



## METANNI BUG‘-KARBONATLI KONVERSIYALAB SINTEZ-GAZ OLISH TEXNOLOGIYASI

*Qarshi Davlat Texnika Universteti  
Transport va qurilish muhandisligi fakulteti,  
Kimyo muhandisligi va biotexnologiya kafedrası,  
dotsentlari. Shaymardanov To‘lqin Boymuradovich.,*

*Hamidov Davron Ro‘zimurodovich*

[tulqinshaymardanov@gmail.com](mailto:tulqinshaymardanov@gmail.com)

**Annotatsiya:** Mazkur maqolada metanni bug‘-karbonatli konversiyalash orqali sintez-gaz olish texnologiyasi, jarayonning nazariy asoslari va texnologik parametrlarining ta’siri o‘rganilgan. Metanning karbonat angidrid va suv bug‘i ishtirokidagi konversiyasi natijasida hosil bo‘ladigan sintez-gaz tarkibi, uning kimyo sanoatidagi qo‘llanilish sohalari hamda jarayonning kinetik va termodinamik xususiyatlari tahlil qilingan. Tadqiqotda  $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x \cdot (\text{Co}_2\text{O}_3)_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z \cdot (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$  tarkibli katalizator ishtirokida metan va karbonat angidridning konversiyalanish jarayoni modellashtirilgan. Jarayonning moddiy va issiqlik balanslari hisoblangan hamda sintez-gaz tarkibidagi  $\text{H}_2/\text{CO}$  nisbatining texnologik ahamiyati ko‘rsatib berilgan. Olingan natijalar metanning bug‘-karbonatli konversiyasi sintez-gaz ishlab chiqarishning samarali va ekologik jihatdan istiqbolli usullaridan biri ekanligini tasdiqlaydi.

**Kalit so‘zlar:** metan, karbonat angidrid, sintez-gaz, bug‘-karbonatli konversiya, vodorod, uglerod monoksidi, katalizator, reforming, moddiy balans, issiqlik balansi,  $\text{CO}_2$  utilizatsiyasi, gaz-kimyo texnologiyasi.

Uglerod oksidi (CO) qora va rangli metallarni eritish va qayta ishlash jarayonida ajralib chiqadigan gazlarning bir qismi, ichki yonuv dvigatellarining



chiqindi gazlari, ba'zi tabiiy gazlarning portlashi va portlashi paytida hosil bo'lgan gazlar va boshqalar tarkibida bo'ladi.

Bu rangsiz, hidsiz va ta'msiz gazdir. 0° va 760 mm. Hg da 1 litr gazning og'irligi 12500 g ni tashkil qiladi. Suyuqlanish harorati-205°; qaynash harorati - 191,5°C; zichligi -0,97. CO ning yonish harorati 2100°C ga yetishi mumkin. Bunday yaxshi issiqlik qiymati tufayli CO boshqa narsalar qatorida isitish uchun ishlatiladigan turli xil texnik gaz aralashmalarining tarkibiy qismidir.

Havo bilan aralashmada o'z-o'zidan alangalanish chegaralari 12,5-74,2% ni tashkil qiladi. O<sub>2</sub> ning bir hajmida ikki hajmli CO ning aralashmasi yonganda portlaydi. Past haroratlarda CO juda inertdir; yuqori haroratda va katalizatorlar ishtirokida, ayniqsa, organik sintez paytida CO qo'shilishi bilan turli reaksiyalarga osonlikcha kirishadi. Mn va Cu oksidlari aralashmasi mavjud bo'lganda, u xona haroratida CO<sub>2</sub> ga oksidlanadi, bu CO dan himoya qilish uchun mo'ljallangan gaz maqsadlarida ishlatiladi.

### CO molekulası

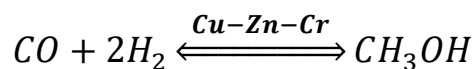
CO molekulası azot molekulasiga izoelektron bo'lib, uch bog'ga ega. Bu molekular tuzilishi jihatidan o'xshash va ularning xossalari ham o'xshash - juda past erish va qaynash haroratlari, standart entropiyalarning yaqin qiymatlari va boshqalar.

Sanoat korxonalari havosida tarkibida uglerod oksidining ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyasi 0,02 mg/l ni tashkil qiladi. Havo tarkibida CO 0,1% dan ortiq konsentratsiya o'limga olib keladi.

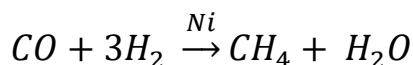
Benzinli avtomobilning chiqindisida 1,5-3% gacha CO ga ruxsat beriladi.

### Uglerod monooksidi asosidagi sintez reaksiyalar

Metanol sintezi

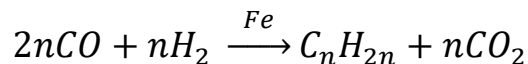


Metanning olinishi

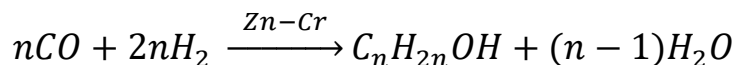




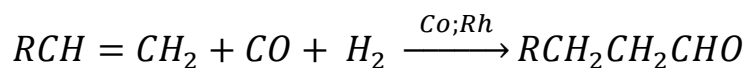
Uglevodorodlar sintezi (Fishyera-Tropsh reaksiyasi)



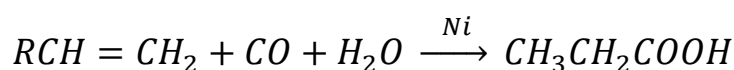
Spirtlar sintezi



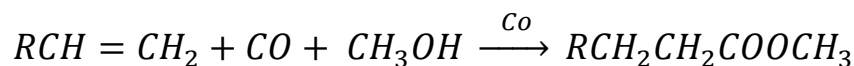
Olefinlarni gidroformillash orqali aldegidlarning sintezi



To'yinmagan olefinlarni gidroksikarbonillash yo'li bilan organik kislotalarning sintezi



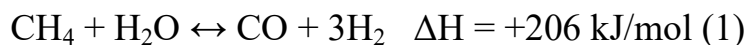
Yuqori olefinlarning metoksikarboksillanishi orqali yog' kislotalari efirlarini sintez qilish



### Metanning sintez gaziga aylanishi

Metanning karbonat angidrid ishtirokida  $CO+H_2$  sintez gaziga aylanishi vodorodni sanoat ishlab chiqarish uchun mos bo'lgan va uglevodorodlar (suyuq yoqilg'i) va boshqa texnik qimmatli mahsulotlar sintezini keltirib chiqaradigan eng muhim kimyoviy reaksiyalardan biridir. Metanni sintez gaziga aylantirishning uchta usuli mavjud:

Suv bug'i ishtirokida konversiya



Kislorod bilan qisman oksidlash (chala oksidlanish)



Karbonat angidrid konversiyasi



Sanoatda amalda faqat bug' riforming usuli qo'llaniladi (1). Ryeaksiya Ni-katalizatori ishtirokida va yuqori haroratda (700-900°C) amalga oshiriladi. Reaksiya (2) ga kelsak, uning asosida «Shell» Malayziyadagi kichik zavodda amalga

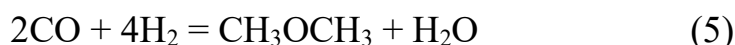


oshirilgan juda yuqori haroratlarda (1100-1300°C) katalitik bo'lmagan jarayonni ishlab chiqdi. Co'nggi ma'lumotlarga ko'ra, ushbu zavod avariya tufayli hozir ishlamayapti. Reaksiya (3) hali ham laboratoriya va tajriba sinovlari darajasida tekshirilmoqda. (1)-(3) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, bu ryeaksiyalarda hosil bo'lgan sintyez gazining miqdoriy tarkibi har xil: (1) ryeaksiyada sintyez gazi  $\text{CO}:\text{3H}_2 = 1:3$ , ryeaksiyada (2) - aralashma 1: 2), reaksiya (3) da- 1:1 aralashmasi olinadi. Bir yoki boshqa tarkibdagi sintez gaziga bo'lgan ehtiyoj uning keyingi texnik maqsadi bilan belgilanadi.

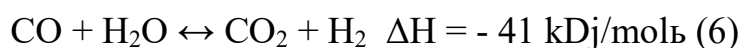
Shunday qilib, metanolni sintez qilish uchun 1:2 tarkibidagi sintez gazi talab qilinadi.



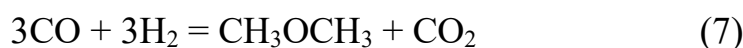
Azot-vodorod aralashmasidan ammiak ishlab chiqarishda uni ishlab chiqarish bosqichida  $\text{CO}:\text{3H}_2$  tarkibidagi sintez gazidan foydalaniladi. Nisbatan yaqinda dimetil efirni sanoatda ishlab chiqarish uchun 1:1 tarkibidagi sintez gazidan foydalanish taklif qilindi. Bu reaksiyaning tyenglamasiga stexiomyetriya nisbati mos keladi:



Biroq,  $\text{H}_2\text{O}$  ning CO bilan ryeaksiyaga kirishishini hisobga olsak, bu jarayon sharoitida (CO ning bug' riforminggi)

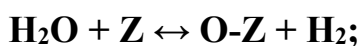
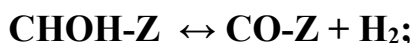
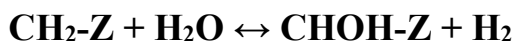
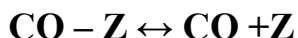
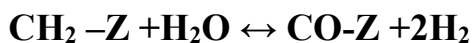
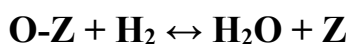
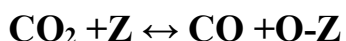
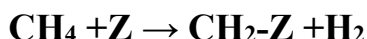
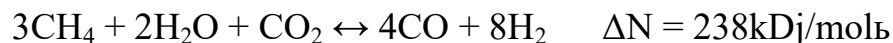


Aslida, dimetil efirni olish uchun 1:1 tarkibidagi  $\text{CO}:\text{N}_2$  aralashmasi kerak bo'ladi:



#### **Metanning bug'-karbonat angidridli konversiyasining mexanizmi**





Z- aktiv markaz xisoblanadi.

### **Metan konversiyasi texnologiyasi**

Quvurli pechlarda bug'ni qayta ishlash jarayoni vodorod, ammiak va metanol ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan sintez gazini ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Metanol sintezi uchun bug' riforminggi muhim kamchilikka ega - ortiqcha vodorod miqdori bo'lgan gaz olinadi va bunday gazlarni qayta ishlash bosim berish xarajatlarning oshishiga olib keladi. Bundan tashqari, ortiqcha vodorod sintez jarayonida balast bo'lib, uni tozalash gazlari bilan olib tashlash kerak. Jarayon bir necha bosqichlardan iborat: xom ashyoni tayyorlash, konversiya qilish, issiqlikni qayta tiklash, CO<sub>2</sub> dan gazni tozalash.

**Xomashyoni tozalash tartibi.** Real sinov mobaynida bug'li-karbonatli konversiyada (Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>x</sub>\*(Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>y</sub>\*(ZrO<sub>2</sub>)<sub>z</sub>\*(MoO<sub>3</sub>)<sub>k</sub>/SiO<sub>2</sub> katalizato-rida olingan, tajribaviy ma'lumotlar bilan muvofiq keladigan texnologik parametrlardan foydalanildi: CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> kirishda 1:1 nisbatga to'g'ri keladi, suv bug'larini qo'shish – 20%, reaktordagi bosim – 1 atm, T=700°C, uglerod dioksidi konversiyasi – 91,3%, metan konversiyasi – 100%. Jarayonni modellashtirishda sintez-gaz bo'yicha (asosiy mahsulot) qurilmaning unumdorligi ≈68 t/soat ega konvertor-reaktor qo'llaniladi.



Dastlab metan 1 dan 2—3 MPa gacha turbokompressor bilan siqiladi va kerakli miqdorda suv bug‘i va CO<sub>2</sub> bilan aralashtiriladi.

Aralash qisman sovutilgan konversiya qilingan gaz bilan issiqlik almashtirgich 2 dan 400°C gacha qizdiriladi va reaktor aralashtirgich 6 ga beriladi, bu yerda O<sub>2</sub> ning oldindan tayyorlangan aralashmasi teng hajmdagi suv bug‘lari bilan kiradi. Reaktorda kondensat qaynashi bilan sovutiladi; bunda kollektorida 5 ajratilgan 2—3 MPa bosim bilan bug‘ hosil bo‘ladi. Reaktorni 800—900°C da qoldiradigan issiq konversiya qilingan gazning issiqligi chiqindi issiqlik qozonida yuqori bosimli bug‘ ishlab chiqarish uchun ishlatiladi, keyinchalik u tegishli bosimdagi bug‘ liniyasiga yuboriladi yoki turbokompyressorni haydash uchun ishlatiladi. Qisman sovutilgan gazning issiqligi aralashmani issiqlik almashtirgichda 2 va issiqlik almashtirgichda 3, chiqindi issiqlik qozoniga suv kondyensatini isitish uchun yoki qizdirish uchun ishlatiladi. yakuniy sovutish skrubberda 7, sovutgich 8 orqali suv aylanib yuradigan suv bilan amalga oshiriladi.

Shu bilan birga, chiqish qismidagi gaz quyidagi tarkibdagi gazlar aralashmasini o‘z ichiga oladi:

CO—15–45%

H<sub>2</sub>—40-75%

CO<sub>2</sub>— 8-15%

CH<sub>4</sub>—0,5% (ob.)

H<sub>2</sub> Ar —0,5-1%

CO<sub>2</sub> ni bosimning yutilishi, monoetanolamin yoki kaliy karbonatning suvli eritmasi bilan kimyosorbsiya orqali olib tashlanadi. yuqori qavatda gaz absorberga 9 kiradi, u yerda CO<sub>2</sub> so‘riladi va tozalangan gaz iste’molchiga yuboriladi. To‘yingan absorbent issiqlik almashtirgichda 10 issiq regeneratsiyalangan eritma bilan qizdiriladi va desorber 11 ga yuboriladi, uning tubidan absorbent 10 orqali yana CO<sub>2</sub> ni absorberga 9 ga yuttirish uchun yuboriladi. yuqori 11 dan CO<sub>2</sub> tegishli bosimga siqiladi va konversiyaga qaytariladi, 2 dan oldin tabiiy gaz va bug‘ bilan

aralashtiriladi.

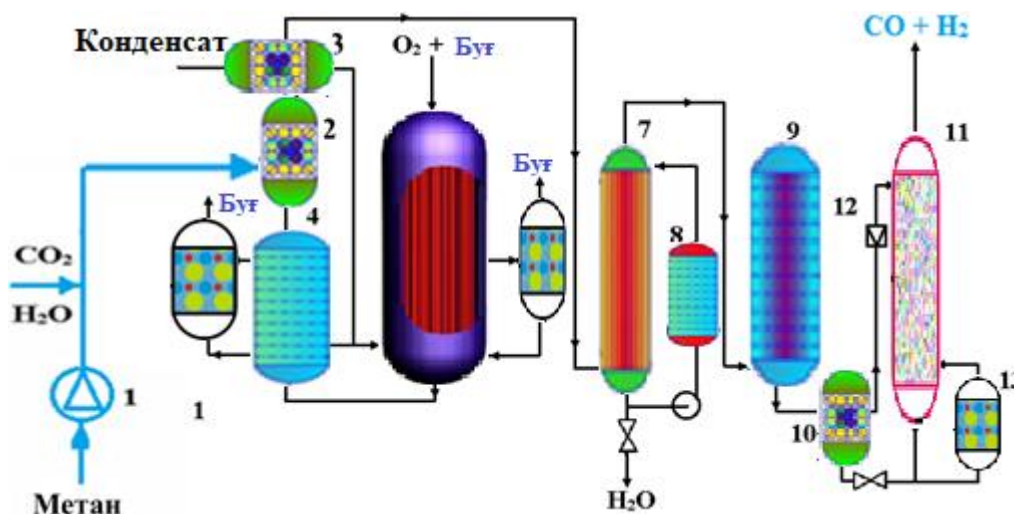
Sintez gazining  $1 \text{ m}^3$  ga sarflanishi:

$1 \text{ m}^3$  sintez-gazga sarfi:

Tabiiy gaz —  $0,35 - 0,40 \text{ m}^3$ ,

Texnik  $\text{O}_2$  va qo'llanilishiga qarab —  $0,2 \text{ m}^3$ ,

bosim va qo'shimcha  $\text{CO}_2 \approx 0,2 - 0,8 \text{ kg}$  suv bug'lari



1 - turbokompressor; 2, 3, 10 - issiqlik almashinuvchilari; 4 - utilizator qozoni; 5 - bug' yig'gich; 6 - ryeaktor; 7 - skubbyer; 8 - muzlatgich; 9 - absorber; 11 - desorber;  
12—drossyel ventily; 13 – qizdirgich qozon.

### 1-rasm. Metanni bug'-karbonatli konversiyalashning texnologik sxemasi

1-rasmda vodorod ishlab chiqarish uchun metanning bug' bilan konversiyasi va sintez gazini ishlab chiqarish uchun kombinatsiyalangan bug' karbonat angidrid riformingining texnologik oqim diagrammasi ko'rsatilgan. Jarayon odatda 40 dan 400 gacha trubadan (uzunligi 6 — 12 m, diametri 70 — 160 mm, devor qalinligi 10 — 20 m) iborat bo'lib, ular to'rtburchaklar pechga vertikal ravishda o'rnatiladi.

Chet elda metanni bug' va karbonat angidridga aylantirish jarayonlarining



rivojlanishi biroz boshqa yoʻnalishga qaratilgan. Quvurlar katalizator bilan toʻldirilgan boʻlib, odatda kichik silindrlar yoki rashiq halqalari shaklida boʻladi. Reaktor gaz gorenkalari bilan isitiladi, ular pechning pastki, yon yoki yuqori qismiga joylashtirilishi mumkin. yoqilgʻi pechning radiatsiya qismida yondiriladi. Chiqindi gazlari reaktor qizdirilgandan keyin tashqi muhitga chiqazib yuboriladi. Ular konversiya boʻlimidan oʻtib, ular suyuqlik va bugʻ oqimlariga issiqlik oʻtkazish yoʻli bilan sovutiladi, shu jumladan reaksiya uchun zarur boʻlgan bugʻ, dastlabki suv oqimi va bugʻ ishlab chiqarish uchun oqimlar xisoblanadi. Sintez gazining keyingi texnologik yoʻnalishi uni ikkilamchi qayta ishlashning tanlangan jarayonidagi ( $H_2$ , CO ni olish, oksosintyez, ammiak sintyezi va boshqalar) ga bogʻliq. Vodorod ishlab chiqarish uchun gaz suv gazini almashtirish reaktoriga va oʻzgaruvchan bosimni yutish reaktoriga yuboriladi. Agar CO ni qayta tiklash zarur boʻlsa, u holda  $CO_2$  olib tashlash boʻlimi va past haroratli ajratish blokini ("sovuq quti" deb ataladigan) oʻz ichiga olgan texnologik sxema qoʻllaniladi. Chiqarilgan karbonat angidrid reformatsiya jarayonida qayta ishlatiladi.

1-jadvalda xomashyo, reaktor va  $H_2O$  va  $CO_2$  adsorberlari, mos ravishda kiruvchi oqimlarining kiruvchi parametrlari keltirilgan.  $CH_4+CO_2$  aralashmasidan iborat boʻlgan 1 kiruvchi oqim  $CH_4/CO_2=1$  real nisbatiga mos keladi.

2-jadvalda real sinov mobaynida olingan maʼlumotlarni inobatga olib hisoblangan, metanning bugʻ-karbonatli konversiya reaktorining moddiy balansi tasvirlangan. Kirishdagi  $CH_4$  va  $CO_2$  miqdori 1:1 nisbatga toʻgʻri keladi. Jarayonni modellashirish maʼlumotlari reaktordan chiquvchi oqim  $H_2/CO=1,1$  nisbatli sintez-gazdan tashqari, mos ravishda, 4473,3 va 2367,5 kg/soat miqdorda reaksiyaga kirishmagan uglerod dioksidi va suv saqlashini koʻrsatadi.

### 1-jadval

#### Metanning bugʻ-karbonatli konversiya jarayoni texnologik parametrlari

| Texnologik<br>elementi | sxema | Parametr | Qiymat |
|------------------------|-------|----------|--------|
|------------------------|-------|----------|--------|



|                                           |                                |        |
|-------------------------------------------|--------------------------------|--------|
| Kiruvchi oqim $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ | Harorat ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 25     |
|                                           | Bosim (kPa)                    | 110,3  |
|                                           | Massaviy sarf (kg/soat)        | 70 000 |
|                                           | -metan (mas.%)                 | 26,71  |
|                                           | - uglerod dioksidi (mas.%)     | 73,29  |
| Kiruvchi oqim $\text{H}_2\text{O}$        | Harorat ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 180    |
|                                           | Bosim (kPa)                    | 110,3  |
|                                           | Massaviy sarf (kg/soat)        | 4200   |
| Bug‘-karbonatli konversiya reaktori       | Harorat ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 700    |
|                                           | Bosim (kPa)                    | 110,3  |
| Absorber $\text{H}_2\text{O}$             | Harorat ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 32     |
|                                           | Bosim (kPa)                    | 5000   |
| Absorber $\text{CO}_2$                    | Harorat ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 45     |
|                                           | Bosim (kPa)                    | 4400   |

Uzluksiz ishlaydigan jarayonlar uchun, odatda, issiqlik balansi vaqt birligiga hisoblanadi. 3-jadvalda hisoblash yo‘li orqali olingan metanning bug‘-karbonatli konversiya reaktorining issiqlik balansi keltirilgan.

Bug‘-karbonatli konversiya reaktoridan chiquvchi oqim  $\text{H}_2$  va  $\text{CO}$  dan tashqari, reaksiya kirishmagan uglerod dioksidi va suv saqlaydi, oxirgilari mazkur modelda keyin mos ravishda yo‘qotiladi va quritishga uchratildi.

4-jadvalda sintez-gazni quritish keyingi absorber moddiy balansi ko‘rsatilgan. Ushbu ishda modellashtirishda tabiiy gazni trietilenglikol bilan (TEG) quritishning keng foydalaniladigan standart texnologiyasi qo‘llanilgan. Trietilenglikol (TEG) bilan quritish quyidagi tamoyilga asoslangan: TEG va  $\text{N}_2\text{O}$  qutbli molekulalari o‘rtasida hosil bo‘ladigan vodorod bog‘lari hisobiga gazdan namlikni (suvni) bog‘lash. Absorberga yuboriladigan nam gaz, shudring nuqtasiga erishgunga qadar TEG orqali qarshi oqim bilan strukturalangan qavat orqali o‘tadi. Suv bilan



to'yingan TEG absorber pastidan regeneratsiyaga chiqariladi. Regeneratsiya bosqichida olingan suvni sintez-gaz olish bosqichiga, TEG ni esa – qayta quritish bosqichiga siklga qaytarish mumkin. Tozalangan oqimda suv miqdori 1% kamroqni tashkil qiladi.

## 2-jadval

**Metanning bug'-karbonatli konversiya reaktori va suvni ajratish separatorining moddiy balansi**

| Sarflangan          | Miqdor,<br>kmol/soat | Miqdor,<br>kg/soat | Olingan              | Miqdor,<br>kmol/soat | Miqdor,<br>kg/soat |
|---------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Metan               | 1165,6               | 18700,3            | Vodorod              | 2432,9               | 4904,8             |
| Uglerod<br>dioksidi | 1165,6               | 51299,8            | Uglerod<br>monoksidi | 2229,6               | 62454,4            |
| Suv (bug')          | 233,1                | 4199,9             | Suv (bug')           | 131,5                | 2367,5             |
|                     |                      |                    | Uglerod<br>dioksidi  | 101,6                | 4473,3             |
| Jami                | 2564,3               | 74200              | Jami                 | 4895,7               | 74200              |

## 3-jadval

**Metanning bug'-karbonatli konversiya reaktorining issiqlik balansi**

| Issiqlik kirimi, kJ/mol | Issiqlik chiqimi, kJ/mol |
|-------------------------|--------------------------|
| $5,2 \cdot 10^8$        | $5,2 \cdot 10^8$         |

Modellashtirishda sintez-gazdan reaksiyaga kirishmagan uglerod dioksidini yo'qotish uchun CO<sub>2</sub> ning yaxshi erituvchi hisoblanadigan metanol bilan absorbsiyasi qo'llanildi. Absorberda bosimni oshirish va haroratni pasaytirish metanolning yutish qobiliyatini oshirish hisobiga qurilma ishining samaradorligini keskin oshirish imkoniyatini beradi. Modellashtirishning ushbu bosqichda "Rektizol" nomi ostida ma'lum bo'lgan texnologiya – CO<sub>2</sub> yuqori miqdoriga ega gazlarni tozalash uchun qo'llaniladigan, yuqori tejamkor jarayon qo'llanildi. CO<sub>2</sub>



absorberining moddiy balansi 4-jadvalda keltirilgan. Quritish mobaynida CO<sub>2</sub> dan 99% tozalash erishiladi.

#### 4-jadval

##### Reaktordan chiquvchi gazlar oqimini quritishning moddiy balansi

| Sarflangan           | Miqdor,<br>kmol/soat | Miqdor,<br>kg/soat | Olingan                            | Miqdor,<br>kmol/soat | Miqdor,<br>kg/soat |
|----------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Vodorod              | 2432,9               | 4904,8             | Vodorod                            | 2432,8               | 4904,5             |
| Uglerod<br>monoksidi | 2229,6               | 62454,4            | Uglerod<br>monoksidi               | 2229,3               | 62445,9            |
| Suv (bugʻ)           | 131,5                | 2367,5             | Suv (bugʻ)                         | 0,18                 | 3,2                |
| Uglerod<br>dioksidi  | 101,6                | 4473,3             | Uglerod<br>dioksidi                | 101,1                | 4469               |
|                      |                      |                    | Aralashmalar bilan suvni chiqarish |                      |                    |
|                      |                      |                    | Suv                                | 131,3                | 2364,3             |
|                      |                      |                    | Uglerod<br>dioksidi                | 0,1                  | 4,3                |
|                      |                      |                    | Metan                              | 0,1                  | 0,3                |
|                      |                      |                    | Uglerod<br>monoksidi               | 0,3                  | 8,5                |
| Jami                 | 2564,3               | 74200              | Jami                               | 4895,7               | 74200              |

#### 5-jadval

##### Oqimni CO<sub>2</sub> dan tozalash qurilmasining moddiy balansi

| Sarflangan          | Miqdor,<br>kmol/soat | Miqdor,<br>kg/soat | Olingan              | Miqdor,<br>kmol/soat | Miqdor,<br>kg/soat |
|---------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Uglerod<br>dioksidi | 101,5                | 4904,8             | Uglerod<br>dioksidi  | 2,27                 | 2364,3             |
| Vodorod             | 2432,8               | 4904,5             | Uglerod<br>monoksidi | 2366,3               | 4770,5             |



|                  |        |         |                                    |        |         |
|------------------|--------|---------|------------------------------------|--------|---------|
| Suv (bugʻ)       | 2229,3 | 62445,9 | Suv (bugʻ)                         | 2135,1 | 59806,3 |
| Uglerod dioksidi | 0,18   | 3,2     | Uglerod dioksidi                   | 0      | 0       |
|                  |        |         | Aralashmalar bilan suvni chiqarish |        |         |
|                  |        |         | Uglerod dioksidi                   | 99,3   | 4369,1  |
| Jami             | 4763,8 | 71822,6 | Jami                               | 4763,8 | 71822,6 |

**Xulosa:** Metanni bugʻ-karbonatli konversiyalash orqali sintez-gaz olish jarayoni uglevodorod xomashyosidan samarali foydalanish imkonini beruvchi istiqbolli texnologiyalardan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari metan va karbonat angidridning 1:1 nisbatdagi aralashmasini suv bugʻi ishtirokida 700°C haroratda katalitik qayta ishlash orqali yuqori unumli sintez-gaz olish mumkinligini koʻrsatdi.

Hisoblash va modellastirish natijalariga koʻra, metan konversiyasi 100% ga, karbonat angidrid konversiyasi esa 91,3% ga erishgan. Reaktordan chiqayotgan gaz tarkibida asosiy mahsulot sifatida vodorod va uglerod monoksidi hosil boʻlib,  $H_2/CO$  nisbati taxminan 1,1 ga teng boʻlishi aniqlangan. Ushbu tarkib dimetil efir, sintetik yoqilgʻilar va boshqa kislorodli organik birikmalar sintezi uchun qulay hisoblanadi.

Jarayonning moddiy va issiqlik balanslari tahlili texnologiyaning energetik jihatdan barqaror ekanligini koʻrsatdi. Sintez-gaz tarkibidagi suv va karbonat angidridni absorberlarda ajratib olish hamda ularni qayta siklga qaytarish orqali xomashyo sarfini kamaytirish va jarayon samaradorligini oshirish mumkinligi aniqlandi.

Shunday qilib, metanning bugʻ-karbonatli konversiyasi nafaqat qimmatli sintez-gaz olish, balki karbonat angidridni foydali mahsulotlarga aylantirish orqali ekologik muammolarni kamaytirishga ham xizmat qiladi. Ushbu texnologiyani takomillashtirish va sanoat miqyosida keng qoʻllash gaz-kimyo sanoatining rivojlanishida muhim ahamiyat kasb etadi.



### Foydalanilgan adabiyotlar

1. N.I.Fayzullayev., T.B.Shoymardanov., D.M. Begimqulova, D.R.Hamidov., Kh.B. Rakhmatov. (2020). Kinetic Laws of Methane Carbonate Conversion Reaction. *International Journal of Control and Automation*, 13(4), 268-276. Retrieved from <http://serisc.org/journals/index.php/IJCA/article/view/16078>
2. N. I. Fayzullaev., T. B. Shoymardanov., D. R. Hamidov, B. Sh. Omanov. (2020). Synthesis Gas by Conversion of Methane with Carbonate Anhydride. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(05), 5991-6000. Retrieved from <http://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/15576>
3. Shoymardonov T.B; Fayzullaev, N.I; Rakhmatov, X.B (2021) Study of the kinetic regularities of the reaction of methane carbonate conversion. *Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR)* 10(2) 19-25
4. Shaymardanov To'lg'in Boymuradovich THE MAIN CHARACTERISTICS OF STEAM-CARBON-DIOXIDE CONVERSION OF METHANE // *Universum: химия и биология*. 2021. №10-2 (88). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-main-characteristics-of-steam-carbon-dioxide-conversion-of-methane> (дата обращения: 28.11.2022).
5. Т.Б.Шоймарданов, Назаров Ф.Ф. Хамидов Д.Р. Файзуллайев Н.И. ПАРОВОЙ КАРБОНАТНА Я КОНВЕРСИЯ МЕТАНА//*Фан ва технологиялар тараққиёти* №4 2021й.
6. Xu J., Froment G.F. Methane Steam Reforming, Methanation and Water-Gas Shift: I. Intrinsic Kinetics // *AIChE Journal*. – 1989. – Vol. 35, No. 1. – P. 88–96. DOI: 10.1002/aic.690350109.
7. Rostrup-Nielsen J.R., Christiansen L.J. Concepts in Syngas Manufacture. – London: Imperial College Press, 2011. – 384 p.
8. Bartholomew C.H. Mechanisms of Catalyst Deactivation // *Applied Catalysis A: General*. – 2001. – Vol. 212. – P. 17–60.



9. Nielsen P.E.H. Steam Reforming Catalysts for Industrial Hydrogen Production // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2002. – Vol. 163. – P. 119–126.
10. Biesheuvel P.M., Kramer G.J. Two-Section Reactor Model for Autothermal Reforming of Methane to Synthesis Gas. – 2020.
11. Dixit M., Baruah R., Parikh D., Sharma S., Bhargav A. Autothermal Reforming of Methane on Rhodium Catalysts: Microkinetic Analysis for Model Reduction. – 2016.
12. O‘zbekiston Respublikasi neft-gaz va gaz-kimyo sanoati bo‘yicha ilmiy-texnik me‘yoriy hujjatlar va ma‘lumotnomalar.
13. Gazni qayta ishlash texnologiyasi: Oliy ta‘lim muassasalari uchun darslik. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
14. Kimyoviy texnologiyaning nazariy asoslari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018.