

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI

ORTIQOV NURBEK RUSTAMOVICH

**METANNI BUG‘-KARBONATLI KONVERSIYALAB SINTEZ GAZ
OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQUISH**

02.00.14-Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PHD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Termiz – 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents dissertation abstract of doctor philosophy (PhD)

Ortiqov Nurbek Rustamovich

Metanni bug‘-karbonatli konversiyalab sintez gaz
olish texnologiyasini ishlab chiqish.....5

Ортиқов Нурбек Рустамович

Разработка технологии получения синтез-газа путем
парокарбонатной конверсии метана.....21

Ortikov Nurbek Rustamovich

Development of synthesis gas production technology
by steam-carbonate conversion of methane..... 39

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works.....43

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/31.01.2023.K/T. 78.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI

ORTIQOV NURBEK RUSTAMOVICH

**METANNI BUG‘-KARBONATLI KONVERSIYALAB SINTEZ GAZ
OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQUISH**

02.00.14-Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Termiz – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/T3595 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tersu.uz) va «ZiyoNet» axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Fayzullaev Normurot Ibodullaevich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Tojiev Panji Jovliyevich
texnika fanlari doktori, professor

Axmedov Voxid Nizomovich
texnika fanlari nomzodi, professor

Yetakchi tashkilot:

Umumiy va noorganik kimyo instituti

Dissertatsiya himoyasi Termiz davlat universiteti huzuridagi DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 raqamli Ilmiy kengashning «__»__2024 yil soat ____dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil:190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Dissertatsiyasi bilan Termiz davlat universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№__ raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil:190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876)221-74-55, faks:(99876)221-71-17, e-mail:termizdu@umail.uz

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «__»_____ kuni tarqatildi.

(2024 yil «__»_____dagi №__ raqamli reyestr bayonnomasi).

I.A.Umbarov

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi, t.f.d., dots.

Sh.A.Kasimov

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash kotibi, k.f.d., prof.

R.V.Aliqulov

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, k.f.d., prof.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda dunyoda tabiiy gaz - metandan bir bosqichda olinadigan sintez gazni qayta ishlash natijasida kimyo sanoatida ishlatiladigan muhim erituvchilar - metanol, dimetil efir; yoqilg'ı mahsulotlari - benzin, kerosin, dizel va reaktiv yoqilg'isi; texnik moylar - motor moylari, surkov moylari; qurilish materiallari - bitum, gudron, asfalt kabi qimmatbaho mahsulotlar ishlab chiqariladi. Shunga ko'ra, metanni suv bug'i va karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalab, sintez gaz olish jarayoni uchun yuqori unumdor, tanlab ta'sir etuvchan, barqarorligi yuqori, arzon katalizatorlar tanlash, shuningdek, sintez gaz olish jarayonining mexanizmini aniqlash asosida sodir bo'ladigan kimyoviy jarayonlarni termodinamik jihatdan asoslash, sintez gaz olishning energiya va resurstejamkor texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda metandan bir bosqichda olinadigan sintez gazni qayta ishlab, metanol va dimetil efirni olishning iqtisodiy samarador, resurs tejamkor texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, metandan sintez gaz olish va uni qayta ishlash uchun smarali katalizatorlar tarkibini ishlab chiqish, katalitik jarayonning maqbul sharoitini, katalizatorlar faolligiga va tanlovchanligiga, mahsulotlar unumiga turli omillarning ta'sirini, jarayon mexanizmi va kinetikasini, katalizatorning kimyoviy hamda fazoviy tarkibi, g'ovak tuzilishini aniqlash, jarayonni modellashtirish va maqbullashtirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Mamlakatimizda kimyo sanoatining yangi turdagi mahsulotlar ishlab chiqarish yo'nalishida muayyan natijalarga erishilmoqda, jumladan mahalliy bozorni import o'rnini bosuvchi organik materiallar bilan ta'minlash sohasida keng ko'lamli tadbirlar amalga oshirilmoqda. Respublikamizda, innovatsion texnologiyalarni tatbiq etish orqali sanoat obektlarini yuritishning ilmiy asoslangan tizimi va atrof-muhitni muhofaza qilishning chora-tadbirlarini amalga oshirishga katta e'tibor qaratilmoqda. Yangi O'zbekistonning 2022–2026-yillardagi taraqqiyot strategiyasida¹ “iqtisodiyotni rivojlantirish ustuvor yo'nalishlari belgilangan hamda mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida, yuqori qo'shilgan qiymatli tayyor mahsulot turlarini ko'paytirish, sifat jihatdan yangi mahsulot va texnologiya turlarini o'zlashtirish” bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, jumladan, tabiiy gazni qayta ishlashda xomashyo bazasini mahalliyashtirish va ular asosida importga yo'naltirilgan mahsulotlar ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-sonli “2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida”gi Farmoni, 2018-yil 17-yanvardagi PQ-3479-sonli “Mamlakatimiz iqtisodiy tarmoqlarini zarur mahsulotlar va xom-ashyo turlari bilan barqaror ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida”gi, 2018-yil 25-oktyabrdagi “O'zbekiston Respublikasida kimyo sanoatini jadal

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida”gi Farmoni

rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-3983 son, 2019-yil 3-apreldagi "Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4265-son qarorlari, hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy xujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiyaning tadqiqot natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga bog'liqligi. Mazkur dissertatsiya ishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. «Kimyoviy texnologiya va nanotexnologiya» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Xorijda metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olishga oid jahonda olib borilgan tadqiqotlar natijasida qator, jumladan, quyidagi ilmiy natijalar olingan: asosiy tarkibi metan bo'lgan tabiiy gazni karbonatli va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish olish va u asosida metanol sintez qilish texnologiyasi yaratish, sintez gaz va u asosida metanol hamda dimetilefir ishlab chiqarishni tashkillashtirish bo'yicha B.Abdullah, N.A.A.Ghani, A.F.Muhammad, Y.Sun, G.Zhang, Y.Xu, Z Y.hang, Lv.Yongkang, R.Zhang, A.P.E.York, T.Xiao, Mun-Sing, Ahmad Zuhairi Abdullah, Subhash Bhatia., D.A.Shulmin, M.C.J. Bradford, M.A.Vannice, A.L.Lapidus, I.A.Golubeva, F.G.Jagfarov, P.Van der Osterkamp, E.Vagner, A.X.Mamedov, V.V.Nedolivko, G.O. Zasipalov, P.A.Vutolkina, V. A.Gushin, L.A.Vinokurov, S.V. Kulikov., A.V.Egazaryans, E.A.Karaxanov, A.L.Maksimov, A.Yu.Popov, O.V.Krilov, V.S.Arutyunov, M.P.Yunusov, S.M.Turobjonov, N.I Fayzullaevlar kabi olimlarning maktablarida maqsadli ilmiy izlanishlar davriy ravishda olib borilgan.

Bugungi kunda metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish uchun yuqori unumdorlikka, tanlab ta'sir etuvchanlikka va faollikka ega bo'lgan katalizatorlar yaratilgan. Ammo ushbu jarayonlar uchun ishlatilayotgan katalizatorlarning barqarorligi juda kichik. Hozirgi vaqtda neft va tabiiy gazni kimyoviy qayta ishlab alternativ suyuq yoqilg'ilariga aylantirish va u asosida ekologik toza motor yoqilg'ilarini olish jarayoni jadal rivojlanmoqda.

Metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilganiga qaramasdan yuqori unumdorlik va tanlab ta'sir etuvchanlikka ega bo'lgan, barqarorligi yuqori, arzon va faol, kokslanish darajasini kamaytiradigan katalizator yaratilmagan. Shu bilan birga katalitik qurilmaning ishchi parametrlarini maqbullashtirish, modellashtirish, energiya va resurstejamkor, chiqindisiz texnologiyalar yaratish hamda sanoatga joriy etish hanuzgacha dolzarbligicha qolmoqda.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqot ishi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining «Yuqori molekulyar birikmalar va noorganik moddalar ishlab chiqarishda mahalliy xom

ashyolardan foydalanish texnologiyalari va ularni tadqiq qilish» (2017-2021 yy.) mavzusidagi amaliy loyihasi doirasida hamda Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq №OT-A12-46 “Mahalliy xom-ashyolar asosida metanni oksikondensatslash jarayoni uchun katalizatorlar yaratish, tadqiq etish va jarayonni maqbullashtirish” (2017-2018 yy) mavzusidagi loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug‘i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlarining unumdorligini oshirish va sintez-gaz olishning energiya hamda resurstejamkor texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

yuqori faolligi, termik barqarorligi, unumdorligi, selektivligi va kokslanish darajasini kamaytirishi bilan xarakterlanadigan katalizatorning maqbul tarkibi va texnologiyasini ishlab chiqish hamda metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug‘i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari mahsulotlarini ishlab chiqarish ko‘rsatkichlariga katalizator tarkibining ta‘sirini aniqlash;

metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug‘lari va karbonat angidrid ishtirokida bug‘-karbonatli konversiyalash jarayonlari uchun katalitik metanni uglerod (IV) oksidi ta‘sirida karbonatli va suv bug‘lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug‘-karbonatli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorning yaratish hamda metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug‘lari va karbonat angidrid ishtirokida bug‘-karbonatli konversiyalash jarayonlarini amalga oshirish uchun jarayonning maqbul texnologik parametrlarini aniqlash;

yaratilgan katalizator ishtirokida jarayonlarning kinetik qonuniyatlarini o‘rganish asosida jarayonning borish mexanizmlarini taklif etish;

metanni uglerod (IV) oksidi ta‘sirida karbonatli va suv bug‘lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug‘-karbonatli konversiyalash uchun mo‘ljallangan metanni uglerod (IV) oksidi ta‘sirida karbonatli va suv bug‘lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug‘-karbonatli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorlar ekstraktor, distribyutor va kontaktorli membrana reaktorlarining metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug‘i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlarida qo‘llanilish imkoniyatlarini aniqlash;

metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug‘i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish katalizatorini yarim-sanoat qurilmasida sinovdan o‘tkazish hamda jarayonlarning energiya va resurstejamkor texnologiyasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob‘ekti sifatida tabiiy gaz, havo, bentonit, is gazi va vodorod olingan.

Tadqiqotning predmeti Metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug‘i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarishda skanirlovchi elektron mikroskopiya (SEM), gaz xromatografiyasi, rentgenfazoviy fizik-kimyoviy tahlil usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktorda Metanni karbonatli va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari uchun yangi tarkibdagi yuqori unumdorlik va tanlab ta'sir etuvchanlikka ega bo'lgan, kokslanish darajasini kamaytirishi bilan xarakterlanadigan $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x \cdot (\text{Co}_2\text{O}_3)_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z \cdot (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ tarkibli katalizator yaratilgan;

differensial reaktor sharoitida jarayonning kinetik qonuniyatlari o'rganilib jarayon borishining maqbul sharoiti aniqlangan hamda jarayonning borish mexanizmi aniqlangan;

metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktorning ishchi parametrlarini maqbullashtirish asosida metanni karbonat anhidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari uchun samarali texnologiya va qurilmalar bilan jihozlashning fizik-kimyoviy asoslari yaratilgan;

metanni karbonatli va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlarining borish mexanizmlarini aniqlash asosida jarayonlarni ifodalaydigan kinetik tenglamalar tanlangan va jarayonni membranali reaktorda o'tkazish samarali ekanligi isbotlangan;

metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalab sintez gaz olishning texnologik sxemasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

jarayon borishining maqbul sharoitlari mahsulot unumi bo'yicha tanlangan;

metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktorda metanni karbonat anhidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish orqali olingan sintez-gaz unumini oshirishga imkon beruvchi sharoitlar, yuqori tanlab ta'sir etuvchi va ish qobiliyati yuqori bo'lgan katalizator tarkibi ishlab chiqilgan;

metanni karbonat anhidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlarini amalga oshirish uchun unumdorligi yuqori bo'lgan texnologiya va qurilmalar bilan jihozlashning fizik-kimyoviy asoslari hamda metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktorning matematik modeli ishlab chiqilgan;

tanlangan maqbul katalizator ishtirokida qayd etilgan jarayon ilmiy asoslangan, jarayonni o'tkazishning metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli

konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktori matematik modellashtirilgan hamda jarayonlarning energiya va resurstejamkor, kam chiqindili texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi yaratilgan katalizatorlarni va olingan mahsulotlarni tahlil qilishda kinetik, gaz xromatografik, rentgenfazoli tadqiqot usullarida ishlatilgan asbob-uskunalarining zamonaviyligi, nazariy va eksperimental natijalarning o'zaro mosligi hamda eksperimental tadqiqotlarda standartlashtirilgan usullarning qo'llanilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati yuqorida qayd etilgan jarayonning borish mexanizmlari va kinetikasi o'rganilganligi hamda jarayonning takomillashtirilgan texnologik sxemalari taklif etilganligi, maqbul reaktor turi tanlanganligi, ularni ishlab chiqarish va qo'llashning resurstejamkor texnologiyasi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati katalizatorning zich qatlamida membranali qurilmaning ishchi parametrlarini maqbullashtirish, massa tashishning jarayonlarning turli sharoitlarda o'tishida unumi, konversiyani va tanlab ta'sir etuvchanlikni hisoblashga imkon beradigan matematik model yaratish va fizik-kimyoviy modelni eksperimental asoslash hamda sintez gaz ishlab chiqarish reaktorini modellashtirish va kam chiqindili texnologiyasini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalab sintez gaz olish va uning texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida;

metanni suv bug'i hamda karbonatli konversiyalash usuli bilan metanol olish jarayoni «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» AJda amaliyotga joriy qilingan («Muborak gazni qayta ishlash zavodi» AJning 2022-yil 14-oktabrdagi №928/G'K-10-son ma'lumotnomasi). Natijada, metanni suv bug'i hamda karbonatli konversiyalab metanol olishning takomillashtirilgan texnologiyasini ishlab chiqish imkonini bergan;

metanni suv bug'i hamda karbonatli konversiyalash usuli bilan katalizatorlarni ishlab chiqish texnologiyasi «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» AJda amaliyotga joriy qilingan («Muborak gazni qayta ishlash zavodi» AJning 2022-yil 14-oktabrdagi №928/G'K-10-son ma'lumotnomasi). Natijada, $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * (\text{Co}_2\text{O}_3)_y * (\text{ZrO}_2)_z * (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ tarkibli katalizatoridan import o'rnini bosuvchi maxalliy katalizator sifatida qo'llash imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Olib borilgan tadqiqot natijalari bo'yicha 15 ta, jumladan 5 ta xalqaro va 10 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokomadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan. O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan, 2 ta respublika va 3 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 125 betni tashkil etgan.

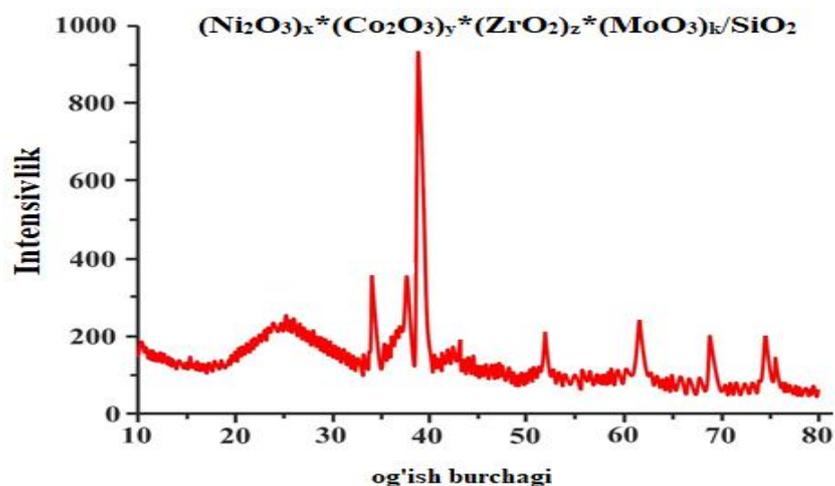
DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'ekt va predmetlari tavsiflangan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish istiqbollari to'g'risida xulosalar qilingan, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i yordamida karbonatli konversiyalab sintez gaz olish: hozirgi holati va istiqbollar**» deb nomlangan birinchi bobida mavzu bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari, xorijiy va mahalliy adabiyotlar tahlili batafsil yoritilgan. Ma'lumotlar umumlashtirilgan va ilmiy-tahliliy xulosalar chiqarilgan hamda ilmiy adabiyotlardagi ma'lumotlardan kelib chiqqan holda dissertatsiya ishining maqsadi, vazifalari, dolzarbligi va muhimligi tahlil qilingan.

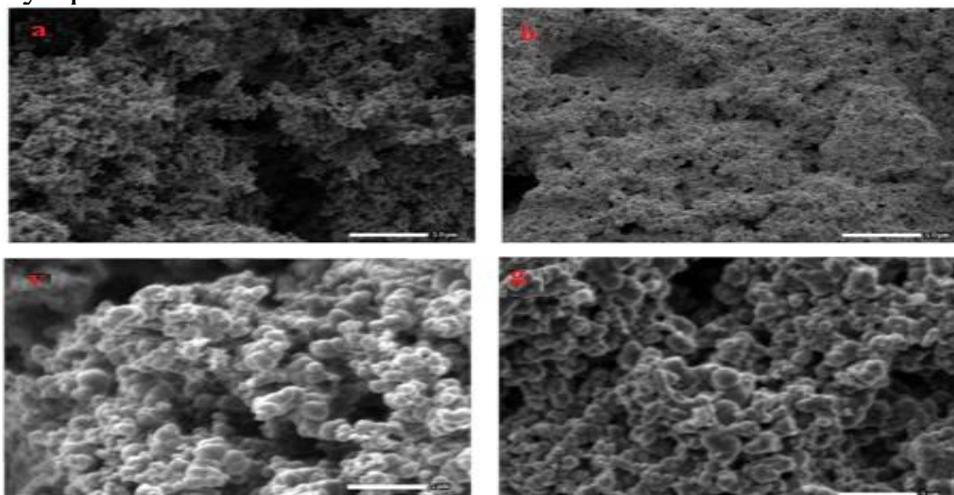
Dissertatsiyaning «**Metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari yordamida bug'-karbonatli konversiyalab sintez gaz olish metodikasi, tadqiqot ob'yekti va usullari**» deb nomlangan ikkinchi bobida metanni katalitik yuqori molekulyar uglevodorodlar olish reaksiyasining kinetik qonuniyatlarini o'rganishning tajriba qurilmasi, tajribani o'tkazish va reaksiya mahsulotlarini tahlil qilish metodikasi yoritilgan. Reaksiya mahsulotlari unumi va tarkibi gaz-suyuqlik xromatografiyasi usulida aniqlangan. Katalizator sintezi bo'yicha tadqiqotlar berilgan. Katalizatorning xarakteristikalarini fizik-kimyoviy va tekstur xarakteristikalarini taqdim etilgan.

Katalizatorning xarakteristikalarini tekshirish. Katalitik faolligi yuqori bo'lgan faza - $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * (\text{Co}_2\text{O}_3)_y * (\text{ZrO}_2)_z * (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ ularni inert atmosferada kalsinlanishidan so'ng darhol hosil bo'ladi. Buni o'ta toza azot muhitida 800°C da kalsinlangan $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * (\text{Co}_2\text{O}_3)_y * (\text{ZrO}_2)_z * (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ kukunini tahlil qilish paytida olingan XRD malumotlari tasdiqlaydi (1-rasm). Membrana (qobiq, to'r) katalizatorlari namunalarining rentgen diffraksiyasi sxemasida $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * (\text{Co}_2\text{O}_3)_y * (\text{ZrO}_2)_z * (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ fazasi, yotqizilgan qatlamlarning juda kichik qalinligi (bir necha o'nlab mikron) tufayli tanib bo'lmaydigan holga kelib qoladi. $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * (\text{Co}_2\text{O}_3)_y * (\text{ZrO}_2)_z * (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ katalizatori. Namuna asl silikagel boshlang'ich mahsulotiga $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * (\text{Co}_2\text{O}_3)_y * (\text{ZrO}_2)_z * (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ qo'llash orqali olingan, undan keyin u 800°C haroratda azot oqimida kalsinlangan. Ushbu membrana (qobiq, to'r)larning katalitik qatlami asosan $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * (\text{Co}_2\text{O}_3)_y * (\text{ZrO}_2)_z * (\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ dan iborat ekanligi eksperimental tadqiqotlar natijasida tasdiqlangan (2-rasm).



1-rasm. $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ tarkibli katalizator 800°C da inert atmosferada kuydirish natijasida olingan rentgen kukunlari difraksiyasi sxemasi.

Membrana (qobiq, to‘r) reaktorida sinashdan oldin membrana (qobiq, to‘r) katalizatorining umumiy o‘ziga xos yuzasi boshlang‘ich mahsulotnikidan deyarli besh barobar yuqori.



a- 200°C , b- 250°C , v- 300°C , g- 350°C haroratlarda

2-rasm. Inert atmosferada qizdirib $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ asosida olingan kompozitsion material membrana (qobiq, to‘r)larning ko‘ndalang kesimining elektron fotosuratlari.

Dissertatsiyaning «Metanning suv bug‘i yordamida karbonatli konversiyasini tahlil natijalari va ularning muhokamasi» deb nomlangan uchinchi bobida jarayonlarning kinetik qonuniyatlari o‘rganilgan va kinetik modellar ishlab chiqilgan.

$10\% \text{Ni}_2\text{O}_3*10\% \text{Co}_2\text{O}_3*4\% \text{ZrO}_2*7\% \text{MoO}_3/\text{SiO}_2$ katalizatorida metanning karbonat anhidridli va bug‘ karbonat anhidridli konversiyasi (riforingi) bo‘yicha qiyosiy ma‘lumotlar 1-jadvalda keltirilgan. Metanning karbonat anhidridli konversiyasi (riforingi)da karbonat anhidrid va metanning to‘liq o‘zgarishi 750°C da sodir bo‘ladi, vodorod bilan is gazi aralashmasi tarkibi $\text{H}_2/\text{CO}=1,07$ ga teng bo‘ladi. Metanning karbonat anhidridli konversiyasi (riforingi)da metan bilan karbonat anhidrid aralashmasining konversiya darajasi $\sim 100\%$ 750°C dan

ancha past haroratda erishiladi, bunda vodorod bilan is gazi aralashmasi ancha yuqori nisbat bilan $H_2/CO=1,43$ hosil bo‘ladi.

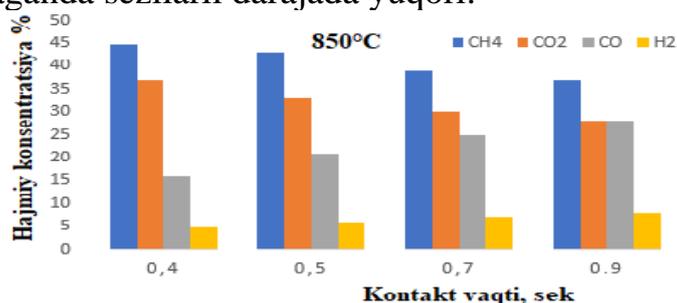
Metanning bug‘-karbonat angidridli konversiya jarayoni uchun olingan Optimallashtirilgan molyar nisbatlar va vodorod bilan is gazi aralashmasining tegishli kattaliklari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Metanning bug‘-karbonat angidrid konversiyasi (riformingi) uchun optimallashtirilgan $CH_4:CO_2:H_2O$ molyar nisbati va vodorod bilan is gazi aralashmasining tegishli kattaliklari

T, °C	P, atm	$CH_4:CO_2:H_2O$	CO_2 , %	CH_4 , %	$H_2:CO$	ΔH , kkal:mol
750	1	1:0,3:0,8	1,8	1,6	2,2	52,8
	5	1:0,4:1,0	6,2	5,9	2,2	44,2
	10	1:0,5:1,1	9,6	9,7	2,2	37,9
800	1	1:0,27:0,8	0,5	0,6	2,2	54,9
	5	1:0,32:0,9	2,3	2,3	2,2	51,4
	10	1:0,36:1,0	3,9	3,9	2,2	47,9
850	1	1:0,26:0,8	0,3	0,3	2,2	55,6
	5	1:0,28:0,8	0,8	0,8	2,2	54,2
	10	1:0,30:0,9	1,6	1,7	2,2	52,5

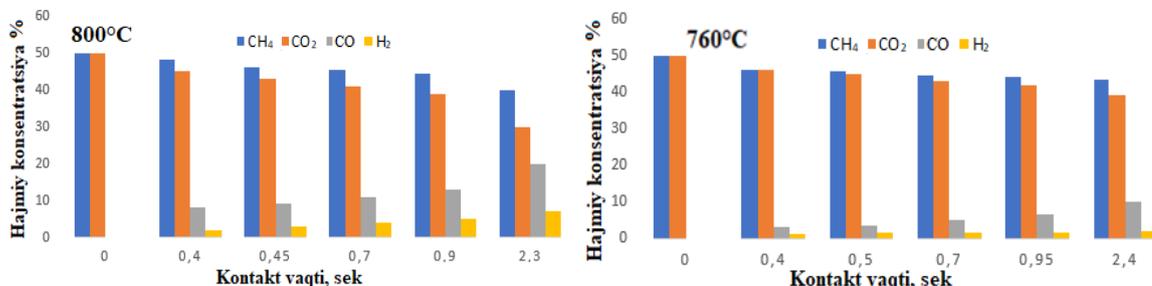
Metanni bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membrana reaktor-kontaktorida sintez-gazning hosil bo‘lishi. 3-rasmda metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktor-kontaktoridagi 850°C haroratdagi konsentratsiyaning dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o‘rtasidagi ta’sirlashuv vaqtiga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktor-kontaktor va an’anaviy metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktordagi bog‘liqliklarning tabiati bir xil. Biroq, metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorda boshlang‘ich materiallarning konversiya darajasi an’anaviyga qaraganda sezilarli darajada yuqori.



3-rasm. Membrana katalitik metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktor-kontaktoridagi 850°C haroratdagi konsentratsiyaning dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o‘rtasidagi ta’sirlashuv vaqtiga bog‘liqligi

Taqdim etilgan gistogrammada boshlang‘ich moddalar va reaksiya mahsulotlar ya’ni is gazi va vodorodining konsentratsiyasi dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o‘rtasidagi ta’sirlashuv vaqtiga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Boshlang‘ich materiallar har xil stavkalarda iste’mol

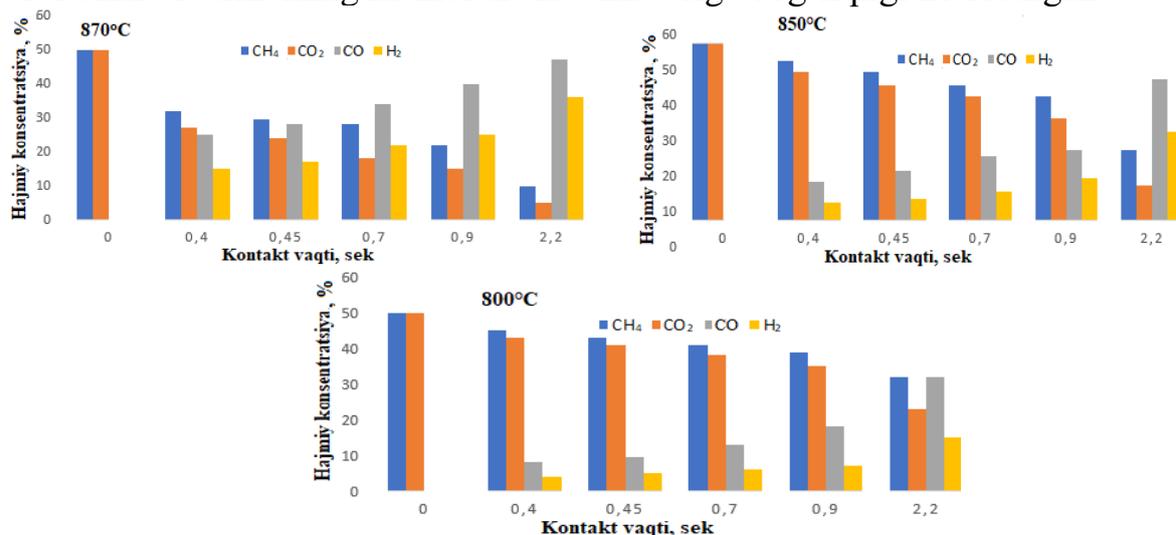
qilinadi, metan konsentratsiyasi karbonat angidrid konsentratsiyasiga qaraganda dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o'rtasidagi ta'sirlashuv vaqtining oshishi bilan tezroq pasayadi. Reaksiya aralashmasida reaksiya mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorodning to'planishi ham har xil tezlikda sodir bo'ladi - uglerod oksidi vodorodga qaraganda tezroq to'planadi.



4-rasm. Reaksiya mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorodni konsentratsiyasining reaksiyaga kirishayotgan dastlabki modda kontaktoridagi 800°C va 760°C haroratlarda dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o'rtasidagi ta'sirlashuv vaqtiga nisbatan o'zgarishi

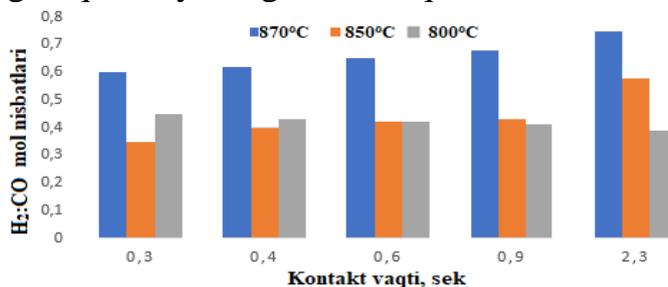
4-rasmda 800°C va 760°C haroratda aktiv membrana katalizatori bo'lgan metanning bug'-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan kontaktor reaktorida metanning karbonat angidrid konversiyasi (riformingi)da boshlang'ich moddalar va mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorod konsentratsiyasining o'zgarishi ko'rsatilgan. Metanning bug'-karbonat angidridli konversiyasi (riformingi) jarayonining harorati pasayishi bilan boshlang'ich materiallar past darajada yutiladi. Mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorodning to'planish darajasi ham pasayadi.

Membrana katalizatori. 5-rasmda metanning karbonat angidridli konversiyalanish uchun mo'ljallangan membrana reaktor-kontaktoridagi reaksiya aralashmasi tarkibining membrana katalizatoriga bog'liqligi ko'rsatilgan.



5-rasm. Metanning karbonat angidridli konversiyasi (riformingi)ning dastlabki moddalari va mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorodning konsentratsiyasining metanning bug'-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan membrana reaktor-kontaktoridagi aktivlanadigan katalizatorida o'zgarishi: a -870°C; b -850°C; v -800°C.

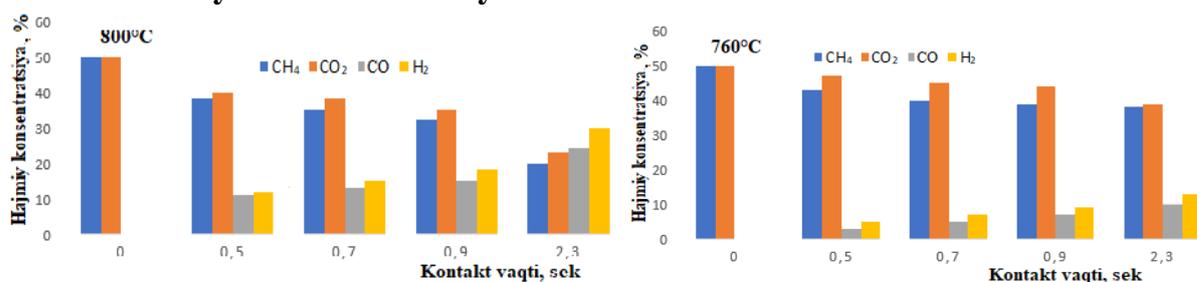
Gistogrammalar shuni ko'rsatadiki, metanning bug'-karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan kontaktor reaktoridagi metanning karbonat anhidrid konversiyasi (riformingi) membrana katalizatoridagi aktiv membrana katalizatorida kuzatilgan qonuniyatlarga muvofiq davom etadi.



6-rasm. Membrana katalizatorida karbonat anhidrid konversiyasi (riformingi)ning har xil haroratida metanning bug'-karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan reaktor-kontaktorda dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o'rtasidagi ta'sirlashuv vaqtiga H₂:CO ning mol nisbati bog'liqligi

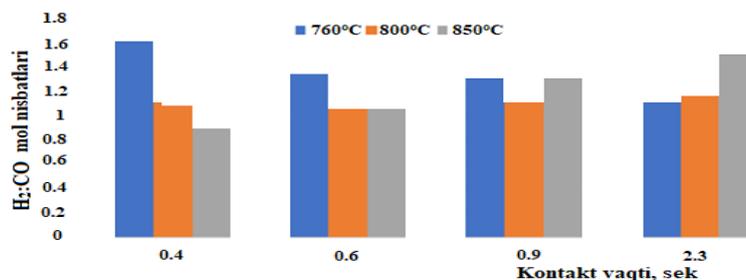
Buni 6-rasmda keltirilgan ma'lumotlar ham tasdiqlaydi. Ushbu natijalarni membrana katalizatori ma'lumotlari bilan taqqoslaganda (4-rasm), xuddi shu harorat va dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o'rtasidagi ta'sirlashuv vaqtidagi molyar nisbati yuqori bo'lganligini ko'rish mumkin. Kontaktor rejimida metanning bug'-karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan membrana reaktorining ishlashi paytida aktivlangan membrana katalizatorida yon reaksiyalar paydo bo'ladi, deb taxmin qilish mumkin, bu mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorodni ushbu tajriba sharoitida stexiometrik nisbatiga erishishga to'sqinlik qiladi.

Metanni karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan membrana reaktor-distribyutorida konversiyalash.



7-rasm. Metanning karbonat anhidrid konversiyasi (riformingi)dagi dastlabki moddalar va mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorodning konsentratsiyasining metanning bug'-karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan membrana reaktori-distribyutordagi aktiv katalizatorida o'zgarishi (a-800°C, b-760°C).

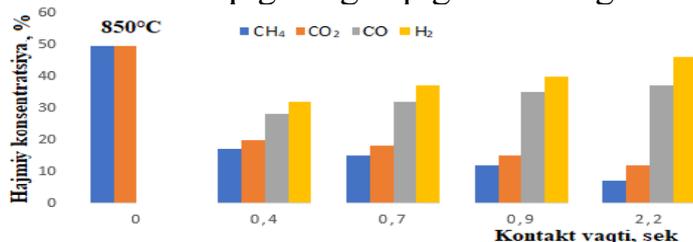
Metanning karbonat anhidridli konversiyalash haroratining 800°C va 760°C gacha pasayishi (7-rasm) metan va karbonat anhidrid konsentratsiyasining o'zgarishiga, shuningdek vodorod va is gazi konsentratsiyasining o'zgarishiga bog'liqlikning yaqinlashuvi bilan birga keladi, bu, ehtimol, asosiy reaksiya tezligining pasayishiga nisbatan yon reaksiya tezligining tezroq pasayishi bilan bog'liq.



8-rasm. H₂:CO mol nisbatining metanni karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan reaktoridagi ta'sir vaqtiga bog'liqligi

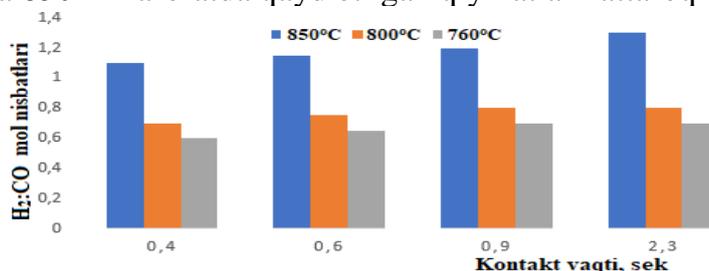
8-rasmda keltirilgan ma'lumotlardan shuni ko'rish mumkinki, is gazi va vodorodning molyar nisbatlarining o'zgarishi 800°C va 850°C haroratda hamda dastlabki moddalar bilan katalizator faol markazi o'rtasidagi ta'sirlashuv vaqtlari 1 sekunddan kam bo'lib, bu nisbat 0,9-1,1 oralig'ida ($T=850^{\circ}\text{C}$ va $\tau_{\text{kont}}=0,88$ s nuqtadan tashqari). Asosan, o'rganilgan harorat va dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o'rtasidagi ta'sirlashuv vaqt oralig'ida membrana katalizatorida distribyutor metanning bug'-karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan reaktorda vodorod va is gazi aralashmasida vodorodning is gaziga nisbatining birliklari kattaroqdir.

9-rasmda reaksiyon aralashma tarkibining 850°C haroratda membrana katalizatori bilan kontaktlashish vaqtiga bog'liqligi ko'rsatilgan.



9-rasm. Metanni 850°C haroratda distribyutor reaktorda aktivlanadigan membrana katalizatorida metanning dastlabki moddalari va karbonat anhidrid konversiyasi (riformingi)ning konsentratsiyasining o'zgarishi

10-rasmda ko'rsatilgan tarqatish metanning bug'-karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan reaktoridagi katalizatorida metanning karbonat anhidridli konversiyalash mahsulotlar ya'ni is gazi va vodorodning mol nisbati o'zgarishi grafigini tahlil qilsak, faqatgina 850°C haroratda qayd etilgan qiymatlar kattaroq bo'lib chiqdi.



10-rasm. H₂:CO mol nisbati karbonat anhidrid konversiyasi (riformingi)ning har xil reaksiya haroratida distribyutor metanning bug'-karbonat anhidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan reaktoridagi membrana katalizatori bilan dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o'rtasidagi ta'sirlashuv vaqtiga bog'liqligi

Mahsulotlar unumiga metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorlarning ta‘siri.

Membranli metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorda bir vaqtning o‘zida ham kimyoviy jarayon, ham membrana jarayoni ro‘y beradi. So‘nggi yillarda umumiy holda jarayonni jadallashtirish maqsadida kimyoviy reaksiya bilan birgalikda membranalardan qanday foydalanish mumkinligi bo‘yicha ko‘pgina usullar taklif qilingan.

“Ekstraktor” tipidagi metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktor. Metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktor ishlashining eng keng tarqalgan turi ekstraktor tamoyili bo‘yicha ishlash hisoblanadi. Bu metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorlarning birida faqat mahsulotlar ya‘ni is gazi va vodoroddan biri membrana orqali o‘ta oladi va selektiv ajralish sodir bo‘ladi va boshqalarida katalizatorning ushlanishi sodir bo‘ladi ya‘ni membrana katalizatoridan tashqari, dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda va reaksiya natijasida hosil bo‘lgan moddalar aralashmasining barcha tarkibiy qismlari uchun o‘tkazuvchan.

Mahsulotning selektiv chiqarilishi. Kimyoviy reaksiyada hosil bo‘ladigan tarkibiy qismlardan birini dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda va reaksiya natijasida hosil bo‘lgan moddalar aralashmasidan selektiv ravishda chiqariladi. Agar mahsulotlar ya‘ni is gazi va vodoroddan biri ingibitor sifatida ta‘sir qilsa, uni chiqarib yuborish metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorning unumdorligini sezilarli oshirishi mumkin. SHuningdek mazkur turdagi metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membrana reaktori dastlabki moddalar konsentratsiyalarini oshirish imkonini beradi.

“Distribyutor” turidagi membranali katalizatorlar. Metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorlarning ikkinchi turi distribyutor tamoyili bo‘yicha ishlaydigan metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorlar hisoblanadi. Dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) moddalardan biri ma‘lum tarzda membrana orqali dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda va reaksiya natijasida hosil bo‘lgan moddalar aralashmasiga qo‘shiladi. Ushbu turdagi metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorda foydalaniladigan membrana lar, turli vazifalarni bajarishi mumkin. Bir tomondan, metanni bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membrana reaktori uzunligi bo‘ylab dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) moddaning reaksiyasi tezligini tekis taqsimlaydi, shu bilan birga lokal ortiqcha qizib ketishlarni va yonaki reaksiyalarni bartaraf etadi. Ikkinchidan, membrana ajratuvchi pardevor bo‘lib xizmat qilishi mumkin, u orqali aralashmaning tarkibiy qismlaridan biri yuboriladi. Ikkala vazifalar bitta apparatda birlashtirilishi mumkin.

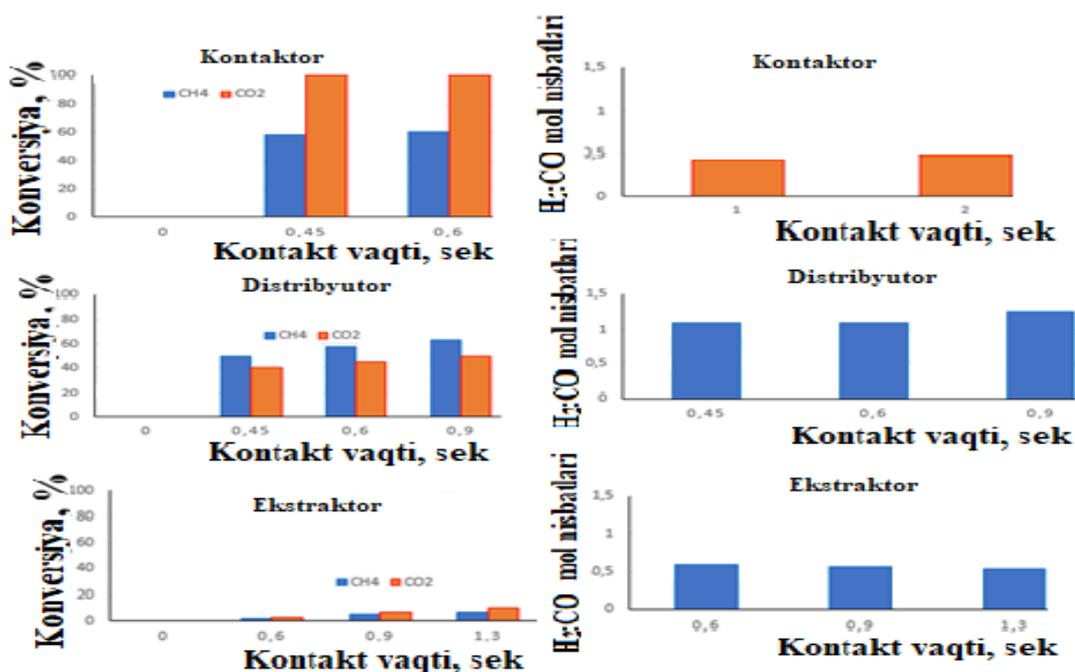
“Kontaktor” tipidagi metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktor. Ushbu tipdagi metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorlarni membrana orqali majburiy oqimi bilan kontaktor sifatida ya‘ni oqimli

katalitik metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktor va fazalararo kontaktor sifatida qo‘llanilishi qiziqish uyg‘otmoqda.

Oqimli katalitik mebranali metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorlar. Metanni katalizatorlar ishtirokida suv bug‘i va karbonat angidrid ta‘sirida konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorning mazkur tipida dastlab aralashirilgan dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) moddalar g‘ovakli noo‘ziga xos katalitik membrana orqali o‘tkaziladi. Metanni katalizatorlar ishtirokida suv bug‘i va karbonat angidrid ta‘sirida konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorning vazifasi – reaksiyon fazoni qisqa ta‘sirlashish nazorat qilinadigan vaqti va yuqori katalitik faollik bilan ta‘minlashdan iborat. Oqimli katalitik mebranali metanni katalizatorlar ishtirokida suv bug‘i va karbonat angidrid ta‘sirida konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorlarni qo‘llashdan maqsad – eng past vaqtda va eng past reaksiyon fazoda to‘liq konversiyaga erishish yoki ushbu reaksiya uchun dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o‘rtasidagi ta‘sirlashuv vaqtlarining tor taqsimlanishi tufayli eng yuqori o‘ziga xoslikka erishishdan iborat.

Dissertatsiyaning «**Metanni suv bug‘i yordamida karbonat angidridli konversiyalab vodorod bilan is gazi aralashmasi olish texnologiyasi**» deb nomlangan to‘rtinchi bobida metanni katalizatorlar ishtirokida suv bug‘i va karbonat angidrid ta‘sirida konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorning bu tipining qo‘llanilishi oldingisiga o‘xshash bo‘lib, reaksiyaning yuqori o‘ziga xosligini taqozo qiladi, shuning uchun membrana qo‘shimcha talablarga javob berishi kerak. Shu bilan birga yuqori katalitik faollikdan tashqari, membrana dastlabki (reaksiyaga kirishayotgan) modda bilan katalizator faol markazi o‘rtasidagi ta‘sirlashuv vaqtlarini tor taqsimlanishini ta‘minlashi shart, bu yonaki reaksiyalarning o‘tishina cheklaydi. Ya‘ni membrana tartibli g‘ovakli mikrotuzilishga ega bo‘lishi kerak. Metanni katalizatorlar ishtirokida suv bug‘i va karbonat angidrid ta‘sirida konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali reaktorning ushbu tipi gaz fazali reaksiyalarda qo‘llaniladi. Metanni katalizatorlar ishtirokida suv bug‘i va karbonat angidrid ta‘sirida konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali katalitik reaktorlarni odatiy metanni katalizatorlar ishtirokida suv bug‘i va karbonat angidrid ta‘sirida konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktor bilan 900°C da solishtirish natijalari 11-rasmda keltirilgan.

11-rasmdan ko‘rinib turganidek, barcha tasvirlangan metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorlarda dastlabki birikmalarning (Metan bilan karbonat angidrid) konversiyasi (riformingi) va mahsulotlar ya‘ni is gazi va vodorodning mol nisbati bir xil sharoitlarda farqli qiymatlarga ega bo‘ladi. Konversiyaning eng katta qiymatlari kontaktor va distribyutorda, eng kichik qiymatlari – odatiy katalitik metanni karbonat angidridli va bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorlarda kuzatiladi. Bu kattaliklar qariyb bir necha barobarga farq qiladi.



11-rasm. Metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan membranali katalitik reaktorlarni odatiy metanning bug‘-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktor bilan 900°C da solishtirish natijalari

Sintezni amalga oshirishdan oldin metan 1 dan 2-3 MPa gacha siqiladi va kerakli miqdorda suv bug‘i va karbonat angidrid bilan aralashtiriladi.

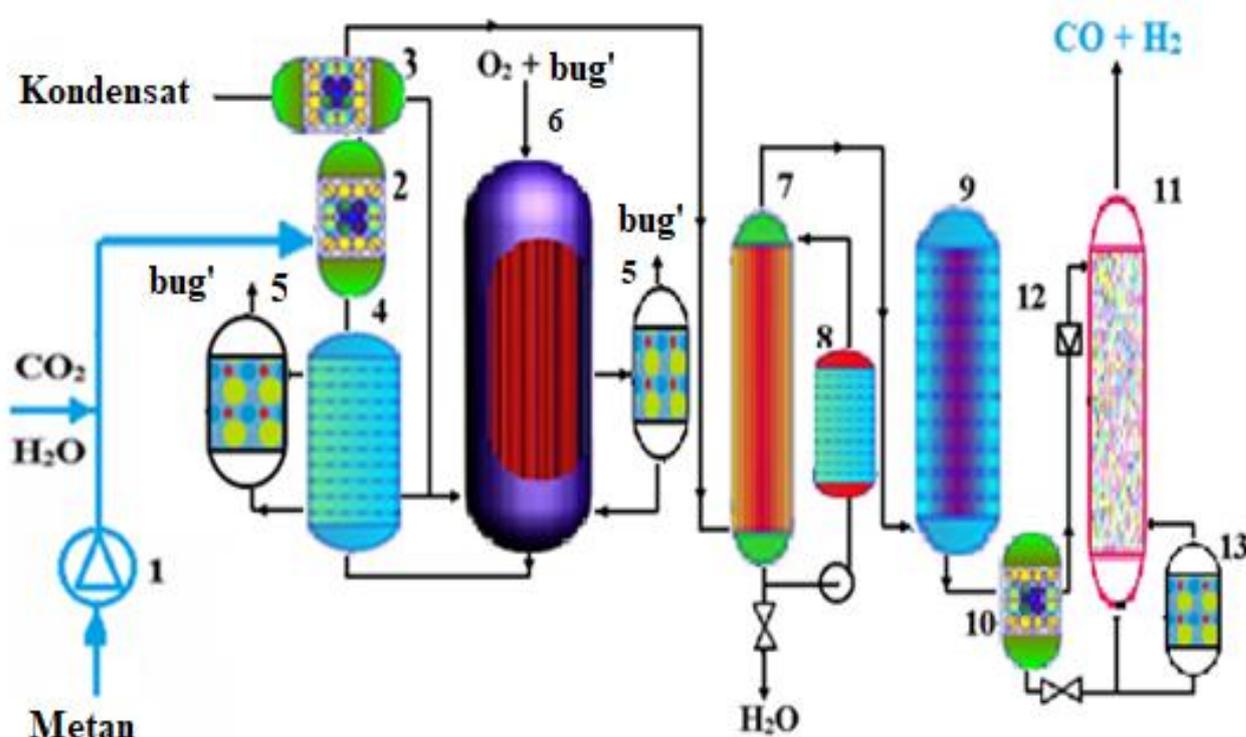
Aralashma qisman sovutilgan konversiya qilingan gaz bilan issiqlik almashtirgich 400°C gacha qizdiriladi va metanni suv bug‘i va karbonat angidrid ishtirokida hamda katalizatorlar ta’sirida katalitik konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktor aralashtirgich 6 ga beriladi, bu erda O₂ ning oldindan tayyorlangan aralashmasi teng hajmdagi suv bug‘lari bilan kiradi. Metanni suv bug‘i va karbonat angidrid ishtirokida hamda katalizatorlar ta’sirida katalitik konversiyalash uchun mo‘ljallangan reaktorda kondensat sovutiladi; bunda 2–3 MPa bosim bilan bug‘ hosil bo‘ladi. Metanni suv bug‘i va karbonat angidrid ishtirokida hamda katalizatorlar ta’sirida katalitik konversiyalash uchun mo‘ljallangan 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 haydash uchun ishlatiladi. Qisman sovutilgan gazning issiqligi aralashmani issiqlik almashtirgichda 2 va issiqlik almashtirgichda 3, chiqindi issiqlik qozoniga suv kondensatini isitish uchun yoki qizdirish uchun ishlatiladi. Yakuniy sovutish qo‘shimchalardan tozalash uchun mo‘ljallangan idishda 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	—	20 – 55%
H ₂	—	45-80%
CO ₂	—	12-15%
CH ₄	—	0,65%
N ₂ yoki Ar	—	0,8-1,5%

Karbonat angidridni bosimning yutilishi, monoetanolamin yoki kaliy karbonatning suvli eritmasi bilan kimyosorbsiya orqali olib tashlanadi. Yuqori qavatda gaz yutgich (sorbent)ga 9 kiradi, u erda karbonat angidrid soʻriladi va tozalangan gaz isteʼmolchiga yuboriladi. Toʻyingan yutuvchi modda (sorbent) issiqlik almashtirgichda 10 issiq qayta tiklangan eritma bilan qizdiriladi va desorber 11 ga yuboriladi, uning tubidan yutuvchi modda (sorbent) 10 orqali yana karbonat angidridni yutgich (sorbent)ga 9 ga yuttirish uchun yuboriladi. Yuqori 11 dan karbonat angidrid tegishli bosimga siqiladi va konversiyaga qaytariladi, 2 dan oldin tabiiy gaz va bugʻ bilan aralashtiriladi.

12-rasmda vodorod ishlab chiqarish uchun metanning suv bugʻi hamda karbonat angidrid bilan aralashmasini katalizatorlar ishtirokida bugʻ- karbonat angidridli konversiyasi (riformingi) va sintez-gaz yaʼni vodorod bilan is gazi aralashmasini ishlab chiqarish uchun umumlashtirilgan bugʻ/ karbonat angidrid riformingining texnologik oqim diagrammasi koʻrsatilgan.



12-rasm. Metanni bugʻ-karbonat angidridli konversiyalashning texnologik sxemasi

1-turbokompressor; 2,3,10-issiqlik almashinuvchilari; 4-utilizator qozini; 5-bugʻ yigʻigich; 6-Metanni suv bugʻi va karbonat angidrid ishtirokida hamda katalizatorlar taʼsirida katalitik konversiyalash uchun moʻljallangan reaktor; 7-skrubber; 8-muzlatgich; 9-absorber; 11-desorber; 12-drossel ventili; 13-qizdirgich qozon.

Sintez-gaz, vodorod bilan is gazi aralashmasining 1 m³ ga sarflanishi:

1 m³ sintez-gaz yaʼni vodorod bilan is gazi aralashmasiga sarfi:

Tabiiy gaz — 0,35 – 0,40 m³,

Texnik O₂ va qoʻllanilishiga qarab — 0,2 m³,

bosim va qoʻshimcha karbonat angidrid ≈ 0,2 - 0,8 kg suv bugʻlari

XULOSALAR

1. Yuqori katalitik faollikka, termik barqarorlikka, unumdorlikka, tanlab ta'sir etuvchanlikka ega bo'lgan va kokslanish darajasini kamaytirishi bilan xarakterlanadigan $10\%(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * 10\%(\text{Co}_2\text{O}_3)_y * 4\%(\text{ZrO}_2)_z * 7\%(\text{MoO}_3)_k / \text{SiO}_2$ katalizatorning maqbul tarkibi va olish texnologiyasi ishlab chiqildi hamda Metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i yordamida bug'-karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari mahsulotlarini ishlab chiqarish ko'rsatkichlariga katalizator tarkibining ta'siri o'rganildi.

2. Differensial reaktor sharoitida qayd etilgan jarayonning kinetik qonuniyatlari (dastlabki moddalarning o'zgarish tezligi, jarayonning kinetik modeli, konversiya tezligiga va jarayonning maqbul rejimini tanlashga turli omillarning ta'siri) o'rganilib jarayon borishining maqbul sharoiti ($\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}:\text{CO}_2=1:1:0,4$; $R=0,1\text{MPa}$; $V_0=1000\text{soat}^{-1}$; $T=900^\circ\text{C}$ va $\tau_{\text{kont}}=0,88\text{s}$) aniqlandi hamda jarayonning borish mexanizmi taklif etildi.

3. Metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i yordamida bug'-karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari uchun katalitik metanni konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktorning sintez gaz olish jarayonlarini amalga oshirish uchun jarayonning maqbul texnologik parametrlari aniqlandi.

4. Metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktorlar ekstraktor, distribyutor va kontaktor membrana reaktorlarida sintez gaz olish jarayonlarining qo'llanilish imkoniyatlari o'rganildi va jarayonni membranali qurilmada o'tkazish samarali ekanligi isbotlandi.

5. Metanni uglerod (IV) oksidi ta'sirida karbonatli va suv bug'lari hamda uglerod (IV) oksidi ishtirokida bug'-karbonatli konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktorning ishchi parametrlarini maqbullashtirish asosida Metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i yordamida karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari uchun samarali texnologiya va qurilmalar bilan jihozlashning fizik-kimyoviy asoslari yaratildi.

6. Metanni karbonat angidrid ishtirokida karbonatli konversiyalash va suv bug'i yordamida karbonatli konversiyalab sintez gaz olish jarayonlari va katalizatori yarim-sanoat qurilmasida sinovdan o'tkazildi hamda jarayonlarning energiya va resurstejamkor kam chiqindili texnologiyasi ishlab chiqildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/31.01.2023.К/Т.78.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ОРТИҚОВ НУРБЕК РУСТАМОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА
ПУТЕМ ПАРОКАРБОНАТНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА**

02.00.14–Технология органических веществ и материалы на их основе

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Термиз–2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2023.2.PhD/T3595

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте.

Автореферат на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета www.tersu.uz и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziyo.net.uz

Научный руководитель: **Файзуллаев Нормурот Ибодуллаевич**
доктор технических наук, профессор

Расмий оппонентлар: **Тожиев Панжи Жовлиевич**
доктор технических наук, профессор

Ахмедов Вохид Низомович
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация: **Институт общей и неорганическая химия**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2024 г. В “___” часов на заседании Ученого совета DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 при Термезском государственном университете по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел. (+99876)22174-55, факс: (+ 99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре в Термезском государственном университете под №___, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел. (+99876)22174-55, факс: (+ 99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz)

Автореферат диссертации разослан “___” _____ 2024 года.

(протокол рассылки №___ “___” 2024 г.)

И.А.Умбаров
Председатель научного совета
по присуждению ученых
степеней, д.т.н., доц.

Ш.А.Касимов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых
степеней, д.х.н., проф.

Р.А.Аликулов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.х.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии PhD)

Актуальность и необходимость темы диссертации. Сегодняшний день в мире получаемого синтез-газа в результате переработки природного газа - метана в одну стадию, производятся важные растворители, используемые в химической промышленности - метанол, диметиловый эфир - используются в химической промышленности; топливная продукция – бензин, керосин, дизельное и авиационное топливо; технические масла – моторные масла, смазочные масла; строительные материалы – битум, гудрон, асфальт и т.д. В соответствии имеют важная значения с этим происходит превращение метана в карбонат в присутствии паров воды и углекислого газа, подбираются высокопроизводительные, селективные, высокостабильные, недорогие катализаторы получения синтез-газа, а также определяется механизм получения синтез-газа, термодинамически обоснованные химические процессы, разработать энерго- и ресурсосберегающую технологию получения синтез-газа.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по разработке экономически эффективной, ресурсосберегающей технологии переработки синтез-газа, полученного из метана в одну стадию, и получения метанола и диметилового эфира. В связи с этим разработана структура ароматических катализаторов получения синтез-газа из метана и его переработки, оптимальных условий каталитического процесса, влияние различных факторов на активность и селективность катализаторов, выход продуктов, механизм и кинетике процесса, химическому и пространственному составу катализатора, особое внимание уделяется определению структуры, моделированию и оптимизации процесса.

В нашей стране достигаются определенные результаты в области производства новых видов продукции химической промышленности, в том числе осуществляются широкомасштабные мероприятия в области обеспечения отечественного рынка импортными органическими материалами. В нашей республике большое внимание уделяется научно обоснованной системе управления промышленными объектами и реализации мероприятий по охране окружающей среды путем внедрения инновационных технологий. В «Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»¹ определены важные задачи по “определению приоритетных направлений развития экономики и на основе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, увеличению ассортимента готовой продукции с высокой добавленной стоимостью, освоению качественно новых видов продукции и технологий”. В связи с этим важно, в том числе, локализовать сырьевую базу переработки природного газа и разработать технологию производства импортоориентированной продукции на их основе.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики

¹Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2022 года УП-60 “О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы”

Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 "О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы", от 17 января 2018 года № ПП-3479 "О мерах по обеспечению устойчивого развития отраслей экономики страны необходимыми видами продукции и сырья", от 25 октября 2018 года № ПП-3983 "О мерах по ускоренному развитию химической промышленности в Республике Узбекистан", от 3 апреля 2019 года № ПП-4265 "О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности", а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетам развития науки и техники республики. Данное исследование является VII этапом республиканского развития науки и техники. Оно проводилось в соответствии с приоритетным направлением «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В результате проведенных в мире исследований по карбонатному и парокрбонатному превращению метана был получен ряд научных результатов, в том числе: создание технологии получения синтез-газа и метанола на его основе путем карбонатного и парокрбонатного превращения метана, организация производства синтез-газа и метанола и диметилэфира на его основе В. Абдулла, Н. А.А. Гани, А. Ф. Мухаммад, Ю. Солнце, Г. Чжан, Ю. Ху, Z Y. hang, Lv.Юнкан, Р. Чжан, А. Р. Е. Йорк, Т. Сяо, Мун-Синг, Ахмад Зухайри Абдулла, Субхаш Бхатия., Д. А. Шульмин, М. С. J. Брэдфорд, М. А. ваннис, А. L. Лapidус, И. А. Голубева, Ф. G. Джагфаров, П. Ван дер Остеркамп, Э. Вагнер, А. X. Мамедов, В. V. Недоливко, Г. O. Засипалов, П. A. Вутолкина, В. A. Гушин, Л. A. Винокуров, С. В. Куликов,. А. В. Егазарян, Е. А. Караханов, А. Л. Максимов, O. V. Крылов, А. Ю.Попов, Б.С. Арутюнов, М. Р. Юнусов, С. М. Туробжанов, Н.И. Файзуллаев. время от времени целенаправленные научные исследования проводились в школах таких ученых, как ланг.

Сегодня созданы катализаторы для реакций карбонатного и парокрбонатного превращения метана, обладающие высокой производительностью, селективностью и активностью. Но стабильность катализаторов, используемых для этих процессов, очень мала. В настоящее время бурно развивается процесс химической переработки нефти и природного газа в альтернативные жидкие виды топлива и получения на его основе экологически чистых моторных топлив. Высокие затраты энергии и сырья для существующих технологий на гетерогенных катализаторах требуют поиска новых способов реализации отмеченных процессов.

Несмотря на многочисленные исследования процессов карбонатного и парокрбонатного превращения метана, не было создано катализатора, обладающего высокой производительностью и селективностью, высокой стабильностью, стабильным, прочным, дешевым и активным, снижающим коксование. При этом оптимизация рабочих параметров каталитической установки по максимальному выходу продукции, моделирование технологических параметров процессов, создание энергоэффективных и

ресурсоэффективных, безотходных технологий и внедрение их в промышленность по-прежнему остаются актуальными.

Несмотря на то, что было проведено много исследований по процессам метанкарбонатной и парокрбонатной конверсии, катализатор с высокой производительностью и селективностью, высокой стабильностью, стабильностью, надежностью, дешевизной и активностью, снижающий коксование, не создан. При этом по-прежнему актуальны оптимизация рабочих параметров каталитического устройства по максимальной производительности продуктов, моделирование технологических параметров процессов, создание энерго- и ресурсоэффективных, безотходных технологий и познакомить их с отраслью.

Связь исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполняется диссертация. Диссертационное исследование «технологии использования отечественного сырья в производстве высокомолекулярных соединений и неорганических веществ и их исследование» (2017-2021. в соответствии с планом научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета им. Ш.Рашидова в рамках проекта №от-А12-46 “Создание, исследование и оптимизация процесса реакции оксиконденсации метана на основе местного сырья” (2017-2018 гг.), а также в рамках проекта с АО «Шуртанского газ-химического комплекса» (2017-2018 гг.) выполнено в рамках практического проекта «создание катализаторов синтеза метанола и диметилэфира из метана и газа ИС на основе отечественного сырья» на основании договора №866/030 от 18 апреля 2015 года №66.

Целью исследования является повышение эффективности процессов карбонатного и парнокрбонатного превращения метана и разработка энергоэффективной и ресурсосберегающей технологии производства синтез-газа.

Задачи исследования:

разработка оптимального состава и технологии катализатора, характеризующегося высокой активностью, термической стабильностью, производительностью, селективностью и снижением коксования, а также определение влияния состава катализатора на производственные показатели процессов карбонатного и парокрбонатного превращения метана;

определение оптимальных технологических параметров процесса создания каталитического мембранного реактора для процессов карбонатного и парокрбонатного превращения метана, а также для осуществления процессов карбонатного и парокрбонатного превращения метана;

предложить механизмы протекания реакции на основе изучения кинетических закономерностей процессов с участием созданного катализатора;

мембранные реакторы определение возможностей применения экстракторных, распределительных и контакторных мембранных реакторов в процессах карбонатного и парокрбонатного превращения метана;

испытания процессов карбонатного и парокарбонатного превращения метана и катализатора в полупромышленной установке и разработка энергоэффективной малоотходной технологии процессов.

Объектами исследования были взяты природный газ, воздух, бентонит, дым, газ и водород.

Предметом исследования являются процессы карбонатного и парокарбонатного превращения метана.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы физико-химического, газовой хроматографии, сканирующей электронной микроскопии, ИК-спектроскопии, рентгенопространственного анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

для процессов карбонатного и парокарбонатного превращения метана в мембранном реакторе был создан катализатор с новым составом $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x(\text{Co}_2\text{O}_3)_y(\text{ZrO}_2)_z(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$, характеризующийся снижением коксования, с высокой производительностью и селективностью;

определены кинетические закономерности протекания реакции (скорость изменения исходных веществ, кинетическая модель реакции, влияние различных факторов на скорость превращения и выбор оптимального режима процесса), зафиксированные в условиях дифференциального реактора (др), определены оптимальные условия протекания процесса и определен механизм протекания процесса;

на основе оптимизации рабочих параметров мембранного реактора (МР) созданы физико-химические основы оснащения эффективными технологиями и устройствами процессов карбонатного и парокарбонатного преобразования метана;

на основе изучения механизмов протекания реакций карбонатного и парокарбонатного превращения метана были отобраны кинетические уравнения, представляющие процессы, и доказано, что эффективнее всего проводить процесс в мембранном устройстве;

изучены технологические параметры процессов получения синтеза-газа путем карбонатного и парокарбонатного превращения метана, а также проведено испытание этого процесса и катализатора на полупромышленной установке АО «Мубарекский газоперерабатывающий завод», на основе полученных результатов разработана технологическая схема получения синтеза-газа из метана.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

оптимальные условия протекания реакции выбираются по выходу продукта;

в мембранном реакторе разработаны условия, позволяющие повысить выход синтез-газа, полученного путем карбонатного и парокарбонатного превращения метана, состав катализатора с высокой селективностью действия и высокой работоспособностью;

в результате исследований разработаны физико-химические основы оснащения высокоэффективными технологиями и устройствами для

осуществления процессов карбонатного и парокарбонатного превращения метана, а также математическая модель мембранного реактора;

научно обоснован отмеченный процесс с участием выбранного оптимального катализатора, математически смоделирован мембранный реактор проведения реакции и разработана энергоэффективная, ресурсоэффективная, малоотходная технология процессов.

Достоверность результатов исследований объясняется современностью оборудования, применяемого в рентгенофазных, кинетических, газохроматографических методах исследования при анализе созданных катализаторов и полученных продуктов, с применением стандартизированных методик в экспериментальных исследованиях, а также взаимной совместимостью теоретических и экспериментальных результатов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что определена Кинетика вышеуказанного процесса, предложены механизмы протекания реакции и усовершенствованные технологические схемы процесса, на основе созданного катализатора выбран оптимальный тип реактора для процесса, разработана ресурсосберегающая технология их производства и применения.

Практическая значимость исследования заключается в оптимизации рабочих параметров мембранного устройства в плотном слое катализатора, экспериментальном обосновании физико-химической модели массопереноса, создании математической модели, позволяющей рассчитать производительность, конверсию и селективность протекания процессов в различных условиях, а также в моделировании и разработке малоотходной технологии производственного реактора.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по получению синтеза-газа путем карбонатного и парокарбонатного превращения метана и разработка его технологии;

процесс получения метанола парокарбонатным превращением метана внедрен в практику в АО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» (справка №928/ГК-10 АО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» от 14 октября 2022 г.). В результате этого, была разработана усовершенствованная технология получения метанола парокарбонатным превращением метана;

технология разработки катализаторов нового состава с высокой каталитической активностью для процесса получения метанола методом парокарбонатного превращения метана внедрена в практику АО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» (справка №928/ГК-10 АО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» от 14 октября 2022 г.). В результате позволил использовать $(Ni_2O_3)_x \cdot (Co_2O_3)_y \cdot (ZrO_2)_z \cdot (MoO_3)_k / SiO_2$ в качестве импортозамещающего нативного катализатора.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 15 научно-практических конференциях, в том числе 5 международных и 10 республиканских.

Опубликованность результатов исследования. Всего опубликовано 20 научных работ по теме диссертации. Основные научные результаты докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан опубликованы в 5 научных изданиях, в том числе 2 республиканских и 3 зарубежных.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составил 115 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость проведенного исследования, описываются цели и задачи исследования, объекты и предметы, указывается соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники Республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научно-практическая значимость полученных результатов, делаются выводы о перспективах внедрения результатов исследования в практику, публикуются работы и приводятся данные по структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной "Карбонатное и парокарбонатное превращение метана: современное состояние и перспективы изучения современного состояния областей применения", подробно освещены результаты исследований по данной теме, Анализ зарубежной и отечественной литературы. Обобщены данные и сделаны научно-аналитические выводы, а также на основе информации, содержащейся в научной литературе, определены цель, задачи, актуальность и значимость диссертационной работы.

Во второй главе диссертации, озаглавленной "Методика, объект и методы получения синтеза-газа карбонатным и парокарбонатным превращением метана" освещает экспериментальную установку исследования кинетических закономерностей реакции каталитического получения метана высокомолекулярных углеводородов, методику проведения эксперимента и анализа продуктов реакции. Продукт и состав продуктов реакции определяют методом газожидкостной хроматографии. Даны исследования по синтезу катализаторов. Характеристики катализатора изучены физико-химические и текстурные характеристики.

Проверка характеристик катализатора. Фаза с высокой каталитической активностью $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x^*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y^*(\text{ZrO}_2)_z^*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ образуется сразу после их накаливания в инертной атмосфере. Это подтверждается данными Xrd, полученными при анализе порошка $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x^*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y^*(\text{ZrO}_2)_z^*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$, прокаленного при 800°C в среде сверхчистого азота (рис.1).

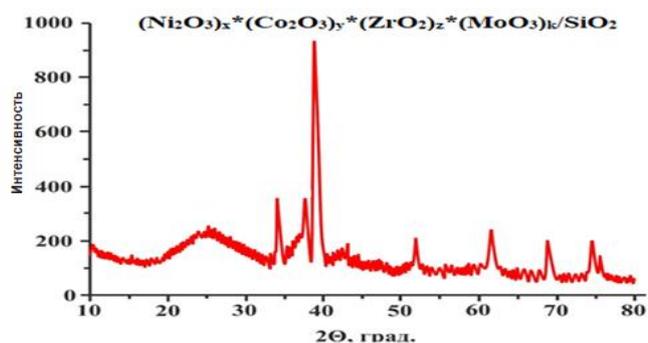
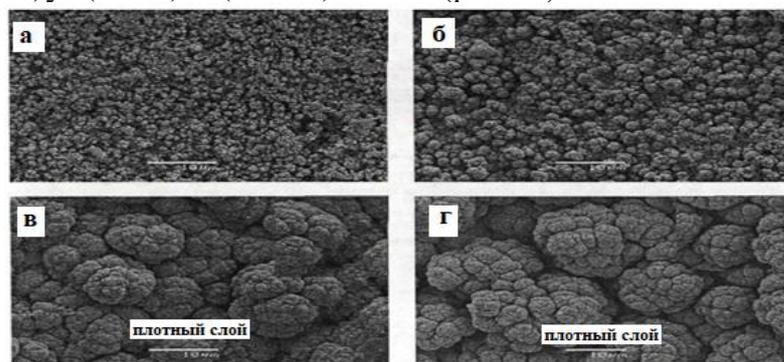


Рисунок 1. Порошковая рентгенограмма катализатора $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$, полученного накаливанием в инертной атмосфере при 800°C .

В схеме рентгеновской дифракции образцов мембранных (оболочечных, сетчатых) катализаторов фаза $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ становится неузнаваемой из-за очень малой толщины отложенных слоев (несколько десятков микрон). $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ катализатор. Образец был получен путем нанесения $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ на исходный продукт силикагеля, который затем накаливали в потоке азота при 800°C . Экспериментальными исследованиями подтверждено, что каталитический слой этой мембраны (оболочки, сетки) состоит в основном из $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ (рис. 2).



при температурах а- 200°C , б- 250°C , в- 300°C , г- 350°C

Рисунок 2. Электронные фотографии поперечного сечения мембраны из композиционного материала (оболочка, сетка) на основе $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y*(\text{ZrO}_2)_z*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$, нагретой в инертной атмосфере.

Общая удельная поверхность мембранного (оболочечного, сетчатого) катализатора перед испытанием в мембранном (оболочечном, сетчатом) реакторе почти в пять раз выше, чем у исходного продукта.

В третьей главе диссертации под названием “Результаты анализа парокarbonатного превращения метана и их обсуждение” исследованы кинетические закономерности процессов и разработаны кинетические модели.

$10\%\text{Ni}_2\text{O}_3*10\%\text{Co}_2\text{O}_3*4\%\text{ZrO}_2*7\%\text{MoO}_3/\text{SiO}_2$ сравнительные данные по превращению (риформингу) метана в диоксид углерода и пар в диоксид углерода на катализаторе приведены в таблице 1. При углекислотном превращении (риформинге) метана полное превращение углекислого газа и метана происходит при 750°C , при этом состав смеси газообразного ИС с

водородом становится $H_2/CO=1,07$. При превращении метана в диоксид углерода (риформинге) скорость превращения смеси диоксида углерода с метаном $\sim 100\%$ достигается при температуре значительно ниже $750^\circ C$, при которой смесь газообразного ИС с водородом образуется с гораздо более высоким соотношением $H_2/CO=1,43$.

Оптимизированные молярные соотношения, полученные для процесса преобразования метана в пар и углекислый газ, и соответствующие величины для моей смеси газообразного водорода с водородом приведены в таблице 1.

Таблица 1

Молярное соотношение $CH_4:CO_2:H_2O$, оптимизированное для преобразования метана в пар и углекислый газ (риформинг), и соответствующие величины смеси газообразного ИС с водородом

T, °C	P, атм	$CH_4:CO_2:H_2O$	CO_2 , %	CH_4 , %	$H_2:CO$	ΔH , ккал:моль
750	1	1:0,3:0,8	1,8	1,6	2,2	52,8
	5	1:0,4:1,0	6,2	5,9	2,2	44,2
	10	1:0,5:1,1	9,6	9,7	2,2	37,9
800	1	1:0,27:0,8	0,5	0,6	2,2	54,9
	5	1:0,32:0,9	2,3	2,3	2,2	51,4
	10	1:0,36:1,0	3,9	3,9	2,2	47,9
850	1	1:0,26:0,8	0,3	0,3	2,2	55,6
	5	1:0,28:0,8	0,8	0,8	2,2	54,2
	10	1:0,30:0,9	1,6	1,7	2,2	52,5

Образование синтеза-газа в мембранном реакторе-контакторе, предназначенном для превращения метана в пар-углекислый газ. На рис.3 показана зависимость концентрации метана при температуре $850^\circ C$ в реакторе-контакторе, предназначенном для пароуглекислого превращения, от времени взаимодействия исходного (вступающего в реакцию) вещества с активным центром катализатора. Характер связей в реакторе-контакторе, предназначенном для пароуглекислого преобразования метана, и в реакторе, предназначенном для пароуглекислого преобразования обычного метана, одинаков. Однако в мембранном реакторе, предназначенном для пароуглекислого превращения метана, скорость преобразования исходных материалов значительно выше, чем в обычном.

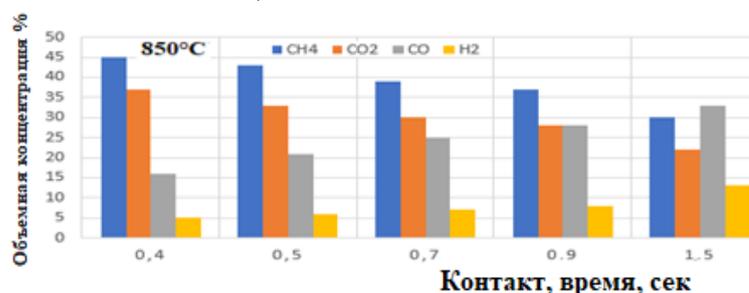


Рисунок 3. Зависимость концентрации от времени реакции между исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора при температуре $850^\circ C$ в реакторе-контакторе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии мембранно-каталитического метана

На представленной гистограмме исходные вещества и реакция продуктов, то есть показывает, что концентрация газообразного ИС и водорода зависит от времени взаимодействия между исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора. Исходные материалы расходуются с разной скоростью, концентрация метана падает быстрее, чем концентрация углекислого газа, с увеличением времени взаимодействия между исходным (вступающим в реакцию) веществом и активным центром катализатора. В реакционной смеси реакция продукты то есть накопление газообразного ила и водорода также происходит с разной скоростью - окись углерода накапливается быстрее, чем водород.

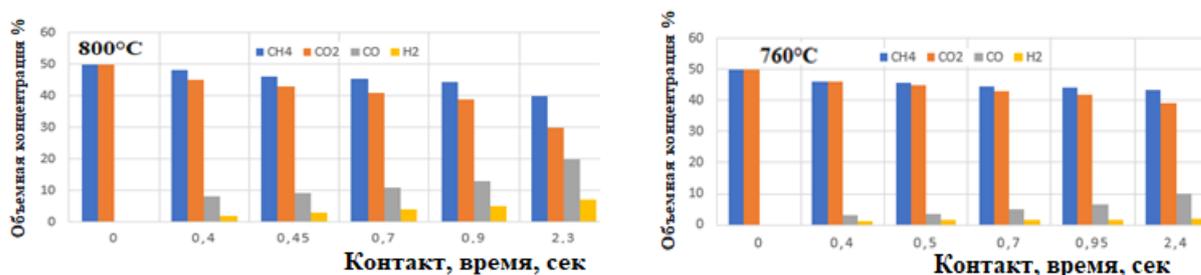


Рисунок 4. Изменение концентрации продуктов реакции, т.е. углекислого газа и водорода, в зависимости от времени контакта исходного (реагирующего) вещества с активным центром катализатора при температурах 800°C и 760°C в контакторе исходного реагирующее вещество

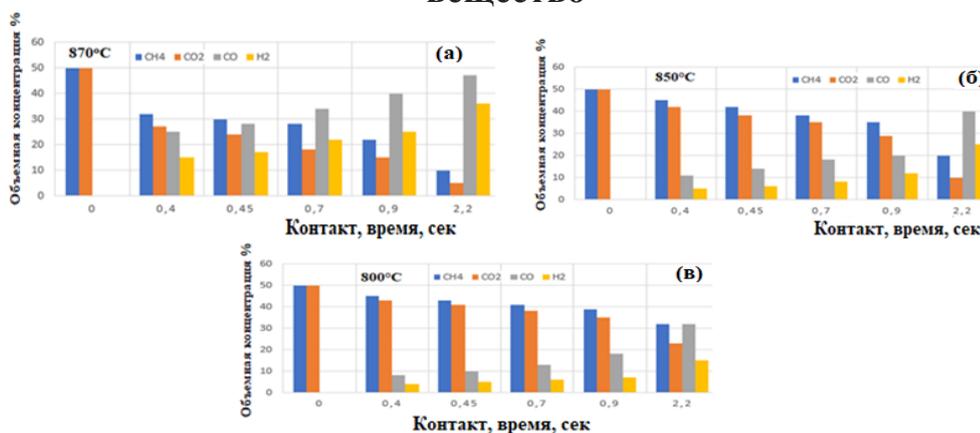


Рисунок 5. Изменение концентрации сырья и продуктов углекислотной конверсии (риформинга) метана, то есть углекислого газа и водорода, в активированном катализаторе в мембранном реакторе-контакторе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии метана: а-870°C; б-850°C; в-800°C.

На рис. 4 показано изменение концентрации исходных материалов и продуктов - диоксида углерода и водорода - при углекислотной конверсии (риформинге) метана в контакторном реакторе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии метана с активным мембранным катализатором при температурах 800°C и 760°C. При снижении температуры процесса пароуглекислотной конверсии (риформинга) метана исходные

материалы поглощаются на низком уровне. Снижается и уровень накопления продуктов, т.е. углекислого газа и водорода.

Мембранный катализатор. На рис. 5 представлена зависимость состава реакционной смеси от мембранного катализатора в мембранном реакторе-контакторе, предназначенном для конверсии метана в диоксид углерода.

Из гистограмм видно, что углекислотная конверсия (риформинг) метана в контакторном реакторе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии метана, протекает по законам, наблюдаемым в мембранном активном катализаторе.

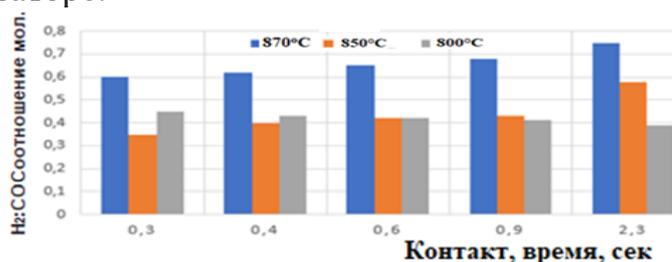


Рисунок 6. Зависимость мольного соотношения H₂:CO от времени реакции между исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора в реакторе-контакторе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии метана при различных температурах углекислотной конверсии (риформинг) в мембранном катализаторе

Это также подтверждается данными, представленными на рисунке 6. Сравнивая эти результаты с данными мембранного катализатора (рис. 4), видно, что молярное соотношение при той же температуре и времени реакции между исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора выше. Можно предположить, что при работе мембранного реактора, предназначенного для пароуглекислотной конверсии метана в контакторном режиме, в активированном мембранном катализаторе протекают побочные реакции, которые не позволяют продуктам - углекислому газу и водороду достигать стехиометрического соотношения в этих экспериментальных условиях.

Конверсия метана в мембранном реакторе-распределителе, предназначенном для конверсии диоксида углерода.

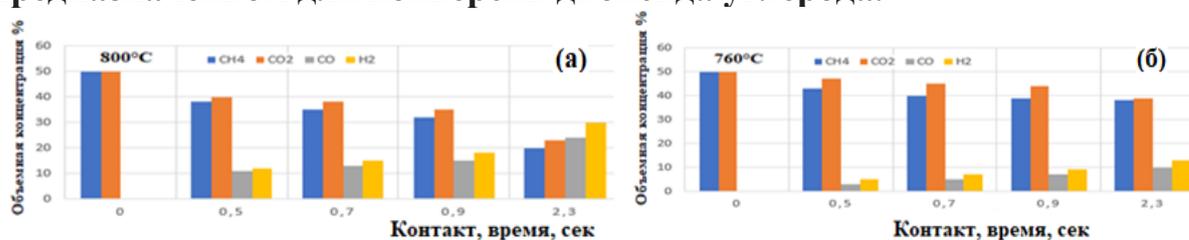


Рисунок 7. Изменение концентрации сырья и продуктов конверсии (риформинга) метана в диоксид углерода, т.е. диоксид углерода и водород, в активном катализаторе в мембранном реакторе-распределителе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии метана (а-800°C, б-760°C).

Снижение температуры превращение метана в углекислый газ до 800°C и 760°C (рис. 7) сопровождается схожестью зависимости от изменения концентрации метана и углекислого газа, а также от изменения в концентрации водорода и углекислого газа, что вероятно, является побочной реакцией на снижение скорости основной реакции из-за более быстрого снижения скорости.

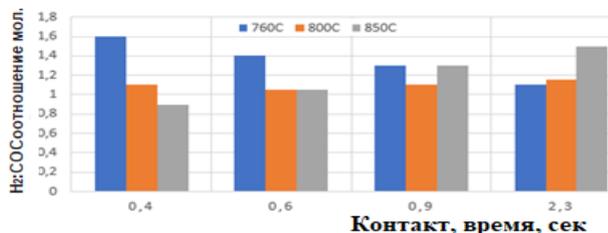


Рисунок 8. Зависимость мольного соотношения H₂:CO от времени реакции в реакторе, предназначенном для конверсии метана в диоксид углерода.

Из данных, представленных на рисунке 10 видно, что изменение молярного соотношения диоксида углерода и водорода при температурах 800°C и 850°C и времени контакта исходных материалов с активным центром катализатора составляет менее 1 секунды, и это отношение находится в диапазоне 0,9-1,1(кроме точки T=850°C и t_{конт}=0,88с). В основном в исследуемой температуре и времени реакции между исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора единицы отношения водорода к парниковому газу в смеси водорода и парникового газа в реакторе, рассчитанном на пар - конверсия диоксида углерода распределительного метана в мембранном катализаторе больше.

На рис. 9 показан состав реакционной смеси в зависимости от времени контакта с мембранным катализатором при температуре 850°C.

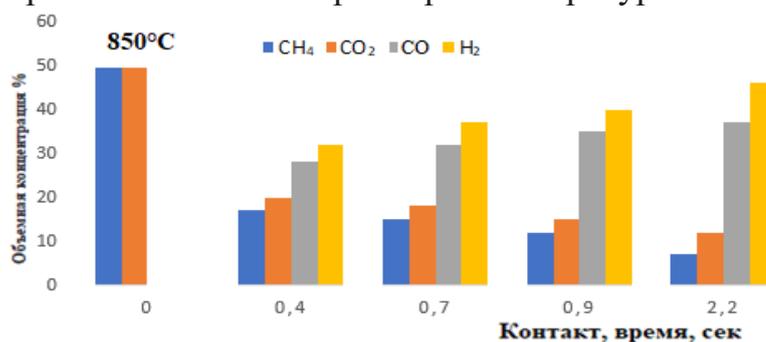


Рисунок 9. Изменение концентрации прекурсоров метана и конверсии диоксида углерода (риформинга) в мембранном катализаторе, активированном в реакторе-распределителе метана при температуре 850°C.

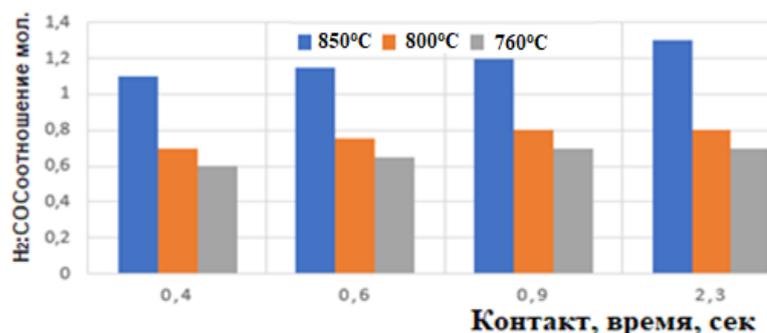


Рисунок 10. Зависимость конверсии диоксида углерода (риформинга) от мольного соотношения $H_2:CO$ при различных температурах реакции от времени реакции мембранного катализатора с исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора в реакторе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии распределитель метана

Если проанализировать график изменения мольного отношения продуктов конверсии метана к углекислому газу, т.е. углекислого газа и водорода, в катализаторе в распределительном реакторе пароуглекислотной конверсии метана, показанном на рисунке 10, то фиксируются только значения при температуре $850^\circ C$ оказалось больше.

Влияние мембранных реакторов пароуглекислотной конверсии метана на выход продукта.

В реакторе, предназначенном для пароуглекислотной конверсии мембранного метана, одновременно протекают и химический процесс, и мембранный процесс. В последние годы было предложено множество методов использования мембран в сочетании с химическими реакциями для ускорения процесса в целом.

Мембранный реактор типа «экстрактор», предназначенный для конверсии пара в углекислый газ. Наиболее распространенным типом работы мембранного реактора для паровой конверсии метана в диоксид углерода является экстрактор. В одном из реакторов, предназначенных для пароуглекислотной конверсии метана, через мембрану может проходить только один из продуктов, т.е. углекислый газ и водород, и происходит селективное разделение, а в других происходит захват катализатора, т. е. мембрана содержит, помимо катализатора, исходное (реагирующее) вещество и образующуюся реакционно-проницаемую для всех компонентов смесь веществ.

Выборочный выпуск продукта. Из смеси исходного (реагирующего) вещества и вещества, образовавшегося в результате реакции, избирательно удаляется один из образующихся в химической реакции компонентов. Если один из продуктов, т. е. углекислый газ и водород, выступает в роли ингибитора, его удаление может значительно повысить производительность реактора метан-пар-диоксид углерода. Также мембранный реактор, предназначенный для пароуглекислотной конверсии этого вида метана, позволяет увеличить концентрацию исходных веществ.

Мембранные катализаторы типа «распределитель». Ко второму типу мембранных реакторов, предназначенных для пароуглекислотной конверсии метана, относятся реакторы, предназначенные для пароуглекислотной конверсии метана, работающие по распределительному принципу. К смеси исходного (реагирующего) вещества и продуктов реакции через мембрану определенным образом добавляют одно из исходных (реагирующих) веществ. Мембраны, используемые в данном типе мембранных реакторов пароуглекислотной конверсии метана, могут выполнять различные задачи. С одной стороны, мембранный реактор, предназначенный для пароуглекислотной конверсии, равномерно распределяет скорость реакции исходного (прореагировавшего) вещества по его длине, исключая при этом локальные перегревы и побочные реакции. Во-вторых, мембрана может служить разделительной завесой, через которую направляется один из компонентов смеси. Обе задачи можно совместить в одном устройстве.

Мембранный реактор типа «Контактор» предназначен для пароуглекислотной конверсии метана. Представляет интерес использование данного типа реакторов пароуглекислотной конверсии в качестве контактора с принудительным протоком через мембрану, т.е. в качестве мембранного реактора и межфазного контактора пароуглекислотной конверсии проточного каталитического метана.

Реакторы, предназначенные для пароуглекислотной конверсии метана с проточной каталитической мембраной. В мембранном реакторе этого типа, предназначенном для конверсии метана под действием паров воды и углекислого газа в присутствии катализаторов, исходно смешанные (реагирующие) материалы пропускаются через уникальную пористую каталитическую мембрану. Задача реактора, предназначенного для конверсии метана под действием паров воды и углекислого газа в присутствии катализаторов, состоит в том, чтобы обеспечить реакционному пространству короткое контролируемое время выдержки и высокую каталитическую активность. Целью использования реакторов, предназначенных для конверсии метана с проточной каталитической мембраной под действием паров воды и углекислого газа в присутствии катализаторов, является достижение полной конверсии за минимальное время и наименьший реакционный объем, либо за счет узкого распределение времени реакции между исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора этой реакции заключается в достижении наибольшей специфичности.

Реакторы предназначены для конверсии метана под действием паров воды и углекислого газа в присутствии катализаторов с уникальной встроенной проточной каталитической мембраной. Применение данного типа мембранных реакторов, предназначенных для конверсии метана под действием паров воды и углекислого газа в присутствии катализаторов, аналогично предыдущему и требует высокой специфичности реакции, поэтому к мембране предъявляются

дополнительные требования. При этом помимо высокой каталитической активности мембрана должна обеспечивать узкое распределение времен контакта между исходным (реагирующим) веществом и активным центром катализатора, что ограничивает прохождение побочных реакций. То есть мембрана должна иметь упорядоченную пористую микроструктуру. Мембранный реактор этого типа, предназначенный для конверсии метана под действием паров воды и углекислого газа в присутствии катализаторов, используется в газофазных реакциях. Приведены результаты сравнения мембранно-каталитических реакторов, предназначенных для конверсии метана под действием паров воды и диоксида углерода в присутствии катализаторов, с реактором, предназначенным для конверсии обычного метана под действием паров воды и диоксида углерода в присутствии катализаторов при 900°C представлены на рисунке 11.

Как видно из рисунка 11, во всех описанных реакторах, предназначенных для пароуглекислотной конверсии метана, конверсии (риформинга) исходных соединений (метана и углекислоты) и продуктов, т. е. мольное соотношение углекислоты и водорода, имеют разные значения при одних и тех же условиях. Наибольшие значения конверсии наблюдаются в контакторе и распределителе, наименьшие - в реакторах, предназначенных для обычной каталитической конверсии метана в углекислоту и пароуглекислоту. Эти размеры отличаются в несколько раз.

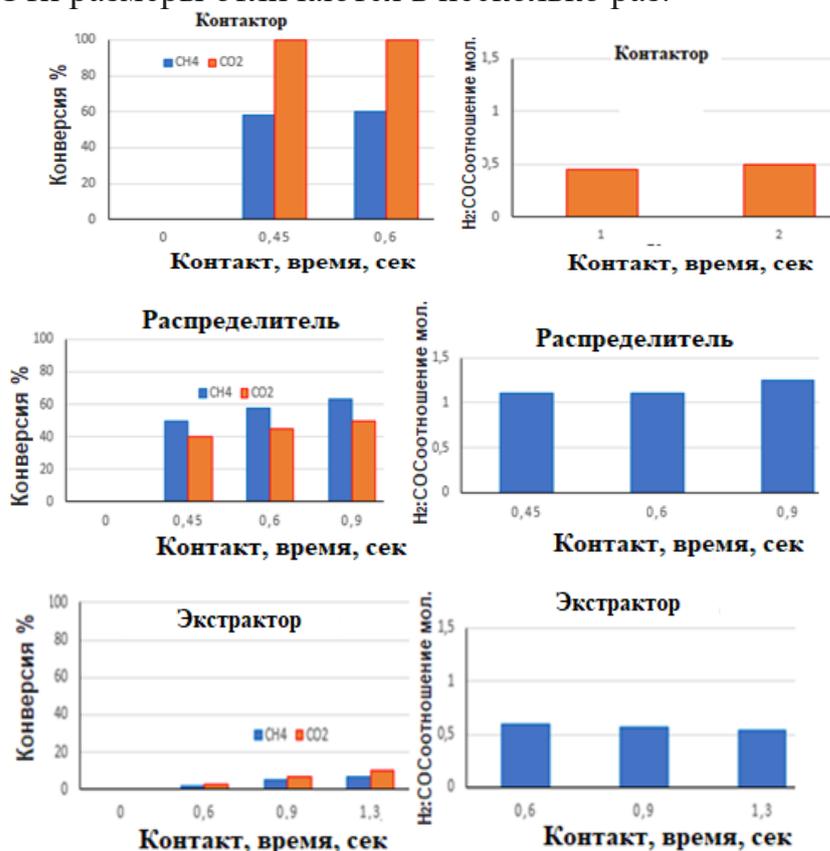


Рисунок 11. Результаты сравнения мембранно-каталитических реакторов пароуглекислотной конверсии метана с традиционным реактором пароуглекислотной конверсии метана при 900°C

Перед синтезом метан сжимают с 1 до 2-3МПа и смешивают с необходимым количеством паров воды и углекислого газа.

Смесь нагревают до 400°С в частично охлаждаемом теплообменнике конвертируемого газа и подают в реактор-смеситель 6, предназначенный для каталитической конверсии метана в присутствии паров воды и углекислого газа и под действием катализаторов, где предварительно приготовленная смесь O_2 поступает с равным объемом водяного пара. Конденсат охлаждают в реакторе, предназначенном для каталитической конверсии метана в присутствии паров воды и углекислого газа и под действием катализаторов; в котором образуется пар с давлением 2—3МПа. Теплота горячего конвертированного газа, выходящего из реактора каталитической конверсии метана в присутствии паров воды и углекислого газа и под действием катализаторов при 800—900°С, используется для получения пара высокого давления в котле-утилизаторе, который затем направляется в паропровод при соответствующем давлении или используется для привода. Тепло частично охлажденного газа используется для нагрева смеси в теплообменнике 2 и теплообменнике 3 или для нагрева водяного конденсата в котле-утилизаторе. Окончательное охлаждение осуществляется водой, циркулирующей через охладитель 8 в емкости 7, предназначенной для очистки от примесей.

При этом газ на выходе содержит смесь газов следующего состава:

CO	—	20 – 55%
H ₂	—	45-80%
CO ₂	—	12-15%
CH ₄	—	0,65%
N ₂ и Ar	—	0,8-1,5%

Углекислый газ удаляют абсорбцией под давлением, хемосорбцией с моноэтаноламином или водным раствором карбоната калия. В верхний слой поступает газопоглотитель (сорбент) 9, где поглощается углекислый газ и очищенный газ направляется потребителю. Насыщенный абсорбент (сорбент) нагревается с горячим регенерируемым раствором в теплообменнике 10 и направляется в десорбтер 11, со дна которого абсорбент (сорбент) 10 снова направляется в абсорбент (сорбент) 9 для поглощения углекислого газа. Вверху 11 углекислый газ сжимается до соответствующего давления и возвращается на конверсию, смешиваясь с природным газом и паром перед 2.

На рис. 12 представлена технологическая схема пароуглекислотной конверсии (риформинга) смеси метана с водяным паром и углекислым газом для получения водорода в присутствии катализаторов и обобщенного пароуглекислотного риформинга для получения синтез-газ, то есть смесь водорода и углекислого газа.

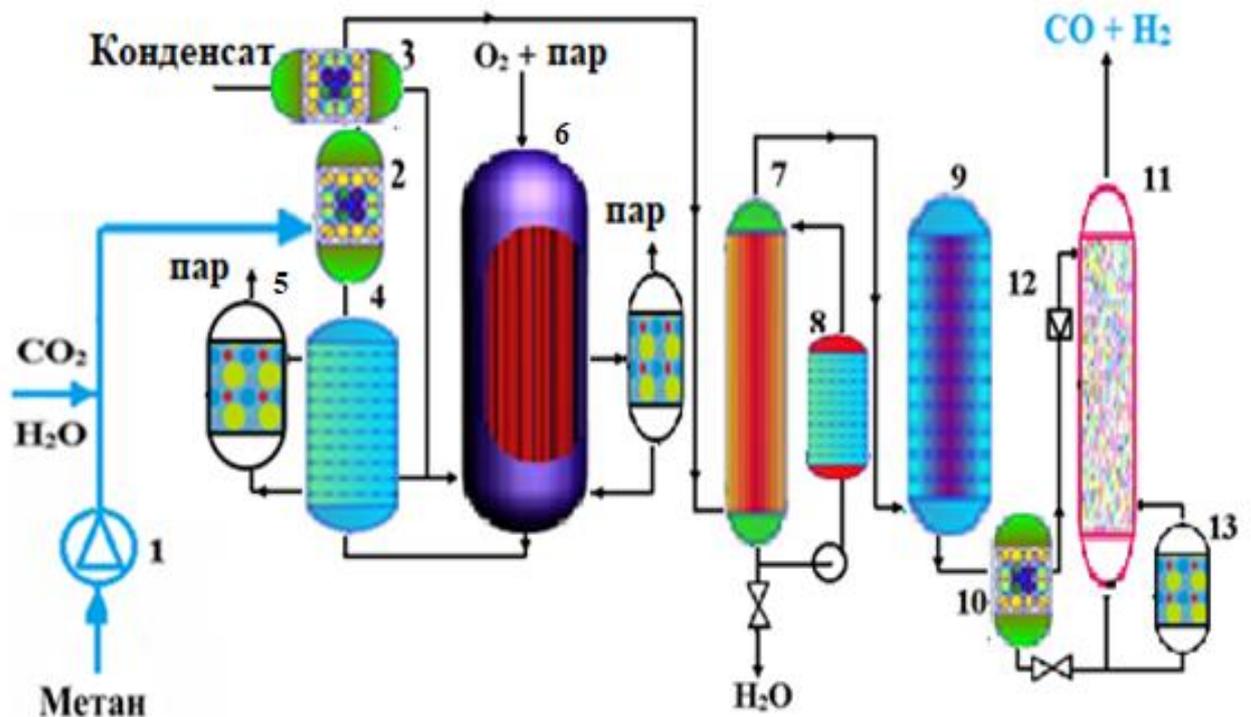


Рисунок 12. Технологическая схема пароуглекислотной конверсии метана

1-турбокомпрессор; 2,3,10-теплообменники; 4-котел-утилизатор; 5-паровой коллектор; 6-Реактор, предназначенный для каталитической конверсии метана в присутствии паров воды и углекислого газа и под действием катализаторов; 7-мотороллер; 8-холодильник; 9-амортизатор; 11-десорбер; 12- дроссельная заслонка; 13-отопительный котел.

Синтез-газ, т.е. расход смеси водорода и газа на 1 м^3 :

Расход 1 м^3 синтез-газа, т.е. смеси водорода и газов:

Природный газ — $0,35 - 0,40 \text{ м}^3$,

технического O_2 и в зависимости от применения — $0,2 \text{ м}^3$,

давление и дополнительный углекислый газ $\approx 0,2 - 0,8 \text{ кг}$ водяного пара

ВЫВОДЫ

1. $10\%(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x * 10\%(\text{Co}_2\text{O}_3)_y * 4\%(\text{ZrO}_2)_z * 7\%(\text{MoO}_3)$ который обладает высокой каталитической активностью, термической стабильностью, производительностью, селективностью и характеризуется снижением степени закоксовывания. Оптимальный. Разработан состав катализатора K/SiO_2 и технология его производства, а также влияние состава катализатора на параметры получения продуктов синтез-газа процессов карбонатной конверсии метана в присутствии углекислого газа и парокарбонатной конверсии. с помощью водяного пара изучался

2. Кинетические закономерности процесса, зафиксированные в условиях дифференциального реактора (скорость изменения исходных веществ, кинетическая модель процесса, влияние различных факторов на скорость конверсии и выбор оптимального режима процесса) изучены и определены оптимальные условия процесса ($\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}:\text{CO}_2=1:1:0,4$; $R=0,1\text{МПа}$; $V_0=1000^{\text{сoат}-1}$; $T=900^\circ\text{C}$ и $t_{\text{конт}}=0,88\text{с}$) и механизм процесса было предложено

3. Определены оптимальные технологические параметры мембранного реактора, предназначенного для каталитической конверсии метана, для процессов получения синтез-газа с использованием карбонатной конверсии метана в присутствии углекислого газа и парокарбонатной конверсии с использованием водяного пара.

4. Мембранные реакторы, предназначенные для конверсии метана в карбонаты и пары воды под воздействием оксида углерода (IV) и парокарбоната в присутствии оксидов углерода (IV), мембранные реакторы-экстракторы, распределители и контакторы обладают возможностями применения синтез-газа. были изучены процессы экстракции и доказано, что проведение процесса в мембранном аппарате эффективно.

5. На основе оптимизации рабочих параметров мембранного реактора разработана карбонизированная конверсия метана под воздействием оксида углерода(IV) и паров воды и парокарбонатная конверсия в присутствии оксида углерода(IV). Физико-химические основы создано оснащение эффективной технологией и устройствами конверсионных процессов извлечения синтез-газа.

6. Карбонатная конверсия метана в присутствии углекислого газа и получение синтез-газа с помощью водяного пара с помощью карбонатной конверсии и катализатора были опробованы на полупромышленной установке и разработана энерго- и ресурсоэффективная малоотходная технология процессов. развитый.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01
FOR THE AWARD OF ACADEMIC DEGREES UNDER
TERMEZ STATE UNIVERSITY**

KARSHI ENGINEERING – ECONOMIC INSTITUTE

ORTIKOV NURBEK RUSTAMOVICH

**SELECTION AND TECHNOLOGY OF THE OPTIMAL
REACTOR TYPE OF METHANE STEAM-CARBONATE
CONVERSION PROCESS**

02.00.14 – Technology of organic substances and materials based on them

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR PHILOSOPHY (PhD) TECHNICAL
SCIENCES**

Termez-2024

The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of Republic of Uzbekistan under the number of B2023.2.PhD/T3595

The dissertation was completed at the Karshi engineering economic institute.

Abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) posted on the web page of the scientific council www.tersu.uz and on the information and educational portal «ZiyoNet» at www.ziyo.net.

Scientific supervisor: **Normurot Fayzullayev Ibodullayevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Tojjiyev Panji Jovliyevich**
Doctor of Technical Sciences, Docent
Akhmedov Vokhid Nizomovich
Doctor of Philosophy of Technical Sciences, Professor

Leading organization: **Institute of General and Inorganic Chemistry**

The defense of the dissertation will take place “__” _____ 2024. At “__” hours at a meeting of the Academic Council DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 at Termez State University at the address: 190111, Surkhandarya region, Termez, st. Barkamol avlod, 43. Tel: (+99876) 22174-55, fax: (+99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

The dissertation is registered at the Information Resource Center at Termez State University under No. __, which can be viewed at the IRC (190111, Surkhandarya region, Termez, Barkamol Avlod str., 43. Tel: (+99876) 22174-55, fax: (+99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz)

The abstract of the dissertation has been distributed on «_____» _____ 2024 year.

Protocol at the register № _____ dated «_____» _____ 2024 year.

I.Umbarov
Chairman of the Scientific Council for
Awarding of the scientific Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

Sh.Kasimov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific Degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

R.Alikulov
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for Awarding the scientific Degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)

The aim of the research is to increase the productivity of methane-carbonate and steam-carbonate conversion processes and to develop an energy- and resource-saving technology of synthesis gas production.

The object of research as natural gas, air, bentonite, carbon dioxide and hydrogen.

The scientific novelty of the research is as follows:

for the first time, a catalyst with $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x^*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y^*(\text{ZrO}_2)_z^*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ content was created for methane-carbonate and steam-carbonate conversion processes with a new composition, high productivity and selectivity, characterized by reduction of coking;

the kinetic laws of the reaction recorded in the conditions of the differential reactor (the rate of change of initial substances, the kinetic model of the reaction, the influence of various factors on the conversion rate and the selection of the optimal mode of the process) were studied, the optimal conditions of the process were determined, and the mechanism of the process was proposed;

on the basis of optimizing the working parameters of the membrane reactor, the physico-chemical basis of equipping with effective technology and devices for the processes of methane-carbonate and steam-carbonate conversion processes was created;

based on the study of the mechanisms of methane-carbonate and steam-carbonate conversion reactions, the kinetic equations representing the processes were selected, and it was proved that the process is effective in a membrane device;

the technological parameters of synthesis-gas production processes by conversion of methane to carbonate and steam-carbonate were studied, and this process and catalyst were tested in a semi-industrial device at Mubarak Gas Processing Plant JSC, and based on the obtained results, a technological scheme of ethylene production from methane was developed.

Implementation of research results. Based on the obtained scientific results on obtaining synthesis gas by carbonate and steam-carbonate conversion of methane and the development of its technology;

the process of obtaining methanol by steam-carbonate conversion of methane has been put into practice at Mubarek Gas Processing Plant JSC (certificate No. 928 / GK-10 of Mubarek Gas Processing Plant JSC dated October 14, 2022). As a result, an improved technology for obtaining methanol by steam-carbonate conversion of methane was developed;

the technology for developing catalysts of a new composition with high catalytic activity for the process of obtaining methanol by steam-carbonate conversion of methane has been put into practice at Mubarek Gas Processing Plant JSC (certificate No. 928 / GK-10 of Mubarek Gas Processing Plant JSC dated October 14, 2022). As a result, it was possible to use $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x^*(\text{Co}_2\text{O}_3)_y^*(\text{ZrO}_2)_z^*(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ as an import-substituting native catalyst.

The structure and scope of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 115 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I част; I part)

1. Ортиқов Н.Р., Куйбоқаров О.Э., Файзуллаев Н.И. Юқори молекуляр углеводород-ларнинг синтез-газдан олиниш усули // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, №6. 2021. 76-85б. (02.00.00, №12)

2. Куйбоқаров О.Э., Ортиқов Н.Р., Файзуллаев Н.И. Синтез-газдан юқори молекуляр углеводородлар олиш ва катализаторнинг физик-кимёвий характеристикалари // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, №6. 2021. 57-64б. (02.00.00, №12)

3. Ibodullayevich F.N., Farxodovich N.F., Rustamovich O.N., Sobirovich N.F., $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ mixture mechanism // *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, ISSN:2249-7137, Vol. 10, Issue 4, April 2020, Impact Factor: SJIF 2020 = 7.13 India-2020 725-730 pages. <https://www.saarj.com>.

4. Ортиқов Н.Р. Метод определения каталитической активности мембранных катализаторов в различных типах мембранных реакторов, предназначенных для пароуглекислого превращения метана // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2024. 4(121) 56-61. (02.00.00, №1)

5. Ортиқов Н.Р. Реакторы, предназначенные для преобразования метана под действием водяного пара и углекислого газа в присутствии катализаторов с уникальной интегрированной проточной каталитической мембраной // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2024. 4(121) 54-56. (02.00.00, №1)

II bo'lim (II част; II part)

1. Ortikov N., Fayzullaev N., Hamidov D., Buronov F. Study of methane carbonate conversion process in fixed catalyst layer in different membrane reactors // Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) International Scientific Siberian Transport Forum-TransSiberia, E3S Web of Conferences, -2023 402, 14013.

2. Ortikov N., Fayzullayev N., Musayev M., Saidmurodov Kh., Ruziyeva Z. // Dependence of the product yield in the conversion of methane to carbonate on the type of reactor intended for receiving synthesis gas by converting methane // INTERNATIONAL CONFERENCE: PTLICISPWS-2, Scopus & Web of Science indexed, *AIP Conf. Proc.*-2024., -p.3045.

3. Ortikov N., Fayzullayev N., Khidirova Y., Ruziyeva Z., Panjiyev O. Study of the kinetic laws of the conversion reaction of a mixture of water vapor, carbonate anhydrium and methane into synthesis gas // INTERNATIONAL CONFERENCE: PTLICISPWS-2, Scopus & Web of Science indexed, *AIP Conf. Proc.* -2024. -p. 3045.

4. Ortikov N.R. Physical and chemical characteristics of synthesis gas molecular hydrocarbons // *Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural*

and social sciences. Scientific Journal Impact Factor SJIF. Advanced Sciences Index Factor Vol. 2, Issue 5, May, 2022. стр 866-871.

5. Ortikov N.R. et. al. Physical-Chemical and Texture Characteristics of Coate-Fe-Ni-ZrO₂/ YuKS + Fe₃O₄ + d- FeOON. // Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry (TOJQI) . -2021. -V12, I3, -pp.408- 418.

6. Ortikov N.R. Metanni karbonat angidridga aylantirishda katalizatorning o'rni. "Kimyo va kimyoviy texnologiya sohasidagi innovatsion ishlanmalarni amalda joriy etish muammolari, echimlari va istiqbollari" mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani. -Qarmii "Kimyoviy Texnologiya" Kafedراس. 26-27.,0.4,2023-Yil, 80-84 bet.

7. Ortikov N.R. CH₄/CO₂ nisbatiga (Ni₂O₃)_X*(CO₂O₃)_Y*(Fe₂O₃)_K*Me:Al₂O₃ katalizatorining ta'sirini o'rganish. "Kimyo va kimyoviy texnologiya sohasidagi innovatsion ishlanmalarni amalda joriy etish muammolari, echimlari va istiqbollari" mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani. - 275-278 bet.

8. Ortikov N.R. Suv bug'lari, gazlar aralashmasining sintez gazga konversiyalash reaksiyasining kinetik qonuniyatini o'rganish. "Kimyo va kimyoviy texnologiya sohasidagi innovatsion ishlanmalarni amalda joriy etish muammolari, echimlari va istiqbollari" mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani. - 245-249 bet.

9. Ortikov N.R. "Distribyutor" tipidagi membrana reaktorida propanning karbonat angidrid konversiyasiga aylanishi. "Neft va gaz sohasida kadrlar tayyorlash sifatini oshirishda ta'lim va ishlab chiqarish klasterining ahamiyati" ilmiy-amaliy konferensiya. - 606-610bet.

10. Ortikov N.R. Metanning karbonat angidrid konversiyasini kinetik modellashtirish. "Neft va gaz sohasida kadrlar tayyorlash sifatini oshirishda ta'lim va ishlab chiqarish klasterining ahamiyati" ilmiy-amaliy konferensiya. 612-615 bet.

11. Ортиқов Н.Р. Мембранали катализаторларда метаннинг карбонатли конверсияланиши. "Neft va gaz sohasida kadrlar tayyorlash sifatini oshirishda ta'lim va ishlab chiqarish klasterining ahamiyati" ilmiy-amaliy konferensiya. 610-612 bet.

12. Ortiqov N. R., Metanni membrana reaktor-distribyutorida karbonat angidridli konversiyalash usuli. //“Iqlimning global o'zgarishi sharoitida oziq-ovqat xavfsizligi muammolari va ilmiy-amaliy yechimlari” Respublika miqyosdagi ilmiy-amaliy anjumani Maqolalar va tezislar to'plami. (1-qism) Qarshi "Intellekt" nashriyoti - 2024 - yil 4-5 aprel. 435-438 bet.

13. Ortiqov N. R., Metanning bug'-karbonat angidridli konversiyalash uchun mo'ljallangan membranali reaktor-larning is gazi va vodorod unumiga ta'siri. //“Iqlimning global o'zgarishi sharoitida oziq-ovqat xavfsizligi muammolari va ilmiy-amaliy yechimlari” Respublika miqyosdagi ilmiy-amaliy anjumani Maqolalar va tezislar to'plami. (2-qism) Qarshi "Intellekt" nashriyoti - 2024 - yil 4-5 aprel. 581-585 bet.

14. Ortiqov N. R., Uglerod monooksidi (is gazi) asosidagi sintez reaksiyalar. //“Iqlimning global o'zgarishi sharoitida oziq-ovqat xavfsizligi muammolari va

ilmiy-amaliy yechimlari” Respublika miqyosdagi ilmiy-amaliy anjumani Maqolalar va tezislar to‘plami. (2-qism) Qarshi “Intellekt” nashriyoti - 2024 - yil 4-5 aprel. 585-589 bet.

15. Ortiqov N. R., Yangi olingan $(\text{Ni}_2\text{O}_3)_x(\text{Co}_2\text{O}_3)_y(\text{ZrO}_2)_z(\text{MoO}_3)_k/\text{SiO}_2$ ushbu tarkibli katalizator xom-ashyosini tozalash tartibi. //“Iqlimning global o‘zgarishi sharoitida oziq-ovqat xavfsizligi muammolari va ilmiy-amaliy yechimlari” Respublika miqyosdagi ilmiy-amaliy anjumani Maqolalar va tezislar to‘plami. (2-qism) Qarshi “Intellekt” nashriyoti - 2024 - yil 4-5 aprel. 589-593 bet.

Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz (rezyume) tillaridagi nusxalari
“Surxondaryo ilm va fan” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘kazildi.

Basishga ruxsat etildi: yil
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60x84 1/16.
“Times New Roman” garniturasini. Ofset bosma usuli.
Shartli b.t.3. Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 100 nusxa.

Termiz davlat universiteti nashr-matbaa markazida chop etildi.
Manzil: Termiz shahri, Barkamol avlod ko‘chasi, 43-uy.