона пречника (13 3/8 или 11") која је зацементирана испод врха насlage соли. Производне и утисне колоне обешене су о задњу техничку колону. Пре него се започне са утискивањем воде у лежиште, треба испитати херметичност бушотине. Током процеса производње и утискивања, односно складиштења гаса, највећи диференцијални притисци се јављају у пети последње колоне, тако да је то место на коме је за време испитивања потребно постићи највеће притиске.

При изради складишта, у бушотину се утискује чиста вода, док се истовремено из ње производи слана, односно отпадна вода. У поступку израде каверне, слатка вода се утискује у бушотину кроз један од низова, док се слана вода производи кроз други низ.

Облик каверне контролише се променом дубине спуштања низова за испирање, дубином изолационог ступца у прстенастом простору, те добавом и смером протока воде.

Израда каверне може трајати од неколико месеци до неколико година. Истом бушотином ће се одвијати процес складиштења и производње природног гаса. Приликом бушења кроз лежишта соли и исплака мора бити засићена сољу да не би дошло до превременог отапања, односно стварања мањих каверни унутар лежишта, а пре постизања жељене дубине. Слана вода произведена током процеса утискивања и обликовања самог складишта најчешће се користи у хемијској индустрији за производњу соли или се одлаже у море ако је то дозвољено. Ако није, утискује се у друге формације. У неким случајевима, отпадна слана вода одлаже се у напуштене руднике соли. Нерастворљиви остаци из камене соли засићени су водом и налазе се на дну каверне. Након што се каверна испуни сувим гасом, вода с дна каверне испарава, меша се са гасом и заједно с њим производи. Смањењем притиска при производњи, из сада мокрог гаса, издвојиће се хидрати, због којих може доћи до зачепљења тубинга. Да се то не би догодило, потребно је пратити вредности притиска у каверни, температуру те влажност гаса.

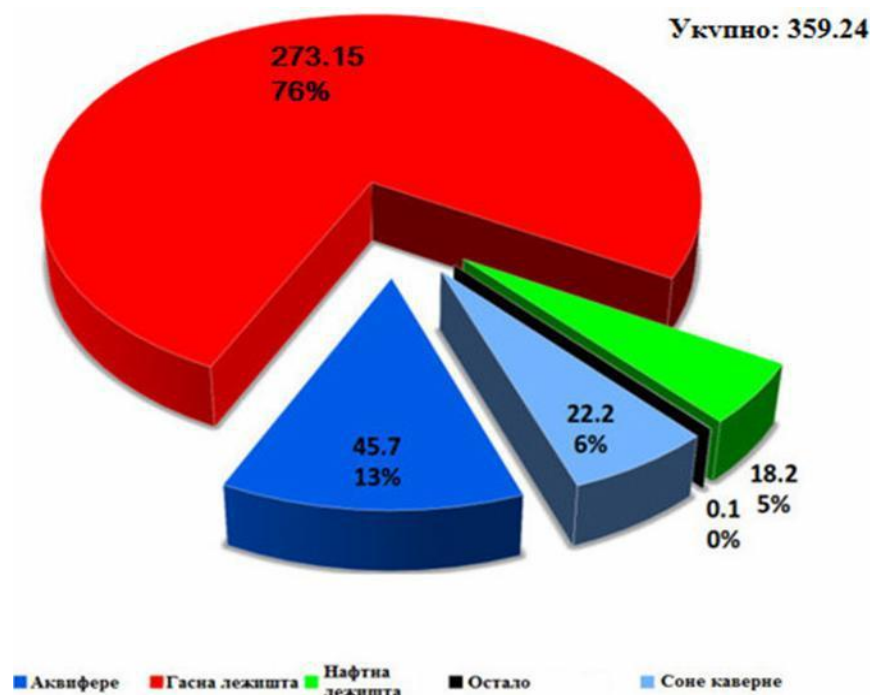
Време потребно за формирање каверне зависи од растворљивости саме соли и запремине каверне која се жели постићи. Уколико се складиште израђује у наслагама соли (халита), често се између њих налазе слојеви од нетопивог материјала као што је пешчар, лапор или доломит. Због тога ће запремина таквих каверни бити мања од запремине каверни израђених у секцијама соли (соним домама). Каверне у соним домама могу бити високе неколико стотина метара са пречником између 50 и 80 метара, па њихова запремина може бити између 300 000 и 700 000 m^3 . За разлику од њих, запремина каверни израђених у слојевима соли је између 100 000 и 300 000 m^3 .

Пример подземног складишта гаса овог типа налази се у Нутермору, у Немачкој. Ово лежиште имало је идеалне услове за градњу подземног складишта: со високог квалитета, позиционирано је близу дистрибутивног гасног система, доступност бесплатне свеже воде и могућност испуштања слане воде у залив реке Емс. Каверне у том складишту високе су 400, а широке 75 метара. Укупно их је 18, а обим им је око 8,5 x 106 m^3 , те се у њих може ускладиштити око 1,3 x 109 m^3 природног гаса од чега 80% отпада на радну запремину, а 20% на гасни јастук. Минимални радни притисак је око 30 бари, а максимални око 150 бари. Ово складиште је стратешки битно за Немачку јер осигурава велики удео гаса у потрошњи земље.

д) Остали облици подземних складишта гаса

То могу бити напуштени рудници. Први такав објект је био рудник у близини Лоуренцебурга (*Lawrenceburg*) у Индијани, САД-у (1952.). 1970. године рудник соли у близини *Burggraf-Bendorf*-ау Немачкој је претворен у складиште гаса. Складиштење гаса у руднике угља јетакоче било испробано у Денверу (1959-2003) и у два рудника у белгијским Арденима између 1975.и 2000. године. Главни проблем оваквог облика складиштења је била немогућност задржавања гаса у складишту.па ова складишта нису

више у употреби. Два складишта гаса изграђена су у кавернама ископаним у чврстим стенама. Близу Хаје у Републици Чешкој, у граниту је на дубини од 1000 метара направљен низ тунела укупне дужине 45 километара користећи за приступ рударско окно оближњег напуштеног рудника урана. Након затварања рудника у тунел се од 1998.године складишти око $54 \times 106 \text{ m}^3$ гаса.



Слика 4.4. Радна запремина гаса у свету према типу подземног складишта

У Шведској се од 2004. године гас складишти у каверни израђеној у граниту. Каверна запремине $40\,000 \text{ m}^3$ протеже се на дубини између 100 и 200 метара и обложена је челичном облогом да се спречи миграција гаса. Њена радна запремина је $8,5 \times 106 \text{ m}^3$ гаса, а испорука $960.000 \text{ m}^3/\text{дан}$.

4.2.2. Праћење стања у подземним складиштима гаса

Сва подземна складишта гаса захтевају неку врсту контроле, односно надзора. Праћење стања лежишту потребно је да би се осигурала стална испорука. Велике испоруке током производње могу узроковати оштећење наслага стена око производног низа. Слично томе, до оштећења може доћи и приликом утискивања, те честим изменама циклуса утискивање/производња. Мерења, због праћења стања у лежишту, обично се обављају сваке две године и то помоћу теста смањења притиска. Тест се састоји од затварања бушотине на неколико сати док се притисак не стабилизује, те наизменичним отварањем бушотине током следећих 4 до 8 сати. Током теста контролише се испорука уз бележење вредности повећања, односно смањења притиска. Подаци добијени овим тестом могу дати сазнања о садашњој и будућој производности бушотине. Понављањем теста сваке две године могу се открити евентуална оштећења у бушотинском низу или лежишту. Уколико се тест не спроводи редовно, евентуална

оштећења неће бити откривена на време, те ће због тога доћи до неповратног смањења производности. Уз то, нередовно тестирање отежава откривање типа оштећења.

Будући да је тест смањења притиска скуп поступак, пречесто тестирање се не исплати. Постоје и новије методе праћења стања у лежишту где се помоћу података у површинским тестовима могу одредити оштећења настала у бушотини током времена. Један од начина којим се континуирано прати стање у бушотини је мерење електричног тока. Помоћу те методе мере се достава и притисци на бушотинској глави, а измерени подаци се електронским путем шаљу до оператера. Бушотине су повезане компјутерском мрежом, те се сваких сат времена бележе подаци о притиску и протоку, након чега се шаљу до оператора. Оваква честа мерења помажу при откривању проблема, односно оштећења у бушотинама, или, при, нпр.заказивању једног од сигурносних вентила. Осим мерења притиска, експериментише се и са сеизмичким мерењима у сврху надгледања подземних складишта гаса.

Оштећења стена која се најчешће јављају у подземним складиштима гаса су:

- оштећење услед деловања бактерија,
- оштећење услед присуства неорганских честица (спојеви гвожђа, соли, калцијум карбонат),
- оштећење услед присуства угљоводоника, органских остатака и остатака средстава коришћених током експлоатације,
- присуство разних чврстих честица.

Све ове недостатке треба санирати на различите начине уколико се жели повећање производност складишта. Постоје модели који служе за идентификовање типа оштећења те за одабир методе санације. Модел који служи примарно за подземна складишта гаса садржи базе података прикупљених током година, као и посебне буџете и логику. Зависно од улазних података које корисник унесе, програм дијагностикује највероватнији тип оштећења, те предлаже начин стимулације бушотине и флуиде који би се требали користити током радова.

5. ДИСТРИБУЦИЈА ПРИРОДНОГ ГАСА

5.1. Подела гасовода

У зависности од агрегатног стања, транспорт гасовитих горива може се вршити:

- У течном стању, превозним средствима и продуктоводима (на пример: пропан-бутан мобилним цистернама и продуктоводима, а течни природни гас бродовима – танкерима);
- у гасовитом стању, гасоводима.

Код нас је развијен цевоводни транспорт природног гаса, а транспорт гасоводима и продуктоводима осталих гасовитих угљоводоника се може сматрати локалним појавама (у оквиру производних поља, петрохемијских, рафинеријских и других индустријских комплекса) [7].

Према значају и просторној намени, цевоводни системи се деле на:

- међународне;
- магистралне; и
- локалне.

Према радним притисцима, магистралне гасоводне системе делимо на:

- гасоводе врло високог притиска (преко 16 bara);
- гасоводе високог притиска (од 4 до 16 bara);
- гасоводе средњег притиска (од 0,5 до 4 bara);
- гасоводе ниског притиска (испод 0,5 bara).

Међународни гасоводни транспорт. Има значај за најмање две државе, без обзира на техничке карактеристике (капацитет, дужина, пречник, радни притисак). У већини случајева – значајни инфраструктурни објекти.

Магистрални гасоводни транспорт. Транспорт великих количина гаса под великим притиском. Границе се простиру од предајних станица на производним пољима или гасоводу за међународни транспорт, производних постројења гаса, терминала и подземних складишта природног гаса, до прикључка на локални гасовод или продуктовод који служи за снабдевање насељених места или индустријских постројења. Њима припадају и мерно-регулационе станице (такозване главне мерно-регулационе станице). Дужина магистралног гасовода креће се од десетак до неколико хиљада километара. Пречник им је до 150 до 1500 mm, некад и више.



Слика 5.1. Међународни гасовод

Према локацијама, гасоводи могу бити:

- ван насељених места;
- у насељеним местима;
- спољни (подземни и надземни);
- унутрашњи (у објектима).



Слика 5.2. Магистрални гасовод

По правилу, ван насељених места граде се међународни и магистрални гасоводи и гасоводи врло високих притисака. У насељеним местима граде се локални гасоводи високог притиска, средњих и ниских притисака [14]. Унутрашњи гасоводи граде се за радне притиске до максимално 4 bara (у индустрији) и максимално 1 bar (у домаћинствима).

5.2. Типови дистрибутивних система према облику

Према облику систем дистрибутивних гасовода може бити: зракаст, разгранат, мрежни са разгранатим напојним гасоводима и мрежни са прстенастим напојним гасоводима.

Зракасти тип дистрибутивног система гаса се састоји од више гасовода који полазе из једнотачке а протежу се у различитим правцима ка потрошачима. Овај тип система се карактерише најповољнијом ценом изградње, док резерве у капацитетима испоруке као и сигурност снабдевања потрошача чине мањкавост (недостатак) овог система.

Разгранати тип дистрибутивног система гаса се састоји од главног дистрибутивног гасовода из кога разводни гасоводи одводе гас у различите рејоне града. При томе, крајеви разводних гасовода се међусобно не спајају, већ њихови крајеви остају затворени. Овај тип система има исте карактеристике као и зракасти тип, тј. карактерише се ниском ценом изградње, недовољним нивоом резерве у испоруци гаса и недовољним нивоом сигурности снабдевања потрошача [14].

Разгранати тип система налази примену код снабдевања одвојених индустријских објеката и мањих насеља а такође и у почетном периоду снабдевања града гасом када изградња гасоводне мреже није још завршена. У том случају разграната гасоводна мрежа представља саставни део будуће прстенасте мреже.

Прстенасти тип дистрибутивног система пружа високу поузданост снабдевања гасом као и добре резерве у испорукама гаса, али зато има високу цену изградње.

Мрежни тип са разгранатим напојним гасоводима, као и мрежни тип са прстенастим напојним гасоводима карактеришу се високом ценом изградње, али зато поседују високу поузданост рада и високу резерву у капацитетима испоруке гаса. Дужина гасовода код прстенастог типа и мрежног типа је већа од дужине гасовода разгранатог или зракастог типа и то је разлог за већу цену.

Предност прстенастог типа је у томе што, уколико се искључи једна грана прстена снабдевање гасом се не прекида, већ се оно обавља преусмеравањем тока гаса, при чему долази до повећања оптерећења друге гране прстена. Ако се узме у обзир да се мрежа састоји из више међусобно повезаних прстенова, тада искључење једног прстена практично нема утицаја на снабдевање гасом.

Уопштено се сматра да су најповољнији типови дистрибутивних система: прстенасти тип, мрежни тип са прстенастим напојним водовима и мрежни тип са разгранатим напојним водовима. У овој оцени повољности примењени су уобичајени критеријуми: цена изградње, резерве у испорукама гаса и сигурност снабдевања.

Треба посебно нагласити да, када се говори о избору типа мреже, онда се не мисли на шему свих гасовода, већ само на шему напојних, примарних, гасовода који одређују снабдевање града гасом или одвојених рејона. Иста опаска важи и за системе гасовода у односу на заступљеност радних притисака.

5.3. Конструкција гасовода

За изградњу магистралног гасовода могу се употребити само челичне цеви од угљеничних или нисколегираних челика са димензијама и по квалитету који одговарају за транспорт гаса. Избор цеви и материјала за цеви мора се извршити према важећим нормативима и стандардима, тако да се одржи структурални интегритет цевовода под температуром и другим условима који се могу предвидети, да се обезбеди отпорност материјала на медијум који се транспортује и да се обезбеди херметичност и еластичност система [14].

За гасоводе морају се употребљавати искључиво стандардни челични елементи као што су: колена, лукови, Т-комади, прелази, капе и други елементи за чеоно и бочно заваривање на цеви, изграђени од истог или одговарајућег материјала. Притисак разарања цевног елемента мора бити већи од притиска разарања цеви са којом је елемент спојен.

5.3.1. Саставни делови гасоводног система и њихове технолошке карактеристике

Под гасоводима и продуктоводима подразумевају се цевоводи са интегрисаним уређајима, постројењима и објектима који служе за транспорт и дистрибуцију гасовитих угљоводоника.

Саставни делови гасовода су:

- примопредајна места;
- цевоводи са интегрисаном арматуром и фитинзима;
- компресорске станице;
- транспортне мерно-регулационе станице;
- дистрибутивне мерно-регулационе или регулационе станице;
- специфични објекти;
- кућни мерно-регулациони сетови;
- унутрашње гасне инсталације;
- електричне инсталације;
- инсталисана антикорозиона заштита;
- систем надзора над процесом (телеметрија).

Саставни делови продуктовода гасовитих угљоводоника су:

- примопредајна места;
- цевоводи са интегрисаним фитинзима и арматуром;
- пумпне и растеретне станице;
- специфични објекти;
- грађевински објекти;

- резервоарски простори и станице за регулацију;
- електричне инсталације;
- инсталација антикорозионе заштите;
- систем надзора над процесом (телеметрија)

Примопредајна места

Примопредајно место је скуп цевоводне арматуре и уређаја за утврђивање количине и квалитета гаса. Гас се обично преузима између две земље или два енергетска субјекта. Примопредајно место на међународном гасоводу обично представља грађевински објект под сталном контролом посаде, снабдевен мерачима протока, континуалним анализаторима гаса, телеметријским системом, савременим комуникационим системом и царинским надзором. Ако притисци у систему варирају, онда се у склопу примопредајних станица налазе и уређаји за регулацију притиска са сигурносном опремом. На међународним примопредајним местима, свака страна има свој мерач, док је трећи мерач контролни – арбитражни. Примопредајна места у земљи између енергетских субјеката су обично мерно-регулационе станице.

Цевоводи

Цевоводи представљају интегрисане компоненте цеви, фитинга и арматуре који представљају целину и служе да се њима безбедно и неометано транспортује гас. Материјал и конструкција цевовода зависе од:

- њихове намене;
- предвиђеног радног притиска;
- просторних и месних услова његовог лоцирања.

Код нас, цевоводи за транспорт и дистрибуцију гаса искључиво се раде од челичних и полиетиленских цеви. Које ће се цеви користити, зависи од:

1. пречника и
2. начина производње.

Међународни, магистрални и локални гасоводи (без спиралних у насељима), радног притиска преко 4 бара (надпритисак), раде се од челичних цеви, бешавних, подужно заварених и спирално заварених. Ови гасоводи се полажу подземно на дубини од 1m надслоја, док се надземно, по правилу, воде у кругу индустријских потрошача и као унутрашње гасне инсталације.

Компресорске и пумпне станице

У току транспорта гаса, у цевима долази до пада притиска услед трења и локалних отпора. Величина пада притиска зависи од:

- количине протока;
- дужине пута;
- пречника цеви;

- врсте флуида; и
- квалитета цеви.

Уопштено, пад притиска се може изразити као:

$$p=f(q,l,d,\rho,k)$$

5.4. Опис система дистрибуције гаса

Систем дистрибуције гаса на подручју града или неког насељеног места представља сложен систем којим се разводи гас од места снабдевања гасом до потрошача. Овај систем се састоји од дистрибутивних гасовода различитог нивоа притисака и мерно-регулационих станица којим се обезбеђују различити нивои притисака [8].

Дистрибутивни систем гаса се напаја гасом из магистралног гасовода преко разводног гасовода на крају кога је изграђена главна мерно-регулациона станица. У овој станици се обавља редукција притиска са нивоа који влада у магистралном гасоводу на ниво радног притиска у дистрибутивном систему. Код великих градова, дистрибутивне мреже гасовода имају велико распрострањене, па се у таквим примерима снабдевање дистрибутивне мреже гасом обавља преко две или више главних мерно-регулационих станица. Систем са две или више главних мерно-регулационих станица у односу на систем са једном главно мерно-регулационом станицом има гасоводе мањег пречника што чини овај систем економичнијим.

У примерима када се насеље снабдева синтетичким гасом, тада извор снабдевања представља постројење за гасификацију угља, уљних шкриљаца, нафте или других горивих материјала.

Од извора снабдевања, односно од главне мерно-регулационе станице, гас се дистрибуира до потрошача преко два система гасоводних мрежа. Један систем гасоводних мрежа служи за допрему од главне мерно-регулационе станице до непосредне близине објекта потрошача, до индустријских, комуналних и стамбених објекта. Овај систем гасовода назива се дистрибутивна гасна мрежа. Други систем гасовода служи да преузети гас из дистрибутивних гасовода разведе по објекту потрошача до места коришћења гаса, до трошила. Овај систем се назива унутрашња гасоводна мрежа, гасоводна мрежа потрошача, или сервисна гасна мрежа.

Примарна дистрибутивна мрежа гаса повезује извор снабдевања са свим подручјима у којима се налазе потрошачи, док секундарна дистрибутивна мрежа дистрибуира, допрема гас потрошачима у оквиру једног подручја.

У односу на радни притисак гасовода, дистрибутивни гасоводи се деле на:

- Гасоводе ниског притиска, код којих је радни притисак до 5 kPa, односно 0,1bar;
- Гасоводе средњег притиска, код којих је радни притисак до 0,3 МПа (3 bar), односно 0,4 МПа (4 bar);
- Гасоводе високог притиска, код којих је радни притисак 0,6 МПа (6 bar), односно 1,2 МПа (12 bar).

Гасоводи ниског притиска се користе за снабдевање домаћинстава и мањих комуналних објеката. У принципу, ови гасоводи су намењени за снабдевање мањих потрошача, јер је снабдевање већих комуналних објеката, котларница, већих потрошача овим системом гасовода, не економично.

Гасоводи ниског притиска се користе као сервисни гасоводи, тј. за унутрашње инсталације потрошача.

Гасоводи средњег и високог притиска се користе за напајање дистрибутивне мреже средњег и ниског притиска преко мерно-регулационих станица. Њима се обавља снабдевање индустријских и комуналних потрошача. Према нашим важећим прописима максимални радни притисак гасовода (који пролазе кроз насељено подручје) за снабдевање индустријских потрошача и котларница за централно снабдевање топлотом, износи 0,6 МПа. Гасоводи високог притиска, до 1,2 МПа, се користе за напајање гасоводног система високог притиска (до 0,6 МПа) у условима када овај систем треба да обезбеди велике количине гаса за потрошаче и када се полагање гасовода може обавити уз обезбеђење потребног нивоа безбедности у подручју града са малом густином насељености. Ови гасоводи се користе и за допрему гаса до складишта у колико систем снабдевања сам поседује и систем складишта гаса.

Избор трасе гасовода

Избор трасе дистрибутивних гасовода се обавља у поступку конципирања система снабдевања гасом града и дефинисања типа мреже гасовода. При избору трасе дистрибутивних гасовода мора се водити рачуна о радном појасу за полагање гасовода. Под радним појасом се подразумева простор са обе стране гасовода кој се може користити за кретање механизације којом се обавља ископ рова за полагање гасовода, за одлагање ископаног материјала и др. При одређивању правца пружања радног појаса гасовода и његове ширине треба водити рачуна о:

- намени замљишта унутар радног појаса;
- присуству подземних и надземних инсталација и објеката, и о интензитету саобраћаја;
- плановима ширења града (нова насеља, ширење индустријских зона, пословних, трговачких, културних и других зона);
- присуству природних и вештачких препрека.

На основу катастарских података о подземним инсталацијама утврђује се да ли у радном појасу постоје електрични каблови, водоводне инсталације, канализациона мрежа, топоводи и др. У радном појасу се не може налазити дрвеће чији би корен могао угрозити гасовод.

Према „Условима и техничким нормативима за пројектовање и изградњу градског гасовода“, гасовод се мора трасирати тако да:

- не угрожава постојеће или планиране објекте, као и планиране намене коришћења земљишта;

- да се подземни простор и грађевинска површина рационално користе;
- да се поштују прописи који се односе на друге инфраструктуре;
- да се води рачуна о геолошким својствима тла, подземним и питким водама.

У принципу, гасовод се трасира ван регулационог појаса саобраћајница (у зеленом појасу), а уколико је то немогуће – у тротоарима. Полагање гасовода у коловозу може се дозволити само изузетно, уз документовано образложење и са посебним заштитним цевима.

5.5 Хидраулички прорачун гасовода при изотермском струјању

Изотермско струјање може да се оствари само у случају када је количина топлоте коју гас прима од околине за време струјања довољна да надокнади пад његове температуре услед експанзије, Joule-Thompson- овог ефекта (ако се јавља), и због промене геодезијске висине проточних пресека цевовода. Успон цевовода у правцу струјања снижава његову температуру.

Једначина која описује устаљено струјање гаса при константном протоку кроз цевовод гласи:

$$-\frac{dp}{\rho} = vdv + \frac{\lambda v^2}{2D} dx + g dH$$

$$p = Z\rho RT \quad \dot{m} = \rho v A$$

где је:

λ – [-] коефицијент трења

v – [m/s] брзина струјања

D – [m] унутрашњи пречник цевовода

dH – [m] геодезијска висина између посматраних попречних пресека цевовода

R – [-] гасна константа

Z – [-] коефицијент стишљивости који зависи само од притиска пошто је температура константна.

Прва једначина представља динамичку једначину према којој се потенцијални рад (члан на левој страни) троши на убрзавање гаса дуж цевовода, на савлађивање отпора трења и геодезијске висине ($dH > 0$ одговара успону, а $dH < 0$ паду гасовода).

5.5.1. Гасоводи ниског притиска

У гасоводе ниског притиска спадају разводнице којима је притисак низак, а пад притиска не прелази 5000÷6000 Pa. У тим условима може да се узме да је густина гаса $\rho = const.$, па из једначине континуитета следи да је и брзина $v = const.$ Тада динамичка једначина гласи [8]:

$$-dp = \lambda \frac{\lambda v^2}{2D} dx + \rho g \frac{\Delta H}{l} dx$$

а њено решење

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2} \rho + \rho g \Delta H$$

код ових цевовода локални отпори (ξ) су знатни па не могу да се занемаре тако да се претходна једначина може кориговати:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2} \rho + \rho g \Delta H$$

Густина се обично рачуна на средњем притиску. Уколико оба притиска нису позната решавање мора да се врши итеративно.

5.5.2. Гасоводи средњег и високог притиска

У ове гасоводе спадају магистрални гасоводи у којима је радни притисак изнад 12 bar, и разводни гасоводи у којима је радни притисак изнад 3 bar. Прорачун гасовода средњег и високог притиска разликује се у томе што се код гасовода средњег притиска занемарује експанзија гаса дуж цевовода.

Код хоризонталних цевовода средњег притиска користе се следеће једначине за израчунавање пада притиска:

$$\frac{p_1^2 - p_2^2}{2p_1} = \lambda \frac{l}{D} \frac{v_1^2}{2} \rho_1$$

$$\frac{p_1^2 - p_2^2}{2p_2} = \lambda \frac{l}{D} \frac{v_2^2}{2} \rho_2$$

$$Z_m = \frac{1}{2} (Z_1 + Z_2)$$

Код хоризонталних гасовода високог притиска користи се следећа једначина за одређивање пада притиска:

$$p_1^2 - p_2^2 = Z m R T \left(\frac{\dot{m}}{A} \right)^2 \lambda \frac{l}{D} + 2 \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Код врелих гасова, други члан у загради је много мањи од првог члана, па се може занемарити.

5.6 Детекција гаса

Детекција гаса се врши:

- субјективним опажањем одорисаног гаса, тј. чулом мириса;
- преносним детекторима гаса; и

- стабилним инсталацијама за детекцију.

5.6.1 Заштита животне средине

У процесу транспорта гасоводима и одржавања гасовода мора се поштовати Закона о заштити животне средине и Закон о цевоводном транспорту гасовитих угљоводоника. Објекти међународног и магистралног карактера подлежу обавезној анализи утицаја на животну средину при њиховој изградњи, експлоатацији и реконструкцији.

Мере се предузимају за смањење буке и контролисаног и неконтролисаног испуштања гаса. Отпадни материјали, средства која се користе или средства која се добијају при транспорту гаса и одржавању гасовода, морају се на уредан начин уништити или ускладиштити на прописаном месту у сарадњи са локалним или надлежним властима.

Противпожарна заштита је део заштите животне средине. Физички се против-пожарна заштита на гасоводном систему обезбеђује постављањем одговарајућих апарата са сувим прахом и хидрантска мрежа, када за то постоје локацијски и економски услови.

5.6.2 Мере личне заштите

Мере личне заштите обухватају примену техничких средстава заштите, организационе мере и мере заштите здравља.

5.6.3 Надзор над спровођењем мера заштите

Надзор над спровођењем мере заштите спроводе инспектори ресорних министарстава за:

- Заштиту животне средине;
- Социјалну и здравствену заштиту; и
- Унутрашње послове.

Унутар предузећа надзор над спровођењем мера заштите спроводе претпостављени руководиоци и служба противпожарне и техничке заштите.

6. МЕРНО-РЕГУЛАЦИОНЕ СТАНИЦЕ

6.1. Подела мерно-регулационих станица

Мерно-регулациона станица се уграђује на местима предаје природног гаса већим потрошачима [2]. То је станица опремљена апаратуром (вентил, засун) и уређајима и опремом за мерење и регулацију протока гаса (регулатор притиска и гасно бројило) и уређајима сигурности. Опрема мерно-регулационе станице састоји се од филтера за гас, уређаја за регулацију притиска гаса, сигурносних елемената, мерача протока гаса, запорних вентила, обилазних водова, одвајача кондензата, контролних уређаја и др. Ове станице за природни гас се граде у посебни објектима који су изоловани од приступа људи али се могу изузетно градити и на грађевинском објекту или уз његов зид, с тим што кров односно зид грађевинског објекта, не сме да пропушта природни гас не сме да има отворе, и мора да и мора издржати један час у случају пожарне смеју се градити на стамбеним зградама или уз његове зидове.

Подела мерно-регулационих станица за гас је извршена на следеће типове станица:

- ГМРС – главна мерно-регулациона станица;
- МРОС – мерно-регулациона одоризациона станица;
- МРС – потрошачка (дистрибутивна) мерно-регулациона станица;
- КМРС – кућна мерно-регулациона станица.

ГМРС је она која редукује магистрални притисак ($25\div 65$ bar) на притисак градске мреже ($12\div 15$ bar) или дистрибутивне мреже ($3\div 6$ bar).

МРС је она која редукује притисак градске мреже ($12\div 15$ bar) на притисак дистрибутивне мреже ($3\div 6$ bar) или индустријског потрошача ($0,1\div 4$ bar), као и са дистрибутивне мреже на ниво потрошача ($0,1$ bar). Станица за мерење и редукцију притиска гаса (предајна станица за гас), састоји се од следећих неопходних делова:

1. регулатора притиска гаса,
2. сигурносних уређаја,
3. брзозатварајућих запорних вентила,
4. опреме за пречишћавање гаса – филтера;
5. обилазни водови,
6. одвајач кондензата,
7. одоризатор
8. контролни уређаји

Извођење мерно-регулационих станица може бити:

- једнолинијска, једностепена или двостепена, са грејањем или без грејања;
- дволинијска (две линије по 100% пуног учинка), једностепена или двостепена, са

грејањем или без грејања;

- трoliniјска (три линије по 50% пуног учинка), једностепена или двостепена, са грејањем или без грејања.

Могу се вршити и друге поделе: према врсти надзора, броју редукција и мерних линија и сл.али оне нису релевантне.

6.2 Главне мерно-регулационе станице (ГМРС)

Главна мерно-регулациона станица служи да код већих потрошача гаса притисак магистралног гасовода који може бити и 50 бара редукује на радни притисак потрошача (6 бара) и да мери потрошену количину гаса. У области широке потрошње поред редукције притиска и мерења количине гас се мора одоризирати, па се у систем поставља још и уређај за одоризацију гаса. При редукцији притиска гаса долази до пада температуре, па ако се гас није добро осушио могу се јавити хидрати и ледени чепови. Због тога, у инсталацију редукционе станице обавезно се постављају грејачи гаса, који могу бити са посредним и са непосредним системом загревања. Грејачи се постављају испред редуктора тако да се гас претходно загреје до температуре условљене редукцијом притиска. Температура гаса после редукције износи 15- 20 °С.

Гас се може загревати посредно и непосредно. Посредно, када се прво загреје вода помоћу гасне пећи, док је змијаста цев кроз коју пролази гас потопљена у воду па се гас загрева топлотом водом. Вода се може загревати и електричним грејачем. Непосредно загревање гаса врши се помоћу сагорелих гасова, тј.у специјалним пећима гас се сагорева, па настали топли гасови облизују змијасте грејач кроз који пролази гас те га на тај начин загревају. Гас се непосредно загрева и индукционим грејачем.

Гас из магистралног гасовода доводи се у сепаратор-филтер где се одваја течна фаза (вода и кондензат) која се преко регулатора нивоа повремено испушта из доњег дела сепаратора, док гас одлази на загревање у пећ. Загрејани гас иде на редуктор (регулатор) где се редукује притисак на радни притисак потрошача. Температура и притисак гаса се мери пре и после редукције. Затим, гас одлази на мерну бленду где се помоћу диференцијалног мерача протока мери количина потрошње гаса. Иза регулатора постављен је и сигурносни вентил, па ако дође до квара редуктора и пораста притиска, гас се испушта у атмосферу. Поред главне линије поставља се и обилазни вод да се због квара опреме проток гаса не би прекидао и димензионисане су за излазни притисак од 6 бара. ГМРС су потпуно аутоматизоване и опремљене опремом којом је омогућено њено безбедно функционисање без посаде даљинским управљањем и контролисањем рада.

Објекат главне мерно-регулационе станице обухвата, према технолошкој функцији:

- филтерску и/или сепараторску групу;
- регулациону групу;
- мерну групу;
- сигурносну групу;

- колекторску улазно-излазну групу;
- запорну групу и опрему за загревање, одоризацију, убацивање метанола; и
- резервоаре за одоранс, метанол и кондензат.

Грађевински део станице чине обично два објекта или две просторије за смештај опреме у експлозионој и неексплозионој заштити и приступна саобраћајница.

Саставни део станице су:

- грађевински објекат;
- телекомуникациони систем;
- електроинсталације; и
- систем противпожарне заштите.

Границу објекта ГМРС чине противпожарна (блокадна) славина на улазном и излазном воду. Главне техничке карактеристике оваквих станица су:

- врло високи притисци, и
- велики протоци гаса.



Слика 6.1. Главна мерно-регулациона станица

6.2.1. Филтер

Због нечистоћа у чврстом и течном стању које садржи гас, да не би дошло до оштећења и неправилног рада регулационе и мерне арматуре, на улазу регулационе линије постављен фини гасни филтер. Фини филтер је са скупљачем кондезата и диференцијалним манометром, помоћу којег се врши контрола задржаности улошка филтера. Приликом замене улошка филтера гас се пропушта кроз резервну линију. Испуштање кондезата врши се путем одмућних вентила и цеви изван објекта ГМРС.



Слика 6.2. Филтер за гас

6.2.2. Догрејач гаса

Приликом редукције притиска гас експандира што за последицу има пад температуре. Код великих редукција притисака гаса овај ефекат може довести до појаве леда у инсталацији, који је посебно опасан у регулационим и сигурносним уређајима. Зато је неопходно вршити догревање гаса пре редукције (испред регулатора притиска), нарочито код ГМРС. Догревање гаса врши се индиректно, путем топле воде у догрејачима гаса. Количина топлоте која се предаје гасу, регулише се двостепено; уз помоћ термо-регулационог вентила и укључивањем и искључивањем једног котла. Догрејачи су снабдевени са вентилом сигурности и вентилом за одмуљивање.

6.8. Регулатор притиска

Задатак регулатора притиска је да одржава константан излазни притисак гаса, односно, да гас снизи према потреби и одржава у одређеним границама, независно од протока капацитета и притиска гаса на улазу. Редукција може бити једностепена или вишестепена. После сваког степена редукције и регулације налази се сигурносни уређај који ће реаговати ако дође до кvara регулатора да би спречио пораст притиска изнад дозвољене границе.

Основни услови рада регулатора притиска су:

- потребна тачност регулације,
- сигурност у раду, брзо реаговање уз промену малих сила,
- промена за различите протоке као и неке друге услове.

Према начину и брзини дејства регулатори се деле на:

- директне и
- индиректне.

6.2.4. Блок вентил сигурности

Блокадни вентил сигурности од превисоког притиска, који је уграђен у регулатор притиска, повезан је импулсним водом са гасоводом из регулатора притиска. Подешен је тако да аутоматски блокира, односно затвори довод гаса, у случају да притисак иза регулатора порасте за 10% изнад притиска отварања првог одушног вентила сигурности који се уграђује иза регулатора притиска.



Слика 6.3. Блок вентил сигурности

6.2.5. Одушни вентил сигурности

Вентили сигурности, који је уграђен на гасоводу иза регулационе групе, димензионисани су за капацитет који је 25-30% од максималног капацитета ГМРС. Овај проценат је већи од прописаног да би се умањила вероватноћа активирања блок-вентила, односно искључивања потрошача из мреже снабдевања. Притисак отварања првог вентила сигурности је 15% виши од радног притиска иза регулатора и он испушта половину предвиђеног капацитета. Вентил сигурности се отвара у случају настављеног раста притиска и то за 5% у односу на први вентил, када се испушта друга половина предвиђеног капацитета за испуштање.

6.2.1. Мерач протока

Мерење протока природног гаса у ГМРС врши се помоћу турбинског мерача са коректором притиска и температуре, који треба да буду избављарени од стране овлашћене радне организације. Мерач протока је одабран тако да може коректно да мери проток гаса при максималном и минималном протоку.



Слика 6.4. Мерач протока

6.2.1. Термо-регулациони вентил

Регулација предате количине топлоте у загрејачу гаса врши се уз помоћ термо-регулационог вентила који са смањењем топлотног оптерећења загрејача смањује проток топле воде кроз систем.

6.2.1. Прикључци за телеметрију

За праћење стања појединих параметара, као што су: притисак, температура и проток гаса, запрљаност филтера, на свим главним мерно-регулационим станицама у гасном систему, изведени су прикључци за телеметрију, помоћу којих се врши пренос података до Телеметријског центра.

6.10. Потрошачке мерно-регулационе станице (МРС)

Дистрибутивне или потрошачке мерно-регулационе станице имају задатак да прилагоде параметре гаса за транспорт у дистрибутивним гасоводима или прикључним гасоводима индустријских потрошача [9]. У односу на ГМРС, мерно-регулационе станице се у нашим условима не граде са: загрејачком опремом, опремом за регулацију (ограничавање) протока, телеметријом и метанолском инсталацијом. Остали део је као код ГМРС. Код широке потрошње гас мора бити одорисан. Главне техничке карактеристике ових станица су:

- високи улазни притисци ($6 \div 16$ bar), и
- средњи часовни протоци.

6.10. Кућне мерно-регулационе станице (КМРС)

Ове станице служе за мерење и редукцију притиска код потрошача у сектору широке потрошње. У нашим условима кућни сет нема класичну електроинсталациону и противпожарну групу и резервну регулациону линију, док се телекомуникационе стабилне инсталације, у неким системима широке потрошње, планирају преко оптичких каблова. У КМРС се доводи одорисани гас из дистрибутивне мреже. Главне техничке карактеристике ових станица су:

- средњи улазни притисци ($0,5 \div 4$ bar), и
- мали часовни протоци (до $16 \text{ m}^3/\text{h}$).



Слика 6.5. Кућна мерно регулациона станица

6.10. Функционалне групе – подсклопови мерно-регулационих станица

- *Колекторско-конструкциона група:* цеви, фазонски комади, заптивачи и спојни елементи, као и мерни, испитни и импулсни водови.
- *Филтерско-сепараторска група:* одвајач течности или одвајач честица поставља се испред редукторских и мерних група – они могу бити интегрисани; за разлику од ових филтера (одвајача), сепаратори су судови под притиском.
- *Регулациона група:* регулатор притиска са елементима за спајање и одговарајућим импулсним водовима; у оквиру регулатора може бити интегрисан и сигурносни, блокадни вентил или пригушивач буке; регулациона група се поставља између два запорна органа.
- *Сигурносна група:*
 - Сигурносни запорни вентил(СЗВ): за осигуравање од превисоког притиска, уређај за осигуравање од нестанка гаса и вентил сигурности капацитета најмање 1% капацитета линије;
 - Сигурносни одушни вентил(СОВ): подешен на пуни капацитет регулатора при највишем могућем радном притиску на улазној страни регулатора притиска;
 - Комбинација монитор-регулатор и блок вентила.
- *Мерна група:* мерачи протока, температуре и притиска; у пракси постоји десетврта мерача протока, а примарну примену код природног гаса имају: бленда, турбински мерачи, ротациони мерачи, мерачи са мехом и ултразвучни мерачи.
- *Запорна група:* противпожарне славине испред и иза ГМРС и МРС, кугласте славине испред и иза регулационих и мерних група и на обилазним водовима; неповратна клапна поставља се испред запорног органа на излазном делу сваке линије, која мора бити у затвореном положају и онда када су притисци иза и испред ње изједначени – штити инсталацију од повратних удара и омогућава аутоматско укључивање резервне линије у рад; на водовима вентила сигурности не поставља се запорни орган; углавном су сви запорни органи металне кугласте славине пуног отвора[1] .

6.10. Остали карактеристични објекти на гасоводном систему

На гасоводима и продуктоводима гаса, граде се или се могу градити објекти:

- *За одоризацију* (опрему за одоризацију чини одоризатор са пумпом (ињекторски) или апсорпциони и спојни водови);
- *За ињектирање метанола* (уграђује се ради неутралисања формирања хидрата и корозије у цевима и инсталацијама);
- *За загревање* (опрему чине: котловска јединица, пумпе за воду, топоводи са запорном арматуром и термоизолацијом, експанзион суд, терморегулациона

опрема за грејни флуид, заштитна опрема према прописима о котловима, припадајућа гасна инсталација и измењивач топлоте који се на ГМРС налази између филтерске и редукционе групе; гас се загрева на програмирану температуру непосредно пре редукције, тако да после редукције може бити применљив – тиме се избегава појава хидрата и залеђивање опреме);

- *Блок станице* (за издвајање–секционисање деоница гасовода, као мера усмерена наобезбеђивање сигурности снабдевања потрошача, смањење штете и заштиту животне средине, при хаваријским ситуацијама на гасоводу; блок станица представља цевни запорни орган са пуним отвором и бајпасни колектор за лакшу манипулацију и одводом за пражњење секције);
- *Чистачке станице* - постављају се увек на почетку и крају транспортног цевоводаистог пречника; иза отпремне и испред пријемне чистачке кутије постављају се показивачи проласка чистача – крацера; по намени крацери - чистачи могу бити:
- гумене кугле (за уклањање воде и растресите нечистоће),
- стругачи талоба и нечистоће (поред заптивних гумених манжетни могу бити и у облику плоча и четки),
- калибрирајући (калибрационе плоче за формирање профила светлог отвора цевовода на местима која су деформисана у току изградње или експлоатације),
- „интелигентни“ (са сопственим погоном, са опремом за снимање стања унутрашње површине цеви, за откривање дефеката на цеви и за сопствено позиционирање);
- *Сепаратори и одвајачи течности* (врши се на темељу следећих принципа):
 1. смањење брзине протока мешавине,
 2. промена смера протока,
 3. ток гаса супротан дејству гравитације, о динамички удар млаза у преграду,
 4. увећавање финих капљица магле, и о филтрирањем.

На нашем транспортном гасоводном систему одвајање течности из гаса врши се хватањем течности у цевоводима и хватањем течности испред постројења на гасоводу (КС, МРС, ППМ) ; хватање течности у цевоводима код нас се врши преко ниже постављених сифонских судова (нижих од цевовода); сепаратори су посуде вертикалне изведбе, сложеније конструкције од сифонских одвајача – састоје се из две или три коморе намењене за издвајање течности, прашине и гаса; специфичну врсту одвајача чине такозвани хватачи водених чепова (количине воде коју обично сепаратори не могу прихватити, као последица крацовања или двофазног протока);

- *Мешачке станице* (у циљу добијања гаса који задовољава претходно утврђене захтеве квалитета, приступа се мешању различитих гасова; такође се може вршити

исправка притиска, температуре и квалитета на мереним протоцима) [6].

6.10. Уређаји за сагоревање природног гаса (горионици)

Сагоревање представља сложен физичко-хемијски процес сједињавања горива са кисеоником (оксидансом) уз интензивно ослобађање топлоте.

6.7.1. Врсте горионика за сагоревање природног гаса

Класификација горионика може да буде на основу разних принципа:

- по топлотној моћи,
- по притиску гаса,
- по начину довођења ваздуха.

Међутим, устаљено је мишљење да их је најбоље класификовати по начину образовања гориве смеше која служи за сагоревање и то на следеће три групе:

- горионике без претходног мешања гаса и ваздуха,
- горионике са делимичним претходним мешањем гаса и ваздуха,
- горионике са претходним мешањем гаса и ваздуха.

Сагоревање природног гаса омогућава се у низу ових врста горионика који уводе гас и ваздух за сагоревање у ложишни простор. Од начина увођења природног гаса и ваздуха у ложишни простор горионици по врсти пламена могу да буду дифузиони са светлећим жутиим пламеном или кинетички (инјекторски) са плавим пламеном.

Код **дифузионих горионика** природни гас и ваздух се одвојено уводе у ложишни простор у коме настаје постепено мешање, разлагање и сагоревање. Истицање гаса и ваздуха може да буде ламинарно и турбулентно те настаје спорије или брже мешање. На додирној површини гаса и ваздуха врши се сагоревање, створена топлота омогућава даље разлагање честица у гасној струји пре њиховог потпуног мешања са ваздухом. Дифузиони пламен има висок степен црноће, ефикасно зрачи топлоту и знатно је дужи од кинетичког за исту потрошњу гаса. Предност дифузионих горионика је одсуство опасности од откидања пламена, могућност рада без вентилаторског удувавања ваздуха и при ниским притисцима гаса и једноставна конструкција. Недостатак је неопходност извесног повећања коефицијента вишка ваздуха у односу на кинетичке горионике и мање топлотно оптерећење ложишног простора.

Код **инјекторских горионика** природни гас се претходно помеша са ваздухом за сагоревање. Ово кинетичко сагоревање при којем је пламен скоро безбојан, плавичаст, несветлећи, кратак и оштар. Код оваквог сагоревања температура пламена се приближава теоријској температури сагоревања. Овакви кинетички горионици се уграђују у постројења где није неопходно ефикасно преношење топлоте зрачењем. Поред тога, због претходног мешања, не могу да раде са предгрејаним ваздухом температуре изнад 600°C, јер се јавља опасност паљења гаса у телу горионика.

Инјекторске горионике могуће је градити и са већим бројем млазница, односно према потребној снази.

Ове две основне врсте горионика имају своја разна извођења у зависности од начина довода ваздуха, према радном притиску и где се примењују.

Атмосферски горионици су први дифузиони горионици једноставне конструкције, која је прилагодљива облику ложишта, бешумни су у раду, без покретних делова, релативно јефтини и не захтевају посебно одржавање. Снага им је од 4 до 100 kW. Код њих се ваздух усисава унутар горионика на рачун енергије струје гаса, који долази из једне или више млазница. Гас и ваздух се мешају у горионику и из његовог отвора у ложиште улази мешавина гаса и ваздуха.

Радни притисци на којима раде атмосферски горионици зависе од снаге коју треба да обезбеде. За мање снаге потребни су нижи притисци, а за веће виши. Ниски притисци су од 20 до 40 *mbar*, средњи од 200 до 500 *mbar*, а високи 1 *bar*.

Горионици средњег притиска способни су да обезбеде сав ваздух неопходан за потпуно сагоревање гаса, а горионици ниског притиска, по правилу, обезбеђују само одређени део ваздуха који се назива примарни. Остали део потребног ваздуха улази у зону сагоревања из ложишта на рачун смањења притиска у њему и он се назива секундарни.

Инјекторски горионици имају предност у томе што немају потребе за електричном енергијом за сопствени погон вентилатора за довод ваздуха, аутоматско одржавање и одређивање опсега топлотне снаге горионика рачунајући узајамни однос количине гаса и инјектираног ваздуха, добро мешање гаса и ваздуха. Недостаци су му у брзом порасту димензија са повећањем топлотне снаге, ограничене могућности регулације при малим вишковима ваздуха и висок ниво буке при коришћењу гаса средњег и високог притиска.

Горионици без претходног мешања гаса са ваздухом употребљавају се у средњим и великим постројењима у којима се сагоревају веће количине гаса.

Предност ове групе горионика је у томе што може да се постигне, у случају потребе, и светлећи пламен, уколико гас садржи веће количине угљоводоника. Дијапазон регулације је велики и не постоји опасност да се пламен увуче у горионик.

Недостаци ове врсте горионика су углавном следећи: прилично висок губитак услед хемијски непотпуног сагоревања при вишку ваздуха и неопходност регулисања односа гаса и ваздуха скупим пропорционалним регулаторима.

Горионици са делимичним претходним мешањем гаса и ваздуха инјекторским дејством усисавају свега од 40 - 50% ваздуха потребног за сагоревање, док се преостали ваздух доводи пламену дифузијом. Ова се врста горионика ретко употребљава у индустријским постројењима, изузев код котлова за централно грејање. У горионицима са претходним мешањем гаса и ваздуха сагорева смеша која се припрема у специјалним

уређајима.

Ови се горионици могу примењивати само код јединица мањих капацитета. Предност ове групе горионика је у томе што се сагоревање врши без пламена, услед чега може да се усвоји мање ложиште. Сагоревање се врши са малим коефицијентом вишка ваздуха. Основни недостатак овог горионика је немогућност предгревања ваздуха до температуре паљења.

Горионцима са принудним снабдевањем ваздуха, поправилу, доводи се онолика количина ваздуха која је потребна за потпуно сагоревање гаса. Ако су то горионици без претходног мешања, гас и ваздух улазе у зону сагоревања посебно и мешање настаје на отвору горионика или ложишта једновремено са сагоревањем. Код горионика са принудним снабдевањем ваздуха и претходним мешањем могуће је да се обезбеди унапред жељени квалитет припремљене смеше пре изласка на отвор горионика или ложишта.

Код горионика са принудним снабдевањем ваздухом (**надпритисни горионици**), притисак који обезбеђује вентилатор мора да буде довољан да обезбеди сагоревање гаса уз истовремено савлађивање отпора гасног тракта дуж ложишта и димног дела постројења до димњака.

Треба напоменути да се у пракси веома често налазе комбиновани горионици који имају за циљ да омогуће сагоревање и радном и резервном гориву.

Да би се испунили сви захтеви који се пред горионике постављају они морају да буду опремљени одговарајућом опремом.

Према уградњи и опремљености уређаја за управљање и сигурност рада горионици могу да се сврстају у три главне групе:

- аутоматске гасне горионике,
- полуаутоматске горионике,
- горионике са ручним управљањем.

Аутоматски горионици су они који су опремљени аутоматским направама за паљење, контролу и регулацију пламена. Паљење, контрола пламена, укључивање и искључивање уређаја врши се аутоматски, према задатим вредностима, без учешћа погонског особља. Топлотном снагом горионика може да се управља аутоматски или ручно.

Полуаутоматски горионици су опремљени аутоматским уређајима за паљење, контролу пламена и управљање. Пуштање у погон ових горионика врши се ручно. После искључења горионика из погона не може да се изврши његово поновно аутоматско паљење. Топлотном снагом може да се управља аутоматски или ручно.

Горионици са ручним управљањем су горионици код којих се сваки поступак паљења спроводи ручно. Контрола горионика врши се аутоматски од контроле

пламена и у границама потреба сигурности од граничника (блокада), који га у случају потребе искључују. Поновно укључивање врши се ручно. Топлотном снагом може да се управља аутоматски или ручно.

6.8. Димензионисање мерно-регулационе станице

Димензионисање мерно-регулационих станица подразумева спровођење одређених прорачуна на бази којих треба, уз разматрање додатних елемената – фактора, обавити избор димензија колектора, цеви и избор типа и димензија опреме која се уграђује у станицу. Три основна захтева треба да буду испуњена код спровођења димензионисања и избора опреме. То су: сигурност, ценовна вредност и радна функционалност станице. Сигурност подразумева избор решења и опреме за пројектовану станицу, која чине безбедним, како сам објекат, тако и околне објекте, као и запослене на одржавању станицеи околну јавност.

Сигурност се постиже придржавањем закона, прописа, спецификација издатих од надлежних органа за ову врсту делатности. Код нас се у многоструком примењују стандарди и спецификације које је издало Америчко удружење за гас, AGA. Међу њима су: ANSI, API, ASME, ASTM, GPE, итд.

У разрешавању конкретног примера треба се придржавати важећих прописа и стандарда земље у којој ће станица бити инсталирана и, наравно, треба поштовати и локалне прописе и прописе дистрибутера и транспортера – власника станице.

Ценовна вредност представља значајан елемент у пословним плановима. Међутим, најнижа ценовна вредност пројектоване станице не значи и најбоље решење, јер су сигурност и радна функционалност елементи који имају своју вредност, а њихов ниво има ценовну вредност. Тако у оцени пројектног решења мора се ценовна вредност разматрати истовремено са нивоом сигурности и радне функционалности пројектног решења.

Радна функционалност подразумева тачно и ефикасно обављање оних операција које станица треба да обавља. Фаза која претходи димензионисању је фаза конципирања, односно избора структуре или шеме станице.

Полазни подаци у дефинисању структуре и елемената станице, чине подаци на бази којих се пројектује станица. Углавном ови подаци морају бити дефинисани, док само неки подаци могу бити претпостављени.

6.9. Кућни прикључци и инсталације

Избор најповољније варијанте потрошње гаса у широкој потрошњи треба обавити на основу свестраних економских и техничких анализа, водећи рачуна не само о инвестиционим трошковима него и о експлоатационим карактеристикама инсталације и њеном предвиђеном радном веку. Да би се сагледала могућност коришћења природног гаса у домаћинствима, треба пре свега познавати просечну структуру потрошње енергије модерног домаћинства.

Имајући у виду да се на данашњем степену развоја наших градова за већину намена, па чак и за грејање просторија, користи електрична енергија, то представља веома нерационално решење, тако да би замена природним гасом за задовољење тих потреба имала велики енергетски и економски значај. Другим речима, примена природног гаса у домаћинствима би могла да супституише енергенте за грејање, припрему потрошне топле воде и кување, односно практично 90% енергетских потреба домаћинства.

Слична је ситуација и у пословним зградама код којих потребе грејања и хлађења просторија, припреме потрошне топле воде чине око 80-85% укупних потреба енергије. Изузимајући потребе за осветљењем просторија и коришћење малих електричних апарата (радио и телевизијски пријемници, пегле, кухињски помоћни апарати, усисивачи и др.) који се данас обезбеђују искључиво електричном енергијом, све остале енергетске и кућне потребе се могу покрити путем примене природног гаса. Изванредна својства и могућност свестране употребе природног гаса били су и остали изазов конструкторима апарата за домаћинство. У данашње време појављује се у технички развијеним земљама, где постоји дугогодишња традиција коришћења гаса, све више уређаја конструктивно прилагођених карактеристикама и предностима природног гаса.

У почетној фази гасификације није реална претпоставка да ће се просечно домаћинство опремити додатним гасним уређајима због економске моћи потрошача и неамортизованих постојећих уређаја на електричну енергију. Тек у каснијој фази гасификације доћи ће до повећања стандарда коришћења гасних уређаја који ће довести и до повећања специфичних потреба домаћинства, односно стана.

За кућне инсталације примењују се по правилу челичне цеви, мада су дозвољене и бакарне цеви. Примена полиетиленских, оловних или алуминијумских цеви није дозвољена.

6.10. Тип индивидуалног објекта

Индивидуални објекти могу бити са спратовима и без њих. Због тога се у типском решењу једне такве куће предвиђа да има подрум, један или више спратова, при чему је на сваком нивоу по један стан (домаћинство). Од улице, куда пролази гасни вод, подземно се врши довод до подрума где се смешта мерни сет за сваког потрошача. Уколико не постоји подрум, мерни сет се поставља на зид у улазном ходнику. Део инсталације до мерног сета (инсталација немереног гаса) обухвата главни вентил, који може бити постављен и на уличном делу, пролаз кроз основни зид и одговарајуће вентиле за сваког потрошача. При томе се мора имати у виду да сваки потрошач мора имати свој посебни независни вод и потрошњу гаса која се мери.

Мерно-регулациони сет је предвиђен за мерење количине, регулацију притиска гаса и осигурање инсталације потрошача од појаве превисоког или прениског притиска, односно од нестанка гаса. При томе се претпоставља да је минимални улазни притисак у кућну инсталацију 40 mbar. Пад притиска у кућној инсталацији се одређује на бази

пада притиска до најнеповољнијег потрошача, при чему тај притисак не сме бити нижи од 18 mbar. Ако ови услови нису остварени, прорачун се мора поновити.



Слика 6.6. Приказ мерно-регулационог сета за гас

Мерно-регулациони сет се уграђује на унутрашње или спољне зидове. Фабрички мора бити испитан на непропусност и спреман за уградњу. Главни елементи сета морају бити повезани са растављивим спојевима, тако да се могу несметано вршити поправке, односно једноставна демонтажа и монтажа појединих елемената у сврху редовних сервисних и контролних прегледа. Уколико постоје велике температурне разлике на месту уградње сета, он мора имати и температурни компензатор који елиминише грешке мерења настале пламеном температуре гаса. Због лакшег читавања на мерни сет се може поставити даљински читач. За осигурање катодне заштите (у случају челичних цеви) стављају се изолирајући комади на кућне прикључке, уз истовремено спречавање лутајућих струја као и преношење електропотенцијала из куће на уличне гасоводе. Изолирајући комади се уграђују непосредно испред или иза главног запорног органа.

6.11. Тип објекта-зграда

За станове у колективним зградама се претпоставља иста структура потрошача гаса као и у становима у индивидуалним објектима:

- гасни шпорет,
- гасна брзогрејалица и
- гасне пећи или комби грејач за етажно грејање.

Инсталације за станове у колективним зградама су исте, без обзира на број спратова, јер се претпоставља да су потребе домаћинства исте без обзира на висину зграде. Разлика може да постоји само у облику и положају станова у згради, начину вођења цеви унутар стана у односу на потрошаче, положај отвора на спољним зидовима или

вентиляционим каналима и слично. Такође, разлика може бити у погледу решења потреба грејања, да ли путем централне котларнице, етажних грејања или појединачних пећи.

Немерени део инсталације се води од подрума зграде успонским водовима до мерно-регулационог сета испред сваког стана. Мерно-регулациони сет има исте карактеристике као за станове у индивидуалним зградама. Поставља се на зид и служи за регулисање и мерење потрошње у стану. Његов положај мора да буде приступачан и да омогућава лако очитавање потрошње, чак и без присуства власника стана. Унутар стана, од мерног сета, цевоводима за развод гаса врши се снабдевање појединих гасних уређаја.



Слика 6.7. Гасна инсталација у зградама

Међутим, за колективне зграде у којима већ постоје инсталације централног грејања, за потребе кувања може се развести, по истом принципу, гасна мрежа са засебним мерно-регулационим сетом за свако домаћинство, док се за потребе грејања и припреме потрошне топле воде може користити заједничка котларница снабдевана гасом чији се трошкови распоређују по m^2 стамбене површине. При томе, котларница може бити смештена било у подруму, било на крову.

7.3АКЉУЧАК

Кроз историју па све до данас потребе за различитим врстама енергената мењале су се у складу са променама у развоју друштва и развоју науке. Једно време као главни енергент се користио угаљ, који је представљен као покретач развоја након свеобухватног привредног разарања у Другом светском рату. Након ере угља уследила је фаза у којој се као примарни енергент користила нафта. Нафта се као енергент користила дуги низ година али је у последњој деценији постало јасно да ће позната налазишта нафте бити исцрпљена у наредне две до три деценије. Тада долази до експанзије развоја алтернативних извора енергије како би се предупредила енергетска жеђ која се неумитно приближава. Алтернативни извори енергије имају за крајњи циљ производњу електричне енергије без које човечанство данас није у стању да функционише. Овакви извори енергије тренутно не могу да обезбеде довољну количину потребне енергије која је свету потребна. Једина преостала реална алтернатива потрошачима је природан гас. Природни гас постаје кључан енергент како за привреду, тако и за индивидуалне потрошаче у домаћинствима. Поред тога у овом раду су приказане физичко-хемијске особине гаса као и његово коришћење у Србији. Као посебан део физичко-хемијских карактеристика обрађена је тема термодинамичке моћи природног гаса у склопу које се говори о тоplotној моћи гаса. Следећи део о коме смо говорили јесте било само налазиште природног гаса. У склопу тог дела објашњена је подела налазишта као и сам начин испитавања истих. Речено је да постоје копнено испитивање и водено. Део рада који се односи на само налазиште гаса јесте и бушење односно вађење гаса на површину. Наведено је да постоје копнено и морско бушење као и технике које се примењују при бушењу. Такође је приказана опрема која се користи при овом процесу. Део који иде након ископавања гаса је такође описан а он се односи на складиштење гаса. Описан је читав поступак складиштења као и места где се складишти гас. Као најпоузданије место за складиштење гаса је описано подземно складиштење као и још пар алтернативних начина складиштења. Посебна пажња је поклоњена делу рада који се односи на системе дистрибуције гас. Током обраде овог дела полазимо од саме поделе гасовода према агрегатном стању гаса на транспорт оних у течном стању и оне у гасовитом. Може се извршити подела и према просторној намени на међународне, магистралне и локалне. Како постоји подела према агрегатном стању тако постоји и подела које је извршена према облику гасовода коју смо такође дефинисали. Један од најважнијих делова ове тачке јесте свакако конструкција гасовода где смо објаснили и дефинисали саставне делове гасовода као што су примопредајна места, цевоводи и други. Напомена смо описали како ради сам систем дистрибуције, избор трасе којом ће проћи цевовод али и извели хидраулички прорачун гасовода при изотермском струјању, гасовода ниског притиска, средњег и високог. Приказан је и део који се односи на заштиту животне средине али и мере заштите при управљању гасом. Мерно регулационе станице представљају посебну тачку овог рада коју смо детаљно дефинисали од њихове поделе до кључних делова исте. Како и уређаје који служе за сагоревање гаса. Последња тачка рада представљају кућне инсталације.

Из свега приложеног види се да је употреба природног гаса економична и у финансијском и у еколошком погледу и да ће у ове сврхе и даље бити употребљаван све док његове залихе буду трајале. Док што се тиче самих система за транспорт гаса и њихових карактеристика они сме могу додатно унапређивати у циљу олакшања транспорта гаса.

8.ЛИТЕРАТУРА

1. Војислав Вулетић, *Карактеристике и примена природног гаса*, Чигоја штампа, Београд, 2011.
2. Божидар Прстојевић, *Дистрибуција природног гаса*, Рударско-геолошки факултет Београд, 2005.
3. <https://www.nis.eu/>
4. <https://www.aers.rs/FILES/Pravilnici/2013-04-24%20PravilnikOUslovimaZaTransportPGGasovodimaPritiskaVecegOd16bar.pdf>
5. <http://www.srbijagas.co.rs/naslovna.1.html>
6. http://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/Energetika_KI_7_predavanje_zamjenska_goriva.pdf 15.06.2017
7. Mane Šašić, *Transport fluida cevima*, Mašinski fakultet Beograd, 1990.
8. Шкрбић Б.: *Транспорт нафте и гаса*, Технолошки факултет, Нови Сад, 2006.
9. http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/VII%20semestar/Eksploatacija%20i%20odrzavanje%20gasovodnih%20sistema/Predavanja/EiOGasS_2.pdf, 10.07.2017
10. Рајковић М.: *Нафта и природни нафтни гас*, Нови Сад, 2009
11. Баталовић Н.: *Машине и уређаји за бушење и опремање нафтних и гасних бушотина*, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2011.
12. Драгићевић С.: *Термотехника*, Технички факултет, Чачак, 2009.
13. Simon K.: *Skladištenje i potrošnja energenata*, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zageb, 2010.
14. Јованчић П.: *Експлоатација и одржавање гасоводних система*, Скрипта са предавања, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2009.
15. М. Богнер, М. Исаиловић, *Природни гас*, Ета Београд, 2008.