

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 - Каталогизација у публикацији  
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

665.7(075.8)

МИЋИЋ, Радослав, 1955-

Tehnika i tehnologija proizvodnje gasa [Elektronski izvor] / Radoslav Mičić.  
- Zrenjanin : Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", 2020. - 1 elektronski optički  
disk (CD-ROM) : ilustr. ; 12 cm. - (Biblioteka "Udžbenici" ; 241)

Bibliografija.

ISBN 978-86-7672-337-9

а) Гас - Производња

COBISS.SR-ID 20887561

## 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. Zakonitosti i jednačine koje određuju karakteristike idealnih gasova .....	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. Prirodni naftni gas .....	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. Kubne jednačine stanja realnih gasova .....	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. <i>Postrojenja</i> .....	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 reflukansom .....	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.	Adsorbicija .....	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.	Adsorbiciona 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.	Dehidracija 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.	Kontaktori 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.	Reconcentrator .....	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 <sub>2</sub> S i CO <sub>2</sub> .....	164
7.2.6.2.	H <sub>2</sub> S i CO <sub>2</sub> limiti u gasu .....	165
7.2.6.3.	Parcijalni pritisak .....	165
7.2.6.4.	Postrojenja za "sladenje" 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. Diizopropanolaminski 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 <sub>2</sub> / H <sub>2</sub> 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.	Aminski sistem .....	183
7.2.8.10.1.	Opšta razmatranja .....	183
7.2.8.10.2.	Aminski 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.	Aminski rebojler .....	188
7.2.8.10.7.	Aminski striper .....	190
7.2.8.10.8.	Vršni kondenzator i akumulaciona posuda sa refluksum ..	191
7.2.8.10.9.	Izmenjivači bogatih/siromašnih amina .....	193
7.2.8.10.10.	Aminski 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 <sub>2</sub> S prema SO <sub>2</sub> .....	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 <sub>2</sub> .....	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 <sub>2</sub> S da bi se postiglo kvalitet za cevovodni transport (4 ppm) .....	228
7.2.12.12.4.	Selekcione šeme .....	229

## Skraćenice:

$\Xi_i$ =ekvivalent i jona;

$\rho_b$ =Pritisak zasićenja

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

$\gamma_g$ =Prosečna specifična težina naftnog gasa

$\gamma_{oAPI}$ =Relativna gustina nafte izražena u<sup>o</sup>API

$\rho$ =gustina rastvora,  $\text{kg}/\text{m}^3$  (lbs/gal);

$\alpha$ =koeficient Joule-Thomson (zavisi od prirode gasa, pritiska, temperature);

$\beta$ =koeficient kompresibilnosti, stišljivosti (ili elastičnosti zapremine),  $\text{GPa}^{-1}$ ;

$\alpha$ =koeficient rastvorljivosti gasa;

$\alpha$ =koeficient rastvorljivosti gasa;

$\lambda$ =latentna toplota isparavanja vode na pritisku striper kolone,  $\text{J}/\text{kg}$  (Btu/lbs).

n-C<sub>4</sub> split=simulirani molovi komponente podeljeni sa molovima n-C<sub>4</sub> u sirovini;

$\beta_n$ =koeficient kompresibilnosti, stišljivosti (ili elastičnosti zapremine) nafte,  $\text{GPa}^{-1}$ ;

$\Delta P$ =diferencijalni pritisak, kPa (psi);

$\Delta P$ =promena pritiska.

$\Delta p$ =razlika pritiska CO<sub>2</sub> između dovoda (visoki pritisak) i propusne strane membrane (niskog pritiska);

$\Delta T$  = 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.;

$\Delta t_x$ =vremenski interval između emitovanog i primljenog signala, s;

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

A=površina kontakta sloja tečnosti (gasa), koji se kreću,  $\text{m}^2$ ;

A=površina poprečnog preseka;

$A_G$ =molovi kiselog gasa/day,  $\text{kg mol}/\text{day}$  (lbs mol/day);

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

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

$A_p$ =površina poprečnog preseka kapljice =  $Dd^2 \cdot \pi/4$ ,  $\text{m}^2$ ;

$A_T$ =površina poprečnog preseka posude separatora,  $\text{m}^2$ ;

$A_v$ =površina poprečnog preseka separatora potrebnog za odvajanje kapljica iz struje gasa,  $\text{m}^2$ ;

$B_g$ =zapreminski faktor gasa,

BHP=maksimalna snaga pumpe, kW (HP);

$B_{to}$ =dvofazni zapreminski faktor nafte,

$B_{um}$  ( $B_u$ )=zapremina gvozdene sunderaste 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 zamucenja, °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  $CO_2$  kroz membranu;  
 $d$ =prečnik;  
 $d$ =rastojanje između senzora i tela čija se temperatura meri,  $\mu$ ;  
 $d$ =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, promeni 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 sunderaste mrežice kg  $Fe_2O_3/m^3$  (lbs  $Fe_2O_3$ /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);  
 $H_5$ =visina punjenja separatora, visina punjenja, m; m;  
 $H_T$ =ukupna visina uspravnog separatora, m;  
 $H_{tot}$ =ukupna tvrdoća vode, ( $= H_{carb} + H_{nocarb} + \left(\frac{mg_{\Delta kv}}{l}\right)$ ), 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<sup>3</sup>/h (gpm);

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

$L_{eff}$ =efektivna dužina separatora, m;

$L_{H_2O}$ =protok vode, m<sup>3</sup>/h (gpm);

$L_{LA}$ =cirkulacioni odnos "siromašnog" amina, m<sup>3</sup>/h (gpm);

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

$L_{MEA}$ =brzina cirkulacije MEA rastvora, m<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/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 stinjanja, °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<sup>3</sup>/h (MMSCFD);  
 $Q_g$ =protok gasa, m<sup>3</sup>/s;  
 $q_{gv}$ =propusna moć uspravnog separatora za gas, pri pritisku i temperaturi separatora, m<sup>3</sup>/s;  
 $Q_k$ =protok kondenzata, m<sup>3</sup>/s;  
 $q_l$ =protok tečne faze, m<sup>3</sup>/s;  
 $Q_l$ =protok tečnosti, m<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/s;  
 $q_o$ =protok nafte, m<sup>3</sup>/s;  
 $q_{oH}$ =propusna moć vodoravnog separatora za tečnost, m<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/s;  
 $q_{vr}$ =toplotna moć potrebna da bi se ohladile vršne pare na izlaznu temperaturu kondenzatora, W (Btu/h);  
 $q_w$ =protok vode, m<sup>3</sup>/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 × m<sup>3</sup> / (kmol × stepeni), u SI .3145  $\left[ \frac{\text{kPa m}^3}{\text{K kgmol}} \right]$ ;  
 $R_0$ =otpornost na temperaturi t = 0 °C, Ω;  
 $r_c$ =poluprečnik mernog kruga, mm;  
 $R_e = f(d, v, \rho, \mu)$ , 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, m<sup>3</sup>/kg;  
 $V$ =zapremina m<sup>3</sup>;  
 $v_d$ =brzina sedimentacije kapljice, m/s;  
 $V_{deg}$ =zapremina nafte pri atmosferskom pritisku i temperaturi od 20°C posle degazacije, m<sup>3</sup>;  
 $v_g$ =brzina gasa, m/s;  
 $V_g$ =zapremina gasa, rastvorenog na datoj temperaturi; m<sup>3</sup>;  
 $V_{gmax}$ =maksimalna brzina gasa, m/s (ft/s).  
 $v_{gs}$ =stvarna brzina gasa, m/s;  
 $V_H$ =zapremina tečne faze unutar akumulacijske sekcije separatora, m<sup>3</sup>;  
 $V_H$ =zapremina tečnosti zadržana unutar separatora, m<sup>3</sup>;  
 $V_i$ =zapreminski udeo frakcija, zapremina tečnog rastvarača;;  
 $V_m, v$ =molarna zapremina, 22,4dm<sup>3</sup>/mol pri 0°C i 101,3 kPa, zapremina 1 mola gasa ili 23.645 m<sup>3</sup>/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, m<sup>3</sup>;  
 $V_{sl}$ =zapremina nafte na uslovima sloja; m<sup>3</sup>;  
 $v_t$ =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, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 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 smeši;  
 $\alpha_a = \phi_a / \phi$ , koeficijent absorpcije;  
 $\alpha_p = \phi_p / \phi$ ; koeficijent propuštanja zračenja koje pada na telo;  
 $\alpha_r = \phi_r / \phi$ , koeficijent refleksije;  
 $\gamma$  ili  $\rho^0$ =relativna gustina.;  
 $\gamma_g$ =relativna gustina gasa ;  
 $\Delta$ =pogonska sila (razlika temperature, razlika koncentracije, razlika količine kretanja, ili razlika pritiska, itd.) između dva mesta na rastojanju između kojih se vrši transport;  
 $\Delta h$ =udaljenost između vodene i naftne pregrade [m];  
 $\epsilon$ =dielektrična konstanta nafte, F/m, As/Vm;  
 $\epsilon$ =koeficijent emisivnosti;  
 $\epsilon_0$ =provodljivost praznog prostora ( $\epsilon_0 \approx 8.854 \times 10^{-12}$  F m<sup>-1</sup>);  
 $\epsilon_R$ =relativna statička provodljivost;  
 $\mu$ = viskozitet, koeficijent dinamičke viskoznosti, Pas; dinamički viskozitet, Pa s, Nsm<sup>-2</sup>, kg·m<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>;  
 $\mu_0$ =viskoznost nafte - disperzione sredine jer se radi o emulziji vode u nafti, Pa·s;  
 $\mu_e$ =viskoznost emulzije, Pa·s;  
 $\mu_g$ =viskoznost gasa, Pa·s; ;  
 $\mu_o$ =viskoznost nafte, Pa·s;

$\mu_p$ =plastična viskoznost, Pa s, Nsm<sup>-2</sup>, kg·m<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>

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

v=kinematski viskozitet, m<sup>2</sup>/s, cSt (1 mm<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup> = 10<sup>-6</sup>m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>);

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 K

$v_c$ =eroziona brzina smeše, m/s;

$v_i$ =zapreminski udeli komponenata;

$\rho$ =gustina, g/cm<sup>3</sup>; kg/m<sup>3</sup>. ;

$\rho_g$ =gustina gasa, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_k$ =gustina kondenzata, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_l$ =gustina tečnosti, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{mix}}$ =odnos gustine gasa i tečnosti pri uslovima separacije, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_o$ =gustina nafte, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_v$ =gustina vode, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_w$  - gustina vode [kg/m<sup>3</sup>];

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

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

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

$\tau_o$ =granica tečenja (kritično naprezanje na smicanje), MPa;

$\Phi$ =fluidnost, m<sup>2</sup>/Ns ;

$\phi$ =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;