Analiza raspoloživih tehnologija za izdvajanje azota i ugljen dioksida iz prirodnog gasa

DUŠAN Š. DANILOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

VESNA D. KAROVIĆ MARIČIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

DEJAN D. IVEZIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

BRANKO A. LEKOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

MARIJA A. ŽIVKOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

MIROSLAV P. CRNOGORAC, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Stručni rad

UDC: 662.767

DOI: 10.5937/tehnika1806787D

U Srbiji ima veći broj gasnih ležišta sa rezervama i preko 10 miliona Sm³ prirodnog gasa. Jedan od razloga što se nije pristupilo njihovoj eksploataciji jeste što sadrže azot i ugljen dioksid, koji je potrebno izdvojiti tokom procesa proizvodnje. Danas se u svetu primenjuje više tehnologija za izdvajanje azota i ugljen dioksida iz prirodnog gasa poput kriogenog postupka, membranske tehnologije, molekularnih sita, azotnih sušera i dr. Do sada se kod nas nije primenjivala ni jedna od pomenutih tehnologija. U radu su prikazane tehnologije za izdvajanje azota i ugljen dioksida iz prirodnog gasa. Urađena je analiza mogućnosti primena navedenih tehnologija sa aspekta kapaciteta, pritiska i sadržaja azota i ugljen dioksida u prirodnom gasu. Takođe su utvrđeni investicioni i operativni troškovi za analizirane tehnologije.

Ključne reči: prirodni gas, azot, ugljen dioksid, priprema

1. UVOD

U Vojvodini i centralnoj Srbiji nalaze se mala gasna ležišta sa rezervama od desetak miliona m³ prirodnog gasa. Za te količine prirodnog gasa nije ekonomski isplativa izgradnja distributivnog sistema ili kompresorske stanice za njihovo komprimovanje i isporuku u gasovodni sistem. Ova ležišta mogla bi da omoguće proizvodnju desetak hiljada m³ prirodnog gasa dnevno koji bi mogao da se iskoristi za proizvodnju komprimovanog prirodnog gasa. Na našim naftnim poljima se još uvek značajne količine pratećeg gasa spaljuju na bakljama zbog nemogućnosti plasmana usled udaljenosti potrošača i nepostojanja transportnih kapaci-

citeta koje bi takođe mogle da se iskoristiti za proizvodnju komprimovanog prirodnog gasa.

Komprimovani prirodni gas ima široku potencijalnu lepezu primene od lokalne u NIS-u do komercijalne prodaje. NIS raspolaže velikim voznim parkom (više stotina vozila) koji se može konvertovati sa potrošnje dizela i benzina na komprimovani prirodni gas. Takođe, prilikom nabavke novih vozila mogu se kupovati vozila koja koriste komprimovani prirodni gas.

U ovom slučaju supstituiše se jedan energent drugim, iz sopstvenih izvora. Ovde treba naglasiti da se supstitucija obavlja gorivom koje se dobija iz do sada neiskorišćenih potencijala.

Komprimovani prirodni gas postaje sve značajnije motorno gorivo u Srbiji. Prvenstveni razlozi za to su ekonomski i ekološki. Komprimovani prirodni gas je jeftiniji od benzina i dizela, omogućava bolji rad motora i znatno manju emisiju štetnih produkata sagoravanja u atmosferu.

Adresa autora: Dušan Danilović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7

e-mail: dusan.danilovic@rgf.bg.ac.rs

Rad primljen: 08.11.2018.

Rad prihvaćen: 16.11.2018.

Proizvodnja komprimovanog prirodnog gasa na naftno gasnim poljima u našoj zemlji je već počela. Problem se javio kod malih ležišta gde se u sastavu gasa nalaze azot i ugljen dioksid. Eksploatacija ležišta sa tavnim sastavom gasa zahteva izdvajanje azota i ugljen dioksida do sadržaja koji zahteva namena njegovog korišćenja. Zbog toga je potrebno odabrati adekvatnu tehnologiju obrade koja bi omogućila ekonomičnu pripremu prirodnog gasa za proizvodnju komprimovanog prirodnog gasa [1, 2, 3, 4, 5, 6].

2. PRIKAZ RASPOLOŽIVIH TEHNOLOGIJA

Danas se u svetu primenjuje i radi na razvoju više tehnologija za izdvajanje azota iz prirodnog gasa poput kriogenog postupka, membranske tehnologije, molekularnih sita, azotnih sundera i dr. U našoj zemlji se do sada nije primenjivala ni jedna od pomenutih tehnologija.

Za izdvajanje ugljen dioksida iz prirodnog gasa u Republici Srbiji instalirano je prvo postrojenje na bazi amina. Ovo postrojenje nije pogodno za primenu na malim gasnim ležištima [7].

2.1. Kriogena destilacija

Kriogena destilacija se može primeniti samo kod većih ležišta prirodnog gasa kako bi proces bio ekonomičan. Proces izdvajanja ugljen dioksida i azota iz prirodnog gasa prikazan je na slici 1. i obuhvata:

- Početno komprimovanje gasa
- Pretretman, uklanjanje ugljen dioksida
- Dehidraciju
- Uklanjanje azota (jednokolonska ili dvokolonska destilacija) i
- Komprimovanje gasa za dalju isporuku/potrebe [7].

Slika 1 – Kriogena destilacija

Slika 2 - Membranska tehnologija

2.2. Membranska tehnologija

Primenom jednostepene ili dvostepene membranske tehnologije (slika 2) veoma uspešno se iz prirodnog gasa može izdvojiti azot do prihvatljivog sadržaja od 4%. Pad pritiska tokom procesa se kreće od 12 do 50 bara, dok maksimalni radni pritisak ne sme biti veći od 85 bara. Proces se može primeniti za manja i srednja ležišta [7].

2.3. Molekularna sita

Proces se bazira na primeni adsorbenata koji vezuju azot za sebe (slika 3). Tokom procesa adsorpcije prisutan je voma mali pad pritiska (svega 0,7 bara) tako nije potrebno prethodno komprimovanje prirodnog gasa. Maksimalni kapacitet procesa može da bude do 2.240.000 m³/dan. Maksimalni radni pritisak može da bude do 55 bara, dok se optimalne radne vrednosti pritiska kreću od 17 do 41 bara. Proces je primenjiv za manja i srednja ležišta [7].

2.4. Azotni i CO₂ sunderi

Primena azotnih i CO₂ sundera (slika 4) predstavlja nekriogeni i ekološki veoma prihvatljiv proces za izdvajanje azota iz prirodnog gasa. Jedinica je malih dimenzija koja uklanja azot i vodenu paru iz prirodnog gasa. Maksimalni kapacitet postrojenja iznosi 140.000 m³/dan, dok je maksimalni radni pritisak svega 4 bara. Za ovaj proces karakteristično je da sadržaj azota u gasu može biti i do 40%.

Problem je što se ova postrojenja ne mogu kupiti u slobodnoj prodaji već se mogu koristiti samo preko ugovora o korišćenju sa kompanijom IACX Energy.

Kao adsorbent kod azotnih i CO₂ sundera se primenjuje aktivni ugalj [7].

Uporedna analiza metoda za izdvajanje ugljen dioksida i azota iz prirodnog gasa data je u tabeli 1 [7].

Slika 3 - Molekularna sita

Slika 4 - Azotni i CO₂ sunderi

Tabela 1. Uporedna analiza metoda za izdvajanje ugljen dioksida i azota iz prirodnog gasa

Metoda	Kapacitet	Efekat izdvajanja N ₂ i/ili CO ₂ , %	Sadržaj N ₂ i/ili CO ₂ u gasu, %	Primena
Kriogena destilacija	Veliki	99	Bilo koji	Komercijalna
Membranska tehnologija	Mali	90-95	4 - 50	Komercijalna
Molekularna sita	Mali	90	do 30	Komercijalna
Azotni sunderi	Mali	92	92	Komercijalna

3. ANALIZA EKONOMSKE ISPLATIVOSTI PRIKAZANIH TEHNOLOGIJA

Poznato je da je izdvajanje takozvanih kiselih gasova iz prirodnog gasa izuzetno skupo. Iz tog razloga ova analiza ukazuje koje tehnologije se ekonomično mogu primeniti na izabranim gasnim poljima za izdvajanje ugljen dioksida i azota, u okviru procesa pripreme za proizvodnju komprimovanog prirodnog gasa. Za kriogenu destilaciju karakteristično je da ima veoma visoke investicione troškove.

Operativni troškovi kod ovog procesa variraju u opsegu od 0,35 – 0,55 \$/Sm³. Molekularna sita ne zahtevaju predkomprimovanje, što kod njih smanjuje kapitalne investicione troškove.

Predkomprimovanje se kod kriogene destilacije ne može izbeći, a kod membranske tehnologije može,

ukoliko prirodni gas u ležištu ima dovoljno visok pritisak da nadomesti pad pritiska prilikom prolaska kroz samu membranu. U tom slučaju investicioni troškovi su daleko niži.

Na osnovu dosadašnjih naučnih saznanja, brojnih studija i analiza, u tabeli 2 su prikazani investicioni i operativni troškovi procesa izdvajanja ugljen dioksida i azota iz prirodnog gasa [7, 8, 9]. Ekonomska isplativost izabranih tehnologija za izdvajanje ugljen dioksida i azota iz prirodnog gasa direktno zavisi od potrebnog kapaciteta procesa.

Sa aspekta kapaciteta, membranska tehnologija i molekularna sita su odlična za gasna ležišta u našoj zemlji. Veoma važna činjenica je da su kod membranske tehnologije i molekularnih sita investicioni troškovi i eksploatacioni najniži.

Tabela 2. Troškovi procesa

Metoda	Troškovi, \$/Sm ³	
	Investicioni	Operativni
Kriogena destilacija	42,28	0,046
Adsorpcija	47,10	0,050
Molekularna sita	11,40	0,020
Membranska tehnologija*	9,89	0,010

*po jednom stepenu

4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazane tehnologije za izdvajanje azota i ugljen dioksida iz prirodnog gasa. Urađena je analiza mogućnosti primena navedenih tehnologija sa aspekta kapaciteta, pritiska i sadržaja azota i ugljen dioksida u prirodnom gasu. Posebno treba istaći da se sve tehnologije komercijalno već primenjuju u svetu. Takođe su utvrđeni investicioni i operativni troškovi za analizirane tehnologije.

Ekonomska isplativost izabranih tehnologija za izdvajanje ugljen dioksida i azota iz prirodnog gasa direktno zavisi od potrebnog kapaciteta procesa. Kako se radi o ležištima sa malim kapacitetom dnevne proizvodnje, membranska tehnologija i molekularna sita su odlična za gasna ležišta u našoj zemlji. Investicioni troškovi su kod membranske tehnologije i molekularnih sita najniži i kreću se u rasponu od 9,89 do 11,40 \$/Sm³, dok eksploatacioni troškovi iznose od 0,010 do 0,020 \$/Sm³. Ovo je veoma bitno zbog ekonomske osetljivosti projekta, kada se radi o malim gasnim ležištima.

LITERATURA

- [1] Godišnji izveštaj o radu na projektu MNTR 33001, 2016.
- [2] Danilović D, Karović Maričić V, Ivezić D, *Primena savremenih metoda u proizvodnji nafte i gasa*, Rudarsko-geološki fakultet, 164 s., 2010.
- [3] Danilović D, *Optimizacija proizvodnje malih naftnih polja primenom modela integralnog upravljanja*, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, 2001.
- [4] Danilović D, Karović Maričić V, Ivezić D, *Perspektive proizvodnje nafte i prirodnog gasa u Srbiji, Energija, ekologija, ekonomija*, broj 1-2, str. 22-25, 2008.
- [5] Ivezić D, Živković M, Danilović D, Madžarević A, *Razvoj gasne privrede Srbije u poslednjih 20 godina, Energija*, str. 318-322, 2012.
- [6] Karović Maričić V, Leković B, Danilović D, *Petroleum production perspectives from unconventional resources in Serbia, Proceedings of 46th International October Conference on Mining and Metallurgy*, Bor Lake, Serbia, pp. 358-362, 2014.
- [7] Godišnji izveštaj o radu na projektu MNTR 33001, 2017.
- [8] Danilović D, Karović Maričić V, Leković B, *Integralni model upravljanja proizvodnjom na malim naftnim poljima, Podzemni radovi*, 28, 19-27, 2016.
- [9] Danilović D, Elmabrouk Elhaddad E, Leković B, Živković M, *Određivanje optimalne količine gasa koji se utiskuje za rad gaslift sistema, Tehnika*, br. 5, str. 781-785, 2014.

SUMMARY

ANALYSIS OF AVAILABLE TECHNOLOGIES FOR THE SEPARATING NITROGEN AND CARBON DIOXIDE FROM NATURAL GAS

In the Serbia there are more gas reservoirs with reserves of more than 10 million Sm³ of natural gas. One of the reasons why they have not been exploited yet is that they contain nitrogen and carbon dioxide, that should be separated during the production process. Today, there are many developed technologies for separation of nitrogen and carbon dioxide from natural gas such as cryogenic processes, membrane technology, molecular sieves, nitrogen spinners, etc. So far, none of the mentioned technologies has been applied in our country. The paper presents technologies for separating nitrogen and carbon dioxide from natural gas.

In this paper is presented an analysis of the possibility of applying these technologies from the aspect of the capacity, pressure and content of nitrogen and carbon dioxide in natural gas. In particular, it should be noted that all technologies are already commercially applied in the world.

Investment and operating costs for the presented technologies were determined. The economic viability of selected technologies for separating carbon dioxide and nitrogen from natural gas directly depends on the required process capacity. For low daily production rate, membrane technology and molecular sieves are excellent for gas reservoirs in our country. Investment costs are the lowest in implementing the membrane technology and molecular sieves and they are ranging from 9.89 to 11.40 \$ / Sm³, while exploitation costs range from 0.010 to 0.020 \$ / Sm³. This is very important for the reasons of the project economic sensitivity when the small gas reservoir are considered.

Key words: natural gas, nitrogen, carbon dioxide, preparation