

Radoslav Mićić

Tehnika i tehnologija proizvodnje gasa

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin"
Zrenjanin
2020

Tehnika i tehnologija proizvodnje gasa

Autor:

Docent dr Radoslav D. Mičić

Redaktori:

Prof. dr Zvonimir Bošković

Prof. dr Sanel Nuhanović

Izdavač:

Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin

Za izdavača:

Prof. dr Dragica Radosav, dekan Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin”,
Zrenjanin

CIP - Katalogizacija u publikaciji Biblioteke Matice srpske, Novi Sad

MIČIĆ, Radoslav, 1955- Tehnika i tehnologija proizvodnje gasa: Industrijsko inženjerstvo u eksploataciji nafte i gasa / Radoslav D. Mičić. - Zrenjanin : Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", 2020 (Novi Sad : NS Digiprint). - 303 str. : ilustr. 107; 24 cm. - (Biblioteka Udžbenici / Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin ; 233)

Tiraž 30. - Bibliografija.

ISBN

a) Nafta -- Eksploatacija -- Istorija b) Gas - Eksploatacija - Karakterizacija

COBISS. SR -ID 329537543

Sadržaj:

1. <i>Gasovite petrobitumije - gasovi</i>	21
1.1. Uvod	21
1.2. Razvoj istraživanja vezanih za prirodni gas	22
1.3. Šta je prirodni gas?	23
1.4. Sastav i fizička svojstva gasa.....	23
1.5. Prednosti i nedostaci naftnih gasova	25
1.6. Prednosti prirodnog gasa kao energenta:	26
1.7. Poreklo, geneza i tipovi ležišta PNG	26
1.8. Klasifikacija ležišta prirodnog naftnog gasa	27
1.9. Sastav i fizičko-hemijska svojstva prirodnih gasova	28
1.10. Nalazišta i proizvodnja (eksploatacija) prirodnog gasa	28
1.11. Obezbeđenje prirodnog gasa za potrošnju	29
1.12. Transport i distribucija prirodnog gasa	30
1.13. Podzemno skladište gasa	30
1.14. Terminologija.....	31
1.15. Osobine prirodnih naftnih gasova	32
1.16. Ugljovodonici u prirodnim naftnim gasovima.....	32
1.17. Neugljovodonici u prirodnim naftnim gasovima.....	33
1.18. Hemijski sastav PNG iz gasno-kondenzatnih ležišta	33
1.19. Hemijski sastav kaptažnih naftnih gasova	34
1.20. Poreklo i osobine neugljovodonika u PNG.....	34
1.21. Svetske rezerve, potrošnja i eksploatacija gasa	37
1.21.1. Lokacije super gigantskih gasnih polia	41
1.21.2. Države i regije sa najvećim rezervama gasa u periodu 1982/2018	42
1.21.3. Prognoze za otkrivanje novih rezervi PNG	42
1.21.4. Tokovi proizvodnje PNG u svetu.....	42
2. <i>Fazno ponašanje</i>	46
2.1. Faza	46
2.2. Sistem.....	47
2.3. Broj stepeni slobode višefaznog sistema	47
2.4. Fazni prelazi	47
2.5. Čiste supstance.....	48
2.5.1. Fazno ponašanje jednokomponentnog sistema fluida (čisti metan, etan)	48
2.5.2. Linija tačaka isparavanja	49
2.5.3. Dijagram pritiska i temperature za višekomponentne sisteme	49
2.6. Karakteristike faznog ponašanja višekomponentnog sistema	51
3. <i>Fundamentalno ponašanje gasnih i naftnih rezervoara</i>	52
3.1. Klasifikacija rezervoara i rezervoarskih fluida	52
3.2. Rezervoari za gas	52

3.2.1. Rezervoari sa gasnim kondenzatom.....	53
3.2.2. Gasni kondenzat u blizini kritične tačke	55
3.2.3. Rezervoar vlažnog gasa	56
3.2.4. Rezervoar suvog gasa	57
4. <i>Zakovitosti i jednačine koje određuju karakteristike idealnih gasova</i>	58
4.1. Boyleov zakon	58
4.2. Charles-ov zakon.	58
4.3. Gay-Lussacov - Amontonov zakon	59
4.4. Avogadrov zakon	60
4.5. Zakon idealnog gasa, kombinovana jednačina.....	60
4.6. Jednačina idealnog gasnog stanja	61
4.7. Opšta i individualna gasna konstanta	61
5. <i>Prirodni naftni gas</i>	63
5.1. Fizičke-hemijske osobine prirodnih naftnih gasova.....	63
5.2. Korekcije za realne gasove	63
5.3. Van der Waalsova jednačina stanja	64
5.4. Faktor kompresibilnosti	64
5.5. Jednačina stanja realnog gasa (JS, engl. compressibility real gas equation)	65
5.6. Zakon (načelo) korespondentnih stanja (ZKS)	65
5.7. Kritični parametri naftnih gasova	66
5.8. Generalizovana korelacija za određivanje Z-faktora smeše.....	67
5.8.1. Izotemska kompresibilnost	70
5.9. Karakteristike realnih gasova	71
5.9.1. Zapreminski faktor realnog gasa (Bg).....	71
5.9.2. Gustina prirodnog naftnog gasa	72
5.9.3. Viskozitet realnog gasa	74
5.9.4. Toplota sagorevanja naftnih gasova	76
5.9.5. Vlažnost prirodnog naftnog gasa	76
5.9.6. Tačka rose	77
5.9.7. Faktor rastvorljivosti gasa u nafti (Rs)	77
5.9.7.1. Određivanje faktora rastvorljivosti	80
5.9.8. Dvofazni zapreminski faktor nafte (Bto)	82
5.9.9. Zapreminski faktor realnog gasa (Bg).....	83
5.9.10. Faktor isparljivosti nafte iz gasa (Rv)	84
5.9.11. Dvofazni zapreminski faktor stvaranja gasa (Btg)	86
5.9.12. Pritisak zasićenja (pritisak u mehurićima), P_b	87
5.9.13. Koeficijent degazacije	91
5.9.14. Fazna ravnoteža	92
5.9.15. Pritisak zasićenje naftnog gasa	93
6. <i>Kubne jednačine stanja realnih gasova</i>	94
6.1. Van der Waalsova jednačina stanja	94
6.2. Parametri kubne jednačine stanja	95
6.3. Rešenja Van der Waalsove jednačine	96

6.4. Pravila mešanja	97
6.5. Druge poznate kubne jednačine stanja	98
6.5.1. Jednačina stanja Redlicha i Kwonga	98
6.5.2. Soave-Redlich-Kwongova jednačina	98
6.5.3. Jednačina stanja Penga i Robinsona	99
7. Postrojenja	100
7.1. Osnovni koncept prerade prirodnog gasa	100
7.1.1. Uvod	100
7.2. Procesni moduli	101
7.2.1. Grejanje	103
7.2.2. Separacija	103
7.2.2.1. Princip separacije	104
7.2.2.2. Podela separatora	105
7.2.2.3. Vodoravni separatori	106
7.2.2.4. Nedostaci vodoravnih separatora	106
7.2.2.5. Uspravni separatori	107
7.2.2.5.1. Dvofazni vertikalni separatori	107
7.2.2.5.2. Trofazni vertikalni separatori	108
7.2.2.6. Nedostaci vertikalnih separatora	110
7.2.3. Hlađenje	110
7.2.4. Stabilizacija	110
7.2.4.1. Zašto je potrebna stabilizacija kondenzata?	111
7.2.4.2. Parcijalni pritisak	111
7.2.4.3. Konvencionalna dvostepena separacija	112
7.2.4.3.1. Opis procesnog toka	112
7.2.4.4. Višestepena flash stabilizacija kondenzata	113
7.2.4.4.1. Princip višestepene flash stabilizacije	114
7.2.4.4.2. Opis postupka višestepene flash separacije	114
7.2.4.5. Višestepena flash stabilizacija kondenzata na konstantnom pritisku i uz povećanje temperature	115
7.2.4.6. Stabilizator kondenzata, stabilizacija frakcionisanjem	116
7.2.4.6.1. Opis procesa	117
7.2.4.6.2. Napredna kontrola procesa	118
7.2.4.7. Postrojenja za stabilizaciju kondenzata sa ulaskom hladne sirovine.	119
7.2.4.7.1. Opis procesa	119
7.2.4.7.2. Princip rada rektifikacione kolone	120
7.2.4.8. Postrojenja za stabilizaciju kondenzata sa refluksom	122
7.2.4.9. Ključne komponente	123
7.2.4.10. Napon pare po Reid-u	123
7.2.4.11. Prinos komponenti	124
7.2.4.12. Ograničenja kolone Constraints	124
7.2.4.13. Razmatranje konstrukcije kolone za stabilizaciju	124
7.2.4.14. Opis opreme za stabilizaciju	129

7.2.4.15.	Podovi	130
7.2.4.15.1.	Rešetkasti podovi, perforirani, sita	130
7.2.4.15.2.	Ventilski podovi	131
7.2.4.15.3.	Podovi sa "zvonima" (Bubble Cap Trays)	132
7.2.4.15.4.	Podovi visokog kapaciteta/visoke efikasnosti	132
7.2.4.15.5.	Podovi sa ventilima u odnosu na podove sa zvonima	132
7.2.4.15.6.	Efikasnost podova i visina kolone	133
7.2.4.16.	Pakovanje	133
7.2.4.16.1.	Nasumično pakovanje	133
7.2.4.16.2.	Strukturno pakovanje	134
7.2.4.17.	Podovi ili pakovanje	135
7.2.4.18.	Izbor i održavanje kolone za destilaciju	136
7.2.4.19.	Rad kolone za stripovanje	136
7.2.4.20.	Rebojler stabilizacije kolone	136
7.2.4.21.	Hladnjak produkta dna stabilizacije kolone (Stabilizator Bottom Product Cooler)	137
7.2.4.22.	Refluksni sistem stabilizatora (Stabilizer Reflux System)	137
7.2.4.23.	Hladnjak sirovine stabilizatora (Stabilizer Feed Cooler)	138
7.2.4.24.	Grejač sirovine za stabilizer (Stabilizer Feed Heater)	138
7.2.5.	Dehidracija	138
7.2.5.1.	Adsorpcija	139
7.2.5.1.1.	Uvod	139
7.2.5.1.2.	Principi adsorpcije	140
7.2.5.1.3.	Reverzibilni proces	140
7.2.5.1.4.	Zona prenosa mase	140
7.2.5.2.	Principi rada	141
7.2.5.2.1.	Uvod	141
7.2.5.2.2.	Komponente sistema	142
7.2.5.2.3.	Ciklus sušenja / reaktivacije	142
7.2.5.3.	Performanse	143
7.2.5.3.1.	Kvalitet ulaznog gasa	144
7.2.5.3.2.	Temperatura	144
7.2.5.3.3.	Pritisak	145
7.2.5.3.4.	Vreme ciklusa	146
7.2.5.3.5.	Brzina gasa	146
7.2.5.4.	Izvor gasa za regeneraciju	147
7.2.5.5.	Pravac protoka gasa	148
7.2.5.6.	Izbor sredstva za sušenje	149
7.2.5.6.1.	Molekulska sita	150
7.2.5.6.2.	Silika gel i alumina	150
7.2.5.6.3.	Silica Gel	150
7.2.5.7.	Poželjne karakteristike čvrstih sredstva za sušenje	150
7.2.5.8.	Oprema	150
7.2.5.8.1.	Oprema za prečišćavanje ulaznog gasa	150

7.2.5.9. Adsorbcijska kolona.....	151
7.2.5.9.1. Opšte napomene	151
7.2.5.9.2. Loša distribucija gasa	152
7.2.5.9.3. Neadekvatna izolacija.....	152
7.2.5.9.4. Neodgovarajući nosač sloja	152
7.2.5.9.5. Presurizacija	153
7.2.5.9.6. Izmenjivači regeneracionog gasa, grejači i hladnjaci.....	154
7.2.5.9.7. Separator regeneracionog gasa	154
7.2.5.9.8. Regulacioni ventili	154
7.2.5.10. Absorbicija	155
7.2.5.10.1. Uvod	155
7.2.5.10.2. Principi absorpcije	155
7.2.5.10.3. Raoulov i Daltonov zakon	155
7.2.5.10.4. Ravnoteža glikol-voda	156
7.2.5.11. Dehidratacija glikolom.....	157
7.2.5.11.1. Princip rada	157
7.2.5.12. Gasni sistem	158
7.2.5.12.1. Gas-glikol kontaktor	158
7.2.5.13. Glikolni sistem	160
7.2.5.13.1. Izmenjivač toplote glikol/gas	160
7.2.5.13.2. Kontaktor Glikol/gas.....	160
7.2.5.13.3. Refluks kondenzator	161
7.2.5.13.4. Grejač glikol-glikol	161
7.2.5.13.5. Filter od mikrovlakana (mikrofibera)	161
7.2.5.13.6. Ugljeni filter	162
7.2.5.13.7. Glikol-glikol izmenjivač toplote.....	162
7.2.5.13.8. Destilaciona kolona sa "pakovanjem".....	162
7.2.5.13.9. Rekoncentrator	163
7.2.5.13.10. Stripovanje gasom	164
7.2.6. Uklanjanje sumpora i ugljen dioksida	164
7.2.6.1. Fizički efekti dejstva H ₂ S i CO ₂	164
7.2.6.2. H ₂ S i CO ₂ limiti u gasu	165
7.2.6.3. Parcijalni pritisak.....	165
7.2.6.4. Postrojenja za "slađenje" gasa	167
7.2.7. Procesi sa čvrstim slojem.....	168
7.2.7.1. Opis procesa.....	168
7.2.7.2. Procesi sa metalnom suđerastom mrežicom	169
7.2.7.2.1. Primena	169
7.2.7.2.2. Regeneracija.....	171
7.2.7.2.3. Problemi vezani za stvaranje hidrata.....	172
7.2.7.3. Procedura projektovanja postrojenja sa gvođenom suđerastom mrežicom	172
7.2.7.3.1. Opšta razmatranja.....	172
7.2.7.3.2. Razmatranja dizajna	173

7.2.7.4. Sulfa-Treat Proces.....	176
7.2.7.4.1. Opis procesa	176
7.2.7.5. Procesi sa molekulskim sitima	176
7.2.7.5.1. Regeneracija.....	176
7.2.7.5.2. Mehanička degradacija.....	177
7.2.7.5.3. Primena	177
7.2.7.6. Cink oksid procesi	177
7.2.7.6.1. Proces.....	177
7.2.7.6.2. Razmatranje parametara vezanih za sloj	177
7.2.7.6.3. Primena	177
7.2.8. Procesi sa hemijskim rastvaračem	177
7.2.8.1. Opšti opis procesa	177
7.2.8.1.1. Regeneracija.....	177
7.2.8.1.2. Najčešće korišćeni hemijski rastvarači	178
7.2.8.2. Aminski procesi	178
7.2.8.2.1. Razmatranja vezana za korišćenje amina.....	178
7.2.8.2.2. Opis procesa	178
7.2.8.3. Metildietanolamin	179
7.2.8.4. Monoetanolaminski sistemi	179
7.2.8.4.1. Opšta diskusija	179
7.2.8.4.2. Regeneracija.....	179
7.2.8.4.3. Nedostaci.....	180
7.2.8.4.4. Reklejmer (povratnik).....	180
7.2.8.4.5. Koncentracija i uvođenje rastvora	180
7.2.8.4.6. Razmatranja o koroziji.....	180
7.2.8.4.7. Razmatranje penjenja	180
7.2.8.4.8. Separator sa filterom od mikrofibera.....	181
7.2.8.4.9. Sistem za blanketiranje	181
7.2.8.4.10. MEA gubici	181
7.2.8.4.11. Rezime	181
7.2.8.5. DEA sistemi	181
7.2.8.5.1. Opšta diskusija	181
7.2.8.5.2. Reklejmer	181
7.2.8.5.3. Koncentracija i uvođenje rastvora	181
7.2.8.5.4. Gubici amina.....	182
7.2.8.6. Di-glikol-aminski sistemi	182
7.2.8.6.1. Opšta diskusija	182
7.2.8.6.2. Koncentracija i uvođenje rastvora	182
7.2.8.6.3. Prednosti	182
7.2.8.7. Diizopropanolaminski sistemi.....	182
7.2.8.7.1. Opšta diskusija	182
7.2.8.7.2. Prednosti	182
7.2.8.8. MDEA sistemi	182
7.2.8.8.1. Opšta diskusija	182

7.2.8.8.2.	Odnos CO ₂ / H ₂ S	182
7.2.8.8.3.	Koncentracija i uvođenje rastvora	183
7.2.8.8.4.	Prednosti	183
7.2.8.9.	Inhibirani amini sistemi	183
7.2.8.9.1.	Opšta diskusija	183
7.2.8.10.	Amini sistem	183
7.2.8.10.1.	Opšta razmatranja	183
7.2.8.10.2.	Amini absorberi	183
7.2.8.10.3.	Recirkulacioni odnos amina.....	184
7.2.8.10.4.	Toplota reakcije	186
7.2.8.10.5.	Flash posuda	187
7.2.8.10.6.	Amini rebojler	188
7.2.8.10.7.	Amini stripper	190
7.2.8.10.8.	Vršni kondenzator i akumulaciona posuda sa refluksom .	191
7.2.8.10.9.	Izmenjivači bogatih/siromašnih amina.....	193
7.2.8.10.10.	Amini hladnjak.....	194
7.2.8.10.11.	Prečišćavanje rastvora amina.....	194
7.2.8.10.12.	Pumpe za rastvor amina	195
7.2.8.10.13.	Procedura za određivanje veličine aminskog sistema...	195
7.2.8.11.	Sistemi vrućeg kalijum karbonata	196
7.2.8.11.1.	Opšta diskusija.....	196
7.2.8.11.2.	Opis procesa.....	196
7.2.8.11.3.	Performanse.....	197
7.2.8.11.4.	Razmatranja mrtvih tačaka u sistemu	197
7.2.8.11.5.	Razmatranja o koroziji	197
7.2.8.12.	Licencirani karbonatni sistemi	197
7.2.8.13.	Grupa procesa sa specijalnim hemijskim rastvaračima.....	197
7.2.8.13.1.	Opšta diskusija.....	197
7.2.8.13.2.	Opis procesa.....	198
7.2.8.13.3.	Performanse.....	198
7.2.8.13.4.	Sulfa-Check.....	198
7.2.8.13.5.	Razmatranje koncentracije.....	198
7.2.8.13.6.	Protok mehurića	198
7.2.8.13.7.	Odlaganje oksidacionog rastvora	198
7.2.9.	Fizički procesi	198
7.2.9.1.	Opšti opis procesa	198
7.2.9.2.	Procesi sa flornim rastvorom	200
7.2.9.3.	Sulfinol® postupak	200
7.2.9.3.1.	Ulaz kiselog gasa	201
7.2.9.3.2.	Karakteristike	201
7.2.9.3.3.	Razmatranja vezana za dizajn	201
7.2.9.3.4.	Razmatranje vezano za penjenje	201
7.2.9.3.5.	Faktori koje treba uzeti u obzir pre izbora postupka za tretiranje	201

7.2.9.4. Proces Selexol®	201
7.2.9.5. Rectisol postupak.....	201
7.2.10. Procesi za direktnu konverziju	202
7.2.10.1. Opšti opis procesa	202
7.2.10.2. Stretford proces	202
7.2.10.2.1. Opšta diskusija.....	202
7.2.10.2.2. Opis procesa.....	202
7.2.10.3. IFP postupak.....	203
7.2.10.3.1. Opšta diskusija.....	203
7.2.10.3.2. Opis procesa.....	204
7.2.10.3.3. Odnos H ₂ S prema SO ₂	204
7.2.10.4. LO-CAT®	204
7.2.10.4.1. Opšta diskusija.....	204
7.2.10.4.2. Opis procesa.....	204
7.2.10.4.3. Razmatranja vezana za tehnologiju	205
7.2.10.5. Sulferox®	205
7.2.10.6. Claus.....	205
7.2.10.6.1. Opšta diskusija.....	205
7.2.10.6.2. Opis procesa.....	205
7.2.10.7. Obrada otpadnog gasa	206
7.2.10.7.1. Opšta diskusija.....	206
7.2.10.8. Sulfa-Check proces	207
7.2.10.8.1. Opšta diskusija.....	207
7.2.11. Procesi destilacije	207
7.2.11.1. Proces destilacije Rian-Holmesa	207
7.2.11.1.1. Opšta diskusija.....	207
7.2.11.1.2. Opis procesa.....	207
7.2.12. Procesi zasnovani na propusnosti (permeation) gasa	208
7.2.12.1. Membrane	208
7.2.12.1.1. Definicija	208
7.2.12.1.2. Aplikacije	208
7.2.12.1.3. Propusnost membrane	208
7.2.12.1.4. Važni parametri pri izboru membrane	209
7.2.12.2. Asimetrična struktura membrane	210
7.2.12.3. Kompozitna membranska struktura.....	210
7.2.12.4. Membranski elementi	211
7.2.12.4.1. Membrana u obliku ravnog lista	211
7.2.12.4.2. Permeatni gas.....	212
7.2.12.4.3. Optimizacija sistema	212
7.2.12.4.4. Šuplja vlakna.....	212
7.2.12.4.5. Spiralno uvijeni membranski elementi u odnosu na šuplja vlakna.....	213
7.2.12.4.6. Spiralno uvijeni membranski elementi.....	213
7.2.12.4.7. Šuplja vlakna.....	213

7.2.12.4.8.	Membranski moduli	214
7.2.12.4.9.	Glavni dobavljači	214
7.2.12.5.	Membranski skidovi (klizači)	214
7.2.12.6.	Razmatranja dizajna	214
7.2.12.6.1.	Protok	214
7.2.12.6.2.	Radna temperatura	215
7.2.12.6.3.	Pritisak u dovodu	216
7.2.12.6.4.	Permeatni pritisak	216
7.2.12.6.5.	Uklanjanje CO ₂	217
7.2.12.7.	Ostala razmatranja vezana za dizajn	218
7.2.12.7.1.	Uslovi procesa	218
7.2.12.7.2.	Propisi vezani za životnu sredinu	218
7.2.12.7.3.	Lokacija	218
7.2.12.8.	Procesne sheme	219
7.2.12.8.1.	Jednostepeni membranski proces (Slika 7.65)	219
7.2.12.8.2.	Višestepeni membranski proces	219
7.2.12.9.	Predobrada kod membranskih procesa	221
7.2.12.9.1.	Opšta razmatranja	221
7.2.12.9.2.	Razmatranja sistema predobrade	221
7.2.12.9.3.	Tradicionalna prethodna obrada	222
7.2.12.9.4.	Dodatna oprema koja se koristi prilikom predhodne obrade	222
7.2.12.9.5.	Hladnjak (Chiller)	222
7.2.12.9.6.	Turbo-ekspander	222
7.2.12.9.7.	Glikolna jedinica	222
7.2.12.10.	Poboljšanja prethodne obrade	223
7.2.12.10.1.	Potreba za poboljšanjima vezanim za predobradu	223
7.2.12.10.2.	Potpuno uklanjanje teških ugljovodonika	224
7.2.12.10.3.	Regenerativni sistem	224
7.2.12.10.4.	Sposobnost obrade sirovina sa različitim sastavom	224
7.2.12.10.5.	Pouzdanost	224
7.2.12.10.6.	Efikasnost	225
7.2.12.11.	Prednosti membranskih sistema	225
7.2.12.11.1.	Niži kapitalni troškovi (CAPEX)	225
7.2.12.11.2.	Operativni troškovi (OPEX)	225
7.2.12.11.3.	Odložena kapitalna ulaganja	225
7.2.12.11.4.	Visok odnos maksimalnog i minimalnog kapaciteta (high turndown)	225
7.2.12.11.5.	Operativna jednostavnost i visoka pouzdanost	226
7.2.12.11.6.	Mala težina i efikasnost korišćenja prostora	226
7.2.12.11.7.	Prilagodljivost	226
7.2.12.11.8.	Ekološki aspekti korišćenja membranskog procesa	227
7.2.12.11.9.	Efikasnost dizajna	227
7.2.12.11.10.	Proizvodnja energije	227
7.2.12.11.11.	Idealno za uklanjanje uskih grla (De-bottlenecking) ..	227

7.2.12.11.12. Idealna solucija za udaljene lokacije	227
7.2.12.12. Izbor procesa	227
7.2.12.12.1. Analiza ulaznog gasa	227
7.2.12.12.2. Opšta razmatranja	228
7.2.12.12.3. Uklanjanje H ₂ S da bi se postiglo kvalitet za cevovodni transport (4 ppm)	228
7.2.12.12.4. Selekcione šeme	229

Skraćenice:

Ξ_i =ekvivalent i jona;

p_b =Pritisak zasićenja

B_w =faktor kompresibilnosti. Pa^{-1} , promena zapremine kada se pritisak promeni za jedinicu;

γ_g =Prosečna specifična težina naftnog gasa

γ_{API} =Relativna gustina nafte izražena u^oAPI

ρ =gustina rastvora, kg/m^3 (lbs/gal);

α =koeficient Joule-Thomson (zavisi od prirode gasa, pritiska, temperature);

β =koeficient kompresibilnosti, stišljivosti (ili elastičnosti zapremine), GPa^{-1} ;

α =koeficient rastvorljivosti gasa;

α =koeficient rastvorljivosti gasa;

λ =latentna toplota isparavanja vode na pritisku striper kolone, J/kg (Btu/lbs).

n-C₄ split=simulirani molovi komponente podeljeni sa molovima n-C₄ u sirovini;

β_n =koeficient kompresibilnosti, stišljivosti (ili elastičnosti zapremine) nafte, GPa^{-1} ;

ΔP =diferencijalni pritisak, kPa (psi);

ΔP =promena pritiska.

Δp =razlika pritiska CO₂ između dovoda (visoki pritisak) i propusne strane membrane (niskog pritiska);

ΔT = promena temperature, promena temperature amina, °C (°F);

%CA=procenat ugljenika u aromatskim strukturama;

%CN=procenat ugljenika u naftenskim strukturama;

%CP=procenat ugljenika u parafinskim strukturama.;

Δt_x =vremenski interval između emitovanog i primljenog signala, s;

A=efektivna površina provodnika (površina preklapanja ploča = $a \times b$, m^2);

A=površina kontakta sloja tečnosti (gasa), koji se kreću, m^2 ;

A=površina poprečnog preseka;

A_G =molovi kiselog gasa/day, kg mol/day (lbs mol/day);

A_L =ulaz kiselog gasa, mol kiselog gas/mol amina.

A_{LLL} =površina poprečnog preseka za najniži nivo tečnosti unutar separatora, m^2 ;

A_p =površina poprečnog preseka kapljice = $D_d^2 \cdot \pi / 4$, m^2 ;

A_T =površina poprečnog preseka posude separatora, m^2 ;

A_v =površina poprečnog preseka separatora potrebnog za odvajanje kapljica iz struje gasa, m^2 ;

B_g =zapreminski faktor gasa,

BHP=maksimalna snaga pumpe, kW (HP);

B_{to} =dvofazni zapreminski faktor nafte,

B_{um} (B_u)=zapremina gvozdene sušeraste mrežice, bushels (m^3);

c =brzina prostiranja svetlosti u vakuumu, m/s;
 C =kapacitet u Pico faradima, pF;
 c =konstanta: za neredovno servisiranje $c=125$, za redovno servisiranje $c=100$;
 c =težinski udeo amina u aminskom rastvoru, kg amina/kg rastvora (lbs amin/lbs rastvora);
 C_D =koeficijent zaostajanja ;
 $CFPP$ =tačka zagušenja hladnog filtera, filtrabilnost, °C;
 C_{H^+} =koncentracija vodonikovih jona, mmol/l;
 CP =tačka zamućenja, °C;
 C_{PDEA} =DEA specifična toplota, kJ/kg K (Btu/lbs °F);
 C_{PLA} =specifična toplotna moć "siromašnog" amina, kJ/kg K (Btu/lbs);
 C_{PMEA} =MEA specifična toplota, kJ/kg K (Btu/lbs °F);
 C_s =je konstanta za Seebeckov napon;
 C_T =je konstanta za Thomson-ov napon;
 D =difuzijski koeficijent CO₂ kroz membranu;
 d =prečnik;
 d =rastojanje između senzora i tela čija se temperatura meri, μ ;
 d =relativna gustina;
 d =udaljenost između dve ploče, m;
 d =udaljenost između provodnikam, m;
 d =unutrašnji prečnik posude, cm (in.);
 D_d =prečnik kapljice, m;
 d_m =prečnik kapljice, m;
 d_{max} =makimalni unutrašnji prečnik posude, cm (in.);
 d_{min} =minimalni unutrašnji prečnik posude, cm (in.);
 d_N =prečnik ulazne mlaznice separatora, m;
 D_T =prečnik separatora, m;
 D_u =unutrašnji prečnik separatora, m;
 d_u =unutrašnji prečnik separatora, m;
 dv =razlika između brzine koja se kreće sloj tečnosti (gasa) ;
 D_V =unutrašnji prečnik posude separatora, m;
 dy =rastojanje između pokretnih sloj tečnosti (gasa), m;
 e =efikasnost (0,65=0,8).
 e =efikasnost pumpe, =0.7 za centrifugalne pumpe, =0.9 za klipne pumpe.
 E =koeficijent toplotne ekspanzije, promen zapremine kada promeni temperatura za 1 °C;
 E =konstanta poznata kao apsolutna propusnost slobodnog prostora;
 E =ukupni napon preko termoelementa, V;
 E_h =potencijalna energija ($= F_g \cdot h = m \cdot g \cdot h$ (=) J);
 F =sila sa kojom se deluje na ploče, $N = 1 \text{ kgm/s}^2$;
 F_d - sila povlačenja kapljica, N;
 F_e =sadržaj Fe oksidne suđeraste mrežice kg Fe₂O₃/m³ (lbs Fe₂O₃/bushel);
 F_g - sila teže koja deluje na kapljicu, N;

f_l - odnos visine tečnosti i prečnika separatora, -;
 F_n = ukupan broj molova;
 FP = tačka smrzavanja, °C;
 F_{tr} = sila trenja, N;
 g = gravitaciona sila, m/s^2 ; gravitaciono ubrzanje, m/s^2 ; konstanta gravitacije, m/s^2 ;
 GCV = ukupna toplotna vrednost, MJ/kg, kJ/kg;
 g_i = maseni udeo frakcije, težinski udeo; maseni udeli komponenata;
 H = dubina, m;
 H = visina sloja, m (ft).
 h = visina stuba tečnosti unutar separatora, m;
 H_D - visina separatora namenjena primarnom razdvajanju faza, m;
 H_D = visina razdvajanja faza, m;
 H_H = visina zadržavanja tečne faze, m;
 h_L = entalpija vode na izlaznoj temperaturi iz kondenzatora, W (Btu/lbs);
 H_l = visina tečne faze u separatoru, m; ($h_D = H_l / d_u$);
 H_{LIN} = visina između maksimalne visine tečnosti i ulazne mlaznice separatora, m;
 H_{LL} = maksimalna visina tečnosti unutar separatora, m;
 H_{LLL} = najniži nivo tečne faze unutar vertikalnog separatora, m;
 H_{ME} = debljina hvatača kapljica, m;
 h_o = željena debljina sloja nafte [m];
 h_s = entalpija pare na temperaturi gornjeg poda, W (Btu/lbs);
 H_s = visina punjenja separatora, visina punjenja, m; m;
 H_T = ukupna visina uspravnog separatora, m;
 H_{tot} = ukupna tvrdoća vode, ($= H_{carb} + H_{nocarb}, \left(\frac{mg_{\text{ekv}}}{l} \right)$), sadržaj soli u miligramima ekvivalenta po litri;
 H_v = minimalna visina prostora potrebna za odvajanje kapljica iz struje gasa, m;
 H_v = visina prostora unutar separatora potrebna za odvajanje kapljica iz struje gasa, m;
 i $p=1.01325$ bar, zapremina 1 mola gasa);
 l = debljina membrane.
 lk = indeks korelacije;
 j^* = gustina spektralnog zračenja;
 J = membranski tok CO_2 (stopa / jedinica površine);
 K - separatorski koeficijent, m/s;
 K = Henrijeva konstanta Genri ($K=f(\alpha)$);
 K = Karakterizacioni broj;
 k = rastvorljivost CO_2 u membrani;
 K = relativna dielektrična konstanta izolacionog materijala;
 K = Souders Brownov koeficijent, m/s;
 k_{dry} = koeficijent suvoće;

K_i =ravnotežni odnos komponente: $K_i = \frac{y_i}{x_i}$;

k_{wet} =koeficijent vlažnosti;

L/d =odnos dužine i prečnika separatora, -;

L =dužina posude separatora, m;

L =latentna toplota isparavanja skladištene tečnosti;

L_{DEA} =brzina cirkulacije DEA rastvora, m^3/h (gpm);

L_{eff} =dužina separatora raspoloživa za odvijanje separacije, m;

L_{eff} =efektivna dužina separatora, m;

L_{H_2O} =protok vode, m^3/h (gpm);

L_{LA} =cirkulacioni odnos "siromašnog" amina, m^3/h (gpm);

L_{LL} =najniži nivo tečnosti unutar separatora, m;

L_{MEA} =brzina cirkulacije MEA rastvora, m^3/h (gpm);

L_{MIN} =minimalna dužina separatora potrebna za odvajanje tečnosti od gasa, m;

L_n =ukupan broj molova komponenti n u tečnosti na dnu kolone;

L_{ss} =stvarna dužina/visina separatora, m;

M =deo separatora ispunjen tečnom fazom;

m =masa, kg;

M = molekulska masa, molekulska težina skladištene tečnosti, kg/kmol;

MF_n =molski udeo n -te komponente u tečnoj fazi.

M_g =maseni protok gasa, kg/s;

$m_{v,i}$ =koncentracija jona u vodi (mg/l);

n =broj međustepeni;

n =indeks refrakcije;

n =količina supstance, kmol;

N =količina supstance, kmol;

$N_A = 6,023 \times 10^{23}$ molekula, Avogadrov broj;

NCV =neto toplotna vrednost, MJ/kg, kJ/kg;

n_g =molarni udeo gasne faze;

N_i =broj molekula (čestica) ;

n_i =kmol, broj molova;

n_L =molarni udeo tečne faze;

N_{LL} =normalan nivo tečnosti unutar separatora, m;

O_v =protok vode, m^3/s ;

P =apsolutni pritisak, Pa;

P =pritisak gasa iznad površine tečnosti, Pa;

P = radni pritisak, kPa (psia); radni pritisak separatora, bar;

p_b = pritisak mehurića, psia

P_i =parcijalni pritisak i -te komponente u smeši;

PP =tačka stinjavanja, °C;

PP_{H_2O} =parcijalni pritisak vode na izlaznoj kondenzatorskoj temperaturi, kPa abs (psia).

P_R =pritisak u refluksnoj posudi, kPa (psig);

$P_{s.c.}$ = standardna vrednost atmosferskog pritiska (1.01325 bar);
 P_s = pritisak koji vlada u rezervoaru, [Pa];
 P_s = standardni pritisak, Pa;
 Q = naboj na kondenzatoru, F;
 q_{ag} = toplotno opterećenje kiselog gasara, W(Btu/h);
 q_{cond} = toplotna moć kondenzatora, W(Btu/h);
 q_{cooler} = toplotna moć "siromašnog" amina, W (Btu/h);
 q_{DEA} = DEA exchanger, W (Btu/h);
 Q_g = protok gasa, std m^3/h (MMSCFD);
 Q_g = protok gasa, m^3/s ;
 q_{gv} = propusna moć uspravnog separatora za gas, pri pritisku i temperaturi separatora, m^3/s ;
 Q_k = protok kondenzata, m^3/s ;
 q_l = protok tečne faze, m^3/s ;
 Q_l = protok tečnosti, m^3/s ;
 q_{la} = toplotno opterećenje rastvora „siromašnog“ amina, W(Btu/h);
 q_{MEA} = MEA toplotna moć, W (Btu/h);
 Q_n = donja toplota sagorevanja, MJ/kg, kJ/kg;
 Q_o = protok nafte, m^3/s ;
 q_o = protok nafte, m^3/s ;
 q_{oH} = propusna moć vodoravnog separatora za tečnost, m^3/s ;
 q_{ra} = toplotno opterećenje rastvora „bogatog“ amina, W(Btu/h);
 q_{reb} = toplotna moć rebojlera, W(Btu/h);
 Q_v = gornja toplota sagorevanja, MJ/kg, kJ/kg;
 Q_v = zapreminski protok, m^3/s ;
 q_{vr} = toplotna moć potrebna da bi se ohladile vršne pare na izlaznu temperaturu kondenzatora, W (Btu/h);
 q_w = protok vode, m^3/s ;
 R = odnos pritisaka između stepeni: $R = \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_2}{p_3} = \dots = \frac{p_n}{p_s}$;
 R = univerzalna gasna konstanta, $Pa \times m^3 / (kmol \times stepeni)$, u SI .3145 $\left[\frac{kPa \cdot m^3}{K \cdot kgmol} \right]$;
 R_0 = otpornost na temperaturi $t = 0^\circ C$, Ω ;
 r_c = poluprečnik mernog kruga, mm;
 $Re = f(d, v, \rho, \mu)$, Rejnoldsov broj;
 R_s = rastvorljivost u gasu, scf / STB
 R_s = faktor rastvorljivosti,
 R_{sb} = faktor rastvorljivosti gasa na pritisku mehurića,
 R_t = otpornost na temperaturi t , Ω ;
 RV_n = relativna isparljivost komponente n
 SG = specifična težina "siromašnog" amina, (voda=1.0);
 SG_{DEA} = specifična težina DEA.
 SG_{MEA} = specifična težina MEA;
 S_r = odnos dužine i prečnika ;

T =apsolutna temperatura, K; temperatura sistema, ° R; radna temperatura, K (°R), radna temperatura separatora, K, Temperatura ležišta
 t =vreme, s;
 T_c ; je temperatura hladnog spoja, °C;
 t_c =vreme ciklusa, dani;
 t_d =vreme sedimentacije kapljice, s;
 T_H =je temperatura vrućeg spoja, °C;
 t_i =srednja temperatura ključanja, °C;
 T_{in} =ulazna temperatura u aminski hladnjak=temperaturi na izlazu bogat/siromašan aminski izmenjivač, °C (°F).
 t_{iz} =vreme koje je potrebno da se kapljice izdvoje iz struje gasa, s;
 t_k =srednja kubna temperatura ključanja, °C;
 t_M =molska srednja temperatura ključanja, °C;
 T_{obj} =temperatura tela koja se meri, °C;
 T_{out} =izlazna temperatura iz aminskog hladnjaka, temperatura sirovinskog gasa +2.2 °C (°F);
 t_r =vreme zadržavanja tečne faze u separatoru, s;
 t_{rg} =vreme zadržavanja gasa, s;
 t_{ro} =vreme zadržavanja nafte, s;
 t_{rw} =vreme zadržavanja vode, s;
 $T_{s.c.}$ =vrednost temperature pri standardnim uslovima (288.15K);
 T_s =standardna temperature, K;
 t_s =vreme punjenja separatora, s;
 T_{sen} =temperatura IR temperaturnog senzora, °C;
 t_z =zapreminska srednja temperatura ključanja, °C;
 V =brzina ploče, m/s;
 V =brzina smicanja, 1/s;
 V =napon kondenzatora, V;
 v =specifična zapremina, m³/kg;
 V =zapremina m³;
 v_d =brzina sedimentacije kapljice, m/s;
 V_{deg} =zapremina nafte pri atmosferskom pritisku i temperaturi od 20°C posle degazacije, m³;
 v_g =brzina gasa, m/s;
 V_g =zapremina gasa, rastvorenog na datoj temperaturi; m³;
 V_{gmax} =maksimalna brzina gasa, m/s (ft/s).
 v_{gs} =stvarna brzina gasa, m/s;
 V_H =zapremina tečne faze unutar akumulacijske sekcije separatora, m³;
 V_H =zapremina tečnosti zadržana unutar separatora, m³;
 V_i =zapreminski udeo frakcija, zapremina tečnog rastvarača;;
 V_m , v =molarna zapremina, 22,4dm³/mol pri 0°C i 101,3 kPa, zapremina 1 mola gasa ili 23.645 m³/kgmol pri 15°C, 1.01325 bar;
 v_{max} =kritična brzina strujanja gasa, m/s;

V_p =napon para smeše, psia;
 V_{pn} =napon para n-te komponente, psia;
 V_r =molski deo ispuštanja pare iz kondenzatora kg mol/h (lbs mol/h);
 V_s =zapremina prepunjenja, m³;
 V_{sl} =zapremina nafte na uslovima sloja; m³;
 v_t =brzina sedimentacije kapljice, m/s;
 W_{H_2O} =protok vode, kg/h (lbs/h);
 W_r =količina refluksa, kg/h (lbs/h).
 x =dužina puta u pravcu brzine v , m ;
 X =koeficijent proporcionalnosti;
 X_A =ukupno potrebno smanjenje frakcije kiselih gasova, odnos uklonjenih molova kiselog gasa/broju molova dovodnog gasa; Napomena: X_A predstavlja broj molova svih kiselih komponenti, to jest, CO₂, H₂S i meraptaptana, pošto MEA i DEA nisu selektivni;
 x_i - molarni udeo komponente i u tečnoj fazi;
 x_w =zapreminska koncentracija disperzne faze (vode), %;
 y =rastojanje između ploča, m;
 Y =rastojanje između ploča, m;
 y_i - molarni udeo komponente i u gasovitoj fazi;
 y_i = molski udeli komponenata, molarni (molski) udeo frakcija;
 Z = gasni faktor kompresibilnosti, faktor kompresibilnosti gasa;
 z_i =molarni udeo komponente i u ukupnoj smješi;
 $\alpha_a = \varphi_a / \varphi$, koeficijent absorpcije;
 $\alpha_p = \varphi_p / \varphi$; koeficijent propuštanja zračenja koje pada na telo;
 $\alpha_r = \varphi_r / \varphi$, koeficijent refleksije;
 γ ili ρ^0 =relativna gustina.;
 γ_g =relativna gustina gasa ;
 Δ =pogonska sila (razlika temperature, razlika koncentracije, razlika količine kretanja, ili razlika pritiska, itd.) između dva mesta na rastojanju između kojih se vrši transport;
 Δh =udaljenost između vodene i naftne pregrade [m];
 ϵ =dielektrična konstanta nafte, F/m, As/Vm;
 ϵ =koeficijent emisivnosti;
 ϵ_0 =provodljivost praznog prostora ($\epsilon_0 \approx 8.854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$);
 ϵ_R =relativna statička provodljivost;
 μ = viskozitet, koeficijent dinamičke viskoznosti, Pas; dinamički viskozitet, Pa s, Nsm⁻², kg·m⁻¹s⁻¹;
 μ_0 =viskoznost nafte - disperzione sredine jer se radi o emulziji vode u nafti, Pa·s;
 μ_e =viskoznost emulzije, Pa·s;
 μ_g =viskoznost gasa, Pa·s ;
 μ_o =viskoznost nafte, Pa·s;
 μ_p =plastična viskoznost, Pa s, Nsm⁻², kg·m⁻¹s⁻¹

v =brzina prostiranja elektromagnetnih talasa ($\approx 3 \cdot 10^8$ m/s);

ν =kinematski viskozitet, m^2/s , cSt ($1 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$);

v =molarna zapremina ($= 22.414 \left[\frac{\text{dm}^3}{1 \text{ g mol}} \right] = 22.414 \left[\frac{\text{m}^3}{1 \text{ kg mol}} \right]$ pri $T=273.15 \text{ K}$)

v_c =eroziona brzina smeše, m/s;

v_i =zapreminski udeli komponenata;

ρ =gustina, g/cm^3 ; kg/m^3 ;

ρ_g =gustina gasa, kg/m^3 ;

ρ_k =gustina kondenzata, kg/m^3 ;

ρ_l =gustina tečnosti, kg/m^3 ;

ρ_{mix} =odnos gustine gasa i tečnosti pri uslovima separacije, kg/m^3 ;

ρ_o =gustina nafte, kg/m^3 ;

ρ_v =gustina vode, kg/m^3 ;

ρ_w - gustina vode [kg/m^3];

$\sigma = 5,6696 \cdot 10^{-8} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}]$ Stefan- Boltzmann-ova konstanta;

σ =provodljivost, S/m, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

τ =smicajno naprezanje, Pa, $\frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} = \text{lb}/100\text{ft}^2$;

τ_o =granica tečenja (kritično naprezanje na smicanje), MPa;

Φ =fluidnost, m^2/Ns ;

ϕ =fluks posmatrane veličine (toplote, mase, količine kretanja itd.), tj.

količinu te veličine koja se prenese za jedinicu vremena u površinu kroz jediničnu površinu normalnu na pravac transporta;

1. Gasovite petrobitumije - gasovi

1.1. Uvod

Ljudi su se upoznali sa naftom pre više od 4000 godina.

U osvit civilizacije, nafta nije igrala veliku ulogu u svakodnevnom životu i tehnologiji. Na osnovu istorijskih podataka, može se zaključiti da su naftu koristili Grci, Egipćani i Asirci, i to uglavnom za medicinske svrhe, u građevinarstvu (asfalt), u proizvodnji mastila, i za vojnu namenu ("Grčka vatra"), kao i za rasvetu i podmazivanje točkova na kolima

Gas, kao i nafta, čoveku je bio poznat pre više hiljada godina. Stari Kinezi su ga koristili za osvetljavanje hramova u koje su ga dovodili *cevovima* napravljenim od bambusove trske.

U toku nove naftne ere, u devetnaestom i početkom dvadesetog veka, PNG je smatran manje vrednim proizvodom u proizvodnji i preradi nafte pa je od nje odvajan i uglavnom spaljivan na naftnim poljima. Kao jeftin izvor za dobijanje goriva i naftnih derivata, gas se koristi, tek, u poslednjih sto godina. Njegova praktična upotreba, za zagrevanje stanova, počela je krajem 19. veka u SAD u *Fredoniji*, mestu u državi *Njujork*. Veća potrošnja PNG za osvetljenje i za grejanje započinje 1884. godine u *Pittsburg-u*. Tada je izgrađen i prvi gasovod dug 23 km. Od tada pa sve do početka pedesetih godina 20. veka, SAD su bile i najveći svetski proizvođač i najveći potrošač PNG. Godine 1929. SAD su u svetskoj proizvodnji PNG učestvovala sa 93,5 %. Krajem osamdesetih godina 20. veka učešće SAD u svetskoj potrošnji svelo se na samo 30%. Međutim te promene nisu bile posledica pada proizvodnje i potrošnje u SAD, već su nastale zbog otkrivanja novih ležišta, stalnog rasta proizvodnje i potrošnje PNG u drugim delovima sveta.

U ovom trenutku, razvoj tehnologije i industrije ne može se zamisliti bez upotrebe nafte i gasa i proizvoda koji se dobijaju njihovom preradom.

Od nafte se proizvodi gorivo za motore sa unutrašnjim sagorevanjem, gorivo za gasne turbine i kotlove, ulja za podmazivanje, bitumen za kolovoze, čađ za gumarsku industriju, koks za elektrode, kao i mnogi drugi industrijski proizvodi i roba široke potrošnje.

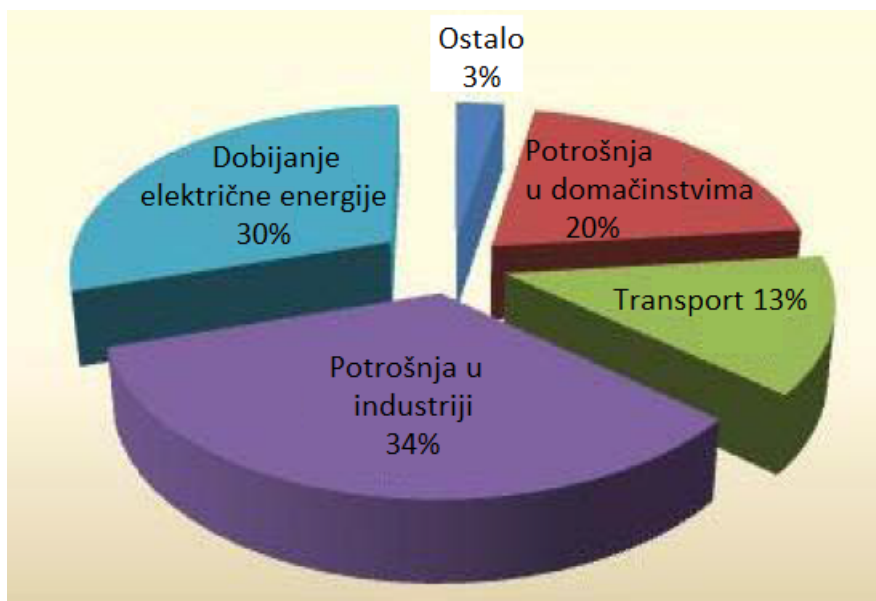
Prirodni gas, gasni kondenzat (Associated petroleum gas (APG)), rafinerijski gas, aromatski ugljovodonici, tečni i čvrsti parafini - koriste se kao sirovina u petrohemijskoj industriji.

Od relativno jeftinih sirovina, kao što su nafta i gas, proizvodi se sirovina za polimere, sintetička vlakna, gume, deterdženti, alkoholi, aldehidi, i mnogi drugi vredni materijali.

Značajna industrijska primena prirodnog gasa je i u proizvodnji veštačkih đubriva, kao i u transportu-kao energenta.

Pored industrijske primene, generalno se može reći da prirodni naftni gas ima najširu primenu u proizvodnji struje i vodonika (visoko cenjenog gasa u naftno prerađivačkoj industriji).

Globalna podela odnosa korišćenja prirodnog gasa data je na slici 1.



Slika 1: Struktura potrošnje prirodnog gasa u 2007 godini.

1.2. Razvoj istraživanja vezanih za prirodni gas

Razvoj naučno-tehničke baze čovečanstva, na osnovu koje se istražuju i puštaju u rad najveće rezerve nafte i gasa zasniva se na postizanju napretka u oblasti fizike naftno-gasnog sloja. Dobijeni novi podaci o naftim i gasnim rezervoarima, kolektorskim i filtracionim osobinama stena (poroznosti, propustljivost, zasićenju, elektroprovodljivosti), fizičkim osobinama rezervoara tečnosti i gasova, kao i faznom satavu ugljovodoničnih sistema, su podaci koji se uspešno se koriste u praksi.

Napredak u oblasti fizike nafno-gasnog sloja, kroz savremeniji sistem projektovanja, sistema za eksploataciju, omogućuje kompetentniji rad u istraživanju nafte i gasa, kao i razvoj i implementaciju novih metoda za povećanje mogućnosti eksploatacije naftnih i gasnih zaliha.

Moderni inženjeri-naftaši, koji se bave racionalnim razvojem naftnih i gasnih polja, moraju biti upoznati sa geološke građom zamljišta (stena), njegovim fizičkim karakteristikama, fizičkim i fizičko-hemijskim osobinama nafte, gasa i vode, zasićenja stena; i na osnovu svega toga treba da budu u stanju da pravilno obrade i procene podatke dobijene na osnovu istražnih radnji vezanih za naftno-gasni sloj (rezervoar) i tokom kasnije eksploatacije. Ovi podaci omogućavaju nam da utvrdimo početne rezerve ugljovodonika u rezervoaru. Oni su neophodni za objektivno prikazivanje procesa koji se dešavaju u rezervoaru u različitim fazama eksploatacije. Na osnovu ovih složenih informacija, zasnovano je i projektovanje načina eksploatacije terena, i izbor različitih metoda veštačkog uticaja na rezervoar, ukoliko se utvrdi da su neophodne.

Prirodni gas je vitalna komponenta snabdevanja energijom u svetu. To je jedan od najčistijih, najsigurnijih i najkorisnijih izvora energije. Međutim, uprkos

njegovom značaju, postoje mnogo zablude o prirodnom gasu. Na primer, sama reč "gas" se na različite načine upotrebljava i ima različita značenja.

1.3. Šta je prirodni gas?

Prirodni gas, sam po sebi, može se smatrati nezanimljivim gasom - u svojoj čistoj formi je bezbojan i bez mirisa. Sasvim neinteresantno - osim što je prirodni gas zapaljiv, puno ga ima u prirodi, a kada se spaljuje, on daje energiju sa manje štetne emisije nego mnogi drugi izvori energije. U poređenju sa ostalim fosilnim gorivima, prirodni gas je čistije gorivo i emituje niže nivoe potencijalno štetnih nusproizvoda u vazduh. Razvojem društva i privrede potrebno nam je sve veće snabdevanje energijom za zagrevanje naših domova, kuvanje hrane i stvaranje električne energije, pa se, važnost prirodnog gasa diže na viši novo u našem društvu i u našim životima.

Prirodni gas je zapaljiva mešavina ugljovodoničnih gasova. Prirodni ili zemni gas je prirodno gasovito fosilno gorivo sa visokim sadržajem metana. Redovno je prisutan u nalazištima nafte (gasna kapa iznad ležišta) i sirova nafta na izlazu iz bušotune ga sadrži u izdvojenom ili u rastvorenom obliku. Ovaj se gas nakon dovođenja na površinu u separatorima odvaja od nafte i čisti od primesa, (vode, ostataka nafte, mehaničkih nečistoća) jos na samom nalazištu da bi se doveo u granice propisanog kvaliteta i potom transportovao gasovodima velikih prečnika do krajnjih korisnika. Pored metana prirodni gas koji prati nalazišta nafte sadrži i izvesnu količinu etana, propane i butana i naziva se jos i vlažni (ili bogati) zemni gas.

Prirodni gas se javlja i u posebnim ležištima gde nema nafte. Tu je prisutan tzv. suvi (ili siromašni) zemni gas koji se pretežno sastoji od metana i ne sadrži propan i butan. Utvrđeno je da je rasprostranjen u sedimentnim ali ga ima i u eruptivnim stenama. Nalazišta gasa se nalaze na dubinama od nekoliko pa do petnaest hiljada metara i pod pritiskom koji je nekad viši od 300 bar-a. i temperaturama (zavisno od dubine) koje mogu biti vise i od 180°C.

1.4. Sastav i fizička svojstva gasa

U grupu gasovitih goriva naftnog porekla spadaju naftni gasovi - prirodni i rafinerijski.

Prirodni naftni gasovi (natural gas, PNG), po novoj definiciji nazvani "gasoviti petroleum", dobijaju se iz gasnih, gasno-kondenzatnih i gasno-naftnih ležišta (bušotina).

Prirodni gas je najčistije fosilno gorivo, koje se sastoji uglavnom od metana (CH_4) koji je najjednostavniji ugljovodonik i težih složenijih ugljovodonika kao što su etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) i butan (C_4H_{10}). Gas koji se koristi kao gas za kućnu upotrebu, u trgovini i industriji ustvari je gotovo čist metan. Vrednost prirodnog gasa izražava se prema gorivim karakteristikama metana, koji je bez boje i bez mirisa, a kad se zapali gori svetlim i slabo sjajnim plamenom. Miris prirodnog gasa (PNG) se veštački dodaje (odorisanje).

Prirodni gas često sadrži nečistoće, kao što su ugljen-dioksid, sumporovodonik i voda, azot, helijum i ostali gasovi u tragovima. Kako ugljen-dioksid ne gori,

smanjuje gorivu vrednost prirodnom gasu. Međutim, ugljen-dioksid može se utiskivati u naftna ležišta za povećanje proizvodnje, tako da se ponekad izdvaja iz prirodnog gasa i prodaje kao nusprodukt. Azot se takođe koristi kao gas za utiskivanje u ležišta, dok je helijum vredan u elektronskoj industriji i za punjenje balona.

Propan i butan izdvajaju se iz prirodnog gasa i prodaju odvojeno. Tečni naftni gas (TNG, LPG), koji je, uglavnom, po sastavu propan-butan smeša, uobičajena je zamena za prirodni gas u ruralnim područjima gde nema direktne gasne mreže.

Sumporovodonik je jako otrovan, korozivan i opasan u vrlo malim koncentracijama, ima miris na trula jaja. Zbog svoje korozivnosti uzrokuje velika oštećenja u gasnim bušotinama, na uzlaznim cevima, ventilima i spojevima, tako da se mora odstraniti iz prirodnog gasa pre nego se transportuje u cevovode. Pored izdvojenog sumporovodonika i ugljen dioksida, dehidracijom se, takođe, ekstrahuje voda pre nego što se gas transportuje cevovodovima.

Čisti metan razvija se i u rudnicima uglja, jer ugalj ima takvu hemijsku strukturu koja razvija samo metan. Gas je adsorbovan uz površinu uglja. Zato su ugljenokopi opasni, zbog opasnosti od eksplozije metana. Glavni uslov za pretvaranje organskog materijala u naftu i gas je temperatura. U relativno plitkim naslagama gde temperatura nije bila dovoljno visoka za pretvaranje u naftu, brzom bakterijskom akcijom proizvodi se organski (biogeni) gas koji je gotovo čisti metan, poznat kao močvarni ili barski gas.

Najveće gasno ležište biogenog porekla na svetu je Urengoj u Sibiru sa zalihama od 8 milijardi kubnih metara, gde je gas zarobljen ispod stalno zamrznute zemlje.

Hemijski sastav zemnog gasa iz našeg gasovoda (čvoriste u Pančevu ,podatak iz 1991 godina) je sledeći:

Gasoviti ugljovodonici		
metan	50-98	92,599
etan	<10	2,784
propan	<7	0,413
butan	<7	0,056
primese	-	-
vodonik	-	-
ugljenmonoksid	-	-
ugljendioksid	< 30	2,416
kiseonik	<12	-
azot	<28	1,729
sumporovodonik	<2	-

Ostala svojstva prirodnog gasa su:

Gustina: $\rho = 0,7 \text{ kg/m}^3$ (gasovit); $\rho = 400 \text{ kg/m}^3$ (u tečnom stanju)

Temperatura paljenja: $T = 65 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura plamena: $1957 \text{ }^\circ\text{C}$

Oktanski broj: 120 - 130

Granice eksplozivnosti smeše: $4,4 \div 15\%$

S obzirom da je prirodni gas stišljiv fluid i da njegove karakteristike zavise od pritiska, temperature i hemijskog sastava, radi izražavanja količine prirodnog gasa sa određenim sadržajem energije (što se koristi u svim proračunima, kao i u iskazivanju potrošnje prirodnog gasa na računima koji se isporučuju kupcima prirodnog gasa) primenjuje se postupak svođenja zapremine gasa na standardno stanje, pri čemu se za sadržaj energije uzima vrednost donje toplotne moći prirodnog gasa, tako da "svedeni standardni kubni metar" prirodnog gasa (Sm^3) ima sledeće karakteristike: temperatura 15°C , pritisak $1013,25 \text{ mbar}$ i donja toplotna moć $H_d = 33.338,35 \text{ kJ/m}^3$.

Rafinerijski gasovi sporedni su proizvodi atmosferske destilacije nafte i niza procesa termičke i katalitičke prerade različitih naftnih frakcija. Sve više se koriste kao gasovito gorivo ali i kao sirovine za hemijsku i petrohemijsku industriju.

Odgovarajućom obradom - prečišćavanjem i destilacijom - prirodnih i rafinerijskih gasova dobija se **Tečni naftni gas -TNG (Liquefied Petroleum Gas, LPG)**, koji se već godinama koristi kao gorivo za domaćinstva i u industriji; u novije vreme sve češće i kao gorivo za benzinske motore i kao sirovina za petrohemijsku industriju.

U drugoj polovini XX veka i prirodni naftni gasovi prevode se u tečno stanje (**Liquefied Natural Gas, LNG**). To se čini zbog transporta do udaljenih potrošača specijalnim brodovima - cisternama, koji ga uglavnom koriste kao gorivo ili kao petrohemijsku sirovinu, a u novije vreme i za pogon motora SUS.

1.5. Prednosti i nedostaci naftnih gasova

Naftni gasovi su najpogodnije gorivo za domaćinstva i toplane u velikim gradovima. Potpunije sagorevaju od tečnih goriva naftnog porekla i od ugljeva. Iskorišćenje energije znatno je bolje. Budući da su očišćeni od neželjenih primesa i kontaminanata i da ne sadrže vodoniksulfid i merkaptane, ekološki su prihvatljiviji od drugih goriva.

Energija tečnih goriva naftnog porekla, hidroenergija, nuklearna energija i energija različitih alternativnih goriva, mora se prvo transformisati u druge oblike - pogodnije za korišćenje. To podrazumeva izgradnju odgovarajućih postrojenja, velike investicije i određene gubitke energije tokom prenosa.

Upotreba **PNG** kao goriva u domaćinstvima, u industriji cementa, cigle, crepa, keramike, stakla, u prehrambenoj industriji i metalurgiji, podrazumeva izgradnju gasovodne i distributivne mreže, kao i odgovarajuće instalacije. To utiče na cenu gasa. Međutim, te investicije su znatno manje od ulaganja u velike toplane, toplovođe, električne centrale, dalekovode itd.

Jedan od nedostataka PNG je skuplji transport u poređenju sa ugljem, naftom i derivatima nafte. Međutim, sa energetskog aspekta prednosti su toliko velike da se ipak isplati transportovati ga cevovodima ili brodovima u tečnom stanju preko čitavih kontinenata i mora, što se sve češće i čini.

Drugi nedostatak PNG u poređenju sa tečnim naftnim gorivima je što bi se kod motornih vozila morali koristiti veliki i specijalni rezervoari. Međutim, treba reći da već postoje i takva rešenja.