ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

MAHALLIY XOM ASHYOLAR ASOSIDA TAYYORLANGAN KATALIZATORLARDA SINTEZ GAZDAN QUYI OLEFINLARNI OLISH TEXNOLOGIYASI

G‘oziyev J.Ya.
Qarshi davlat texnika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu ishda mahalliy bentonit, kaolin va aluminosilikat xomashyolari asosida sintez gazdan quyi olefinlar olishga mo‘ljallangan Fe-Zn-Zr-Na/SiO_2-Al_2O_3 hamda oksid-zeolit tipidagi bifunksional katalizatorlarni ishlab chiqish masalalari yoritildi. Ishda sintez gazning manbalari, Fischer-Tropsch-to-olefins (FTO) va OX-ZEO yo‘nalishlarining nazariy asoslari, mahalliy mineral xomashyoning katalizator tayanchi sifatidagi imkoniyatlari, katalizatorlarni tayyorlash, fizik-kimyoviy tahlil qilish, sobit qatlamli reaktorda sinash va texnologik sxemani ishlab chiqildi

Kalit so‘zlar: Fe-Zn-Zr-Na/SiO_2-Al_2O_3 katalizatorlari, xromatografik tahlil, SiO_2-Al_2O_3, SEM, NH3-TPD va Syngas-to-olefins, ya’ni sintez gazdan olefinlar olish jarayoni.

Аннотация. В данной работе освещены вопросы разработки бифункциональных катализаторов типа Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3 и оксид-цеолита, предназначенных для получения низших олефинов из синтез-газа на основе местного бентонита, каолина и алюмосиликатного сырья. В работе изучены источники синтез-газа, теоретические основы направлений Fischer-Tropsch-to-olefins (FTO) и OX-ZEO, возможности местного минерального сырья в качестве катализаторной опоры, приготовление катализаторов, физико-химический анализ, испытания в реакторе с твердым слоем и разработана технологическая схема.

Ключевые слова: катализаторы Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3, хроматографический анализ, SiO2-Al2O3, СЭМ, NH3-TPD и Syngas-to-olefins, то есть процесс получения олефинов из синтез-газа.

Abstract. This work covers the development of bifunctional catalysts of the Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3 type and the oxide-zeolite type for obtaining lower olefins from synthesis gas based on local bentonite, kaolin, and aluminosilicate raw materials. The work examines synthesis gas sources, the theoretical foundations of the Fischer-Tropsch-to-olefins (FTO) and OX-ZEO directions, the potential of local mineral raw materials as a catalyst base, catalyst preparation, physicochemical analysis, solid-layer reactor testing, and the development of a technological scheme.

Keywords: Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3 catalysts, chromatographic analysis, SiO2-Al2O3, SEM, NH3-TPD, and Syngas-to-olefins, i.e., the process of obtaining olefins from synthesis gas.

KIRISH.

Sintez gazni quyi olefinlarga aylantirish texnologiyasining ilmiy murakkabligi CO molekulasining yuqori barqarorligi bilan bog‘liq. CO molekulasida C≡O bog‘i kuchli bo‘lgani sababli katalizator sirtida avvalo adsorbsiyalanish, qutblanish, dissotsiatsiya yoki kislorodli oraliq turlar hosil bo‘lishi talab etiladi. Keyingi bosqichda C_1 fragmentlari yoki kislorodli intermediatlardan C–C bog‘ hosil bo‘lishi, zanjirning cheklangan uzunlikda o‘sishi va C_2–C_4 olefinlarning desorbsiyasi sodir bo‘ladi. Jarayonning maqsadi metanlanish va og‘ir C_5+ fraksiyalar hosil bo‘lishini kamaytirgan holda etilen, propilen va butilenlar ulushini oshirishdan iborat [2; 7].

An’anaviy Fischer–Tropsch sintezida uglevodorodlar taqsimoti Anderson–Schulz–Flory qonuniyati bilan tavsiflanadi. Bu qonuniyat zanjir o‘sishi ehtimoli bir xil bo‘lganda mahsulotlar keng taqsimlanishini ko‘rsatadi. Quyi olefinlarga yo‘naltirilgan texnologiyada esa mazkur taqsimotni buzish, ya’ni C_2–C_4 fraksiyani selektiv ravishda ko‘paytirish talab etiladi. Bunga temir asosli katalizatorlarning promotorlanishi, tayanchning kislota-asos xossalarini o‘zgartirish, mikrog‘ovakli zeolitlar bilan birlashtirish va reaktor sharoitlarini optimallashtirish orqali erishiladi. Shuning uchun sintez gaz kimyosi oddiy gaz konversiyasi emas, balki ko‘p bosqichli katalitik boshqaruv masalasi hisoblanadi.

Sintez gazning manbalari turlicha bo‘lgani uchun katalizator tanlashda gaz tarkibini hisobga olish zarur. Tabiiy gazdan olingan sintez gaz ko‘pincha vodorodga boy bo‘ladi, ko‘mir gazifikatsiyasidan olingan sintez gazda esa CO va CO_2 ulushi yuqori bo‘lishi mumkin. Biomassadan olingan sintez gazda smola, kislorodli birikmalar va ishqoriy metallar izlari uchrashi mumkin. Agar H_2/CO nisbati juda yuqori bo‘lsa, olefinlar vodorodlanib parafinlarga aylanadi

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Katalizator promotorlari faol komponentning miqdori kam bo‘lsa-da, mahsulotlar taqsimotiga kuchli ta’sir ko‘rsatadigan qo‘shimchalardir. FTO jarayonida promotorlar elektron, strukturaviy va kislota-asos xossalarini o‘zgartirish orqali CO konversiyasi, olefin/parafin nisbati, metan selektivligi va katalizator barqarorligini boshqaradi. Alkali promotorlar, xususan Na va K, temir sirtining elektron zichligini o‘zgartiradi va CO adsorbsiyasini kuchaytirib, H_2 dissotsiatsiyasi va vodorodlashni nisbatan susaytiradi. Natijada olefinlarning parafinlarga aylanishi kamayadi. Biroq promotor miqdori optimallashtirilmasa, faol markazlar bloklanishi va umumiy konversiya pasayishi mumkin [2; 7].

ISSN 3030-3907

Na promotorining ta’siri ayniqsa mahalliy aluminosilikat tayanchlarda qiziqarli hisoblanadi. Bentonitning tabiiy almashinuvchi kationlari orasida Na, Ca, Mg kabi elementlar bo‘lishi mumkin; kislota bilan faollashtirish ularning bir qismini chiqaradi, keyinchalik nazoratli Na kiritish esa katalitik xossalarni boshqaradi. Na miqdori past bo‘lsa, vodorodlash yetarlicha cheklanmaydi; juda yuqori bo‘lsa, g‘ovaklar va Fe faol markazlari qisman bloklanadi. Shu sababli tajribada Na ning 0,5–2,0 massa % oralig‘ida o‘zgarishi maqsadga muvofiq. 1.3-rasmda Na miqdorining mahsulot taqsimotiga namunaviy ta’siri ko‘rsatilgan.

Zn promotorining roli bir necha yo‘nalishda namoyon bo‘ladi. Birinchidan, ZnO fazasi Fe oksid zarrachalarining aglomeratsiyasini cheklashi mumkin. Ikkinchidan, Zn elektron effekt orqali CO adsorbsiyasi va vodorod faolligiga ta’sir ko‘rsatadi. Uchinchidan, Zn oksid–zeolit tizimlarida kislorodli intermediatlar hosil bo‘lishi bilan bog‘liq faol markaz sifatida ham qaraladi. Zn ning bunday ko‘p funksiyaliligi uni Fe–Zn–Zr–Na va ZnZrOx/SAPO-34 tipidagi tizimlarda muhim komponentga aylantiradi. Biroq Zn miqdori ortib ketganda faol Fe markazlari suyulishi yoki alohida inert fazalar ko‘payishi ehtimoli mavjud.

Zr qo‘shimchasi ko‘pincha strukturaviy stabilizator va oksid komponentning kislorod bo‘shliqlarini boshqaruvchi element sifatida muhokama qilinadi. ZrO_2 yuqori termik barqarorlikka ega bo‘lib, Fe yoki Zn oksid fazalarining dispersligini saqlashga yordam beradi. OX-ZEO adabiyotlarida ZnZrOx, InZrOx va GaZrOx kabi tizimlar sintez gazdan olefinlar olishda istiqbolli ekanligi ko‘rsatilgan [3; 4]. Zr ishtirokidagi oksid komponentlar CO va H_2 dan metanolga yaqin oraliq turlar hosil qilishda muhim bo‘lishi mumkin. Fe asosli tizimlarda esa Zr zarrachalar sinterlanishini cheklab, uzoq muddatli barqarorlikni oshirishi kutiladi.

Promotorlar o‘zaro sinergiya yoki antagonizm ko‘rsatishi mumkin. Masalan, Na olefin/parafin nisbatini oshirsa, Zn va Zr strukturaviy barqarorlikni yaxshilaydi. Ammo Na ning ortiqcha miqdori Zn yoki Zr bilan birikib, faol markazlar sonini kamaytirishi mumkin. Shuningdek, promotorlarni kiritish ketma-ketligi ham natijaga ta’sir qiladi. Agar Fe avval tayanchga mahkam bog‘lanib, keyin Zn va Zr kiritilsa, faol fazalar taqsimoti bir xil bo‘lishi mumkin; agar barcha tuzlar birgalikda kiritilsa, cho‘kish yoki kristallanish jarayoni boshqacha kechadi.

MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV.

Oksid–zeolit tipidagi bifunksional katalizatorlarni tayyorlash

Oksid–zeolit tipidagi bifunksional katalizatorlar sintez gazdan quyi olefinlar olishda Fischer–Tropsch mexanizmidan farq qiluvchi yo‘lni taklif qiladi. Bu tizimlarda metall oksid komponenti CO va H_2 ni kislorodli oraliq mahsulotlarga aylantiradi, zeolit yoki aluminosilikat komponenti esa ushbu oraliq

ISSN 3030-3907

mahsulotlarni C_2–C_4 olefinlarga aylantiradi. Bunday konsepsiya OX-ZEO deb yuritiladi va so‘nggi yillarda sintez gaz kimyosining muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida rivojlanmoqda [3; 5; 9].

Bifunksional katalizator tayyorlashda oksid komponenti sifatida ZnZrOx, FeZnZrOx, InZrOx yoki GaZrOx tipidagi tizimlar ishlatilishi mumkin. Mazkur dissertatsiya mavzusida mahalliy xomashyo bilan bog‘liqlikni kuchaytirish uchun Fe–Zn–Zr oksid komponentini faollashtirilgan aluminosilikat yoki SAPO-34/ZSM-5 bilan birlashtirish maqsadga muvofiq. Bunda mahalliy bentonit va kaolindan olingan Si–Al komponent zeolitga muqobil yoki qo‘shimcha tayanch sifatida xizmat qilishi mumkin.

Zeolit komponentni tanlashda uning g‘ovak tuzilishi va kislotaligi hal qiluvchi ahamiyatga ega. SAPO-34 kichik g‘ovakli chabazit topologiyasiga ega bo‘lib, metanol-to-olefins yo‘nalishida etilen va propilen selektivligini oshirishga moyil. ZSM-5 esa o‘rta g‘ovakli tuzilishga ega bo‘lib, propilen, butilen va aromatiklar hosil bo‘lishiga ta’sir qilishi mumkin. Shuning uchun SAPO-34 yuqori C_2–C_3 olefin selektivligi uchun, ZSM-5 esa mahsulot taqsimotini kengroq o‘rganish uchun tanlanadi [3; 8].

Bifunksional katalizatorlarni tayyorlashning uchta asosiy usuli ko‘rib chiqiladi: mexanik aralashtirish, granulalashda birlashtirish va ketma-ket qatlamda joylashtirish. Mexanik aralashtirishda oksid va zeolit kukunlari ma’lum nisbatda aralashtiriladi. Granulalashda ikkala komponent bog‘lovchi bilan birgalikda granulaga aylantiriladi. Ketma-ket qatlamda esa reaktorda avval oksid, so‘ng zeolit komponent joylashtiriladi yoki aksincha. Har bir usul komponentlar orasidagi masofa va oraliq mahsulotlarning migratsiyasiga ta’sir qiladi.

OX-ZEO tizimlarida oksid va zeolit komponentlari orasidagi fizik masofa juda muhim. Agar komponentlar juda yaqin bo‘lsa, oraliq mahsulotlar tez zeolitga o‘tadi, biroq noxush ikkilamchi reaksiyalar kuchayishi mumkin. Agar masofa juda uzoq bo‘lsa, metanol yoki DME kabi oraliq birikmalar gaz fazasida yo‘qolishi yoki qayta reaksiyaga kirishishi mumkin. Shu sababli mexanik aralashtirish va granulalash usullari alohida solishtiriladi.

Kislotalikni boshqarish uchun zeolit komponenti bug‘ bilan ishlov berish, ion almashinish yoki Si/Al nisbatini tanlash orqali modifikatsiya qilinadi. Juda kuchli kislota markazlari olefinlarning oligomerlanishi, aromatlanishi va koks hosil bo‘lishini kuchaytiradi. Kuchsiz kislotalik esa oraliq mahsulotlarning olefinlarga aylanishini sekinlashtiradi. Shuning uchun o‘rta kuchli kislota markazlari va cheklangan g‘ovak geometriyasi muhimdir.

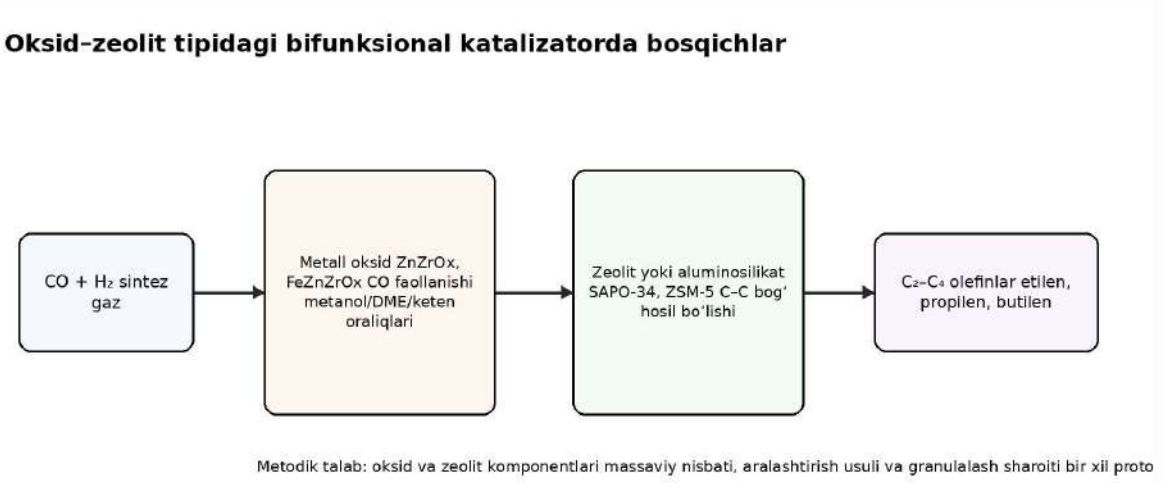
Bifunksional namunalarda oksid/zeolit massaviy nisbati 1:2, 1:1 va 2:1 qilib tanlanadi. Oksid komponenti ko‘p bo‘lsa, CO konversiyasi ortishi mumkin, lekin olefin hosil qiluvchi kislota markazlari yetishmasligi ehtimoli bor. Zeolit

ISSN 3030-3907

ko‘p bo‘lsa, oraliq mahsulotlar samarali konversiyalanadi, ammo CO faollanishi cheklanishi mumkin. Optimal nisbat katalitik tajribalar asosida aniqlanadi.

Mahalliy aluminosilikat komponentini OX-ZEO tizimiga kiritishda uning kislotaligi va g‘ovakligi SAPO-34 yoki ZSM-5 bilan solishtiriladi. Agar faollashtirilgan bentonit/kaolin tayanchi o‘rta kuchli kislota markazlari va mezog‘ovak tuzilishga ega bo‘lsa, u zeolit komponentini qisman almashtirishi yoki kompozit granulada mexanik mustahkamlikni oshirishi mumkin. Bu holat dissertatsiyaning mahalliylashtirish va amaliy ahamiyatini kuchaytiradi.

Bifunksional katalizatorlarni baholashda faqat umumiy C_2–C_4 selektivlik emas, balki etilen/propilen nisbati, butilen izomerlari, metan hosil bo‘lishi, CO_2 selektivligi va koks yig‘ilishi ham o‘rganiladi. Chunki OX-ZEO tizimlarida mahsulot taqsimoti zeolit topologiyasi, kislotalik va oksid komponenti xossalariga juda sezgir. Metodik jihatdan har bir namuna bir xil sharoitda tekshirilishi kerak.



1-rasm. Oksid–zeolit tipidagi bifunksional katalizatorda bosqichli konversiya modeli

Izoh. Rasm OX-ZEO bifunksional katalizatorida konversiya bosqichma-bosqich kechishini tushuntiradi. Oksid markazlarda CO va H_2 dan kislorodli oraliq mahsulotlar, zeolitning kislotali-g‘ovak tuzilmasida esa C_2–C_4 olefinlar hosil bo‘lishi ko‘rsatilgan.

1-jadval.

Oksid–zeolit katalizatorlarini tayyorlash variantlari

Variant	Tarkib	Tayyorlash usuli	Ilmiy maqsad

ISSN 3030-3907

OZ-1	ZnZrOx + SAPO-34	mexanik aralashtirish, 1:1	OX-ZEO bazaviy modelini tekshirish
OZ-2	FeZnZrOx + SAPO-34	granulalashda birlashtirish	Fe ishtirokining ta’sirini baholash
OZ-3	ZnZrOx + ZSM-5	mexanik aralashtirish	Zeolit topologiyasi ta’siri
OZ-4	FeZnZrOx + faollashtirilgan bentonit	kompozit granulalash	Mahalliy aluminosilikat imkoniyati
OZ-5	Oksid qatlam + zeolit qatlam	reaktorda ketma-ket joylashtirish	Komponentlar masofasi ta’siri

Izoh. Jadval oksid–zeolit katalizatorlarini tayyorlash variantlarini taqqoslaydi. Mexanik aralashtirish, bosqichli sintez yoki alohida komponentlarni birlashtirish usuli faol markazlar orasidagi masofani va tandem konversiya samaradorligini belgilaydi.

2-jadval.

Bifunksional katalizatorlarda boshqariladigan parametrlar

Parametr	O‘rganiladigan qiymatlar	Kutiladigan ta’sir	Baholash ko‘rsatkichi
Oksid/zeolit nisbati	1:2; 1:1; 2:1	CO faollanishi va olefin hosil bo‘lishi muvozanati	CO konversiyasi, C_2–C_4 selektivligi
Aralashtirish usuli	mexanik, granulalash, qatlamli	Oraliq mahsulotlar migratsiyasi	olefin/parafin nisbati
Zeolit turi	SAPO-34, ZSM-5, aluminosilikat	Topologiya va kislotalik ta’siri	etilen/propilen nisbati
Kislotalik darajasi	kuchsiz, o‘rta, kuchli markazlar	Ikkilamchi reaksiyalarni boshqarish	NH_3-TPD, koks miqdori
Granula o‘lchami	0,5–1,0; 1,0–3,0 mm	Diffuziya va bosim tushishi	reaktor barqarorligi

Izoh. Jadval bifunksional katalizatorlarda boshqarilishi kerak bo‘lgan asosiy parametrlarni ko‘rsatadi. Oksid/zeolit nisbati, zarracha o‘lchami, kislotalik

ISSN 3030-3907

va kontakt darajasi oraliq mahsulotlarning olefinlarga aylanishini belgilovchi muhim omillardir.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Fe, Zn, Zr va Na promotorlarining CO konversiyasiga ta’siri

Fe asosli katalizatorda faol faza CO faollanishi va C-C bog‘lanish bosqichini ta’minlaydi. Zn va Zr qo‘shimchalari faol faza tarqalishini va termik barqarorlikni boshqaradi. Na promotorining ta’siri ikki tomonlama: u vodorodlashni cheklab olefin/parafin nisbatini oshiradi, ammo yuqori miqdorda faol markazlarni bloklab CO konversiyasini pasaytiradi. Shu sababli Na yuklamasi 0,5-1,5 massa % oralig‘ida optimallashtiriladi [7].

Model natijalarga ko‘ra, Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3 namunasi CO konversiyasi va C_2-C_4 olefinlar selektivligi bo‘yicha muvozanatli natija berishi mumkin. Na miqdori 2,0 massa % ga yetganda CH_4 selektivligi pasaysa ham, CO konversiyasi va umumiy olefin unumi kamayishi ehtimoli bor. Bu holat alkali promotorning optimal oynasi mavjudligini ko‘rsatadi.

3-jadval

Fe-Zn-Zr-Na katalizatorlarining namunaviy katalitik ko‘rsatkichlari

Namuna	CO konversiyasi, %	C_2-C_4= selektivligi, %	CH_4 selektivligi, %	O/P nisbati	Baholash
Fe/SiO_2-Al_2O_3	42	34	20	1,8	Faollik bor, vodorodlanish yuqori
Fe-Zn/SiO_2-Al_2O_3	45	39	18	2,2	Zn selektivlikni yaxshilaydi
Fe-Zn-Zr/SiO_2-Al_2O_3	48	44	16	2,7	Zr barqarorlikni oshiradi
Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3	46	56	12	4,1	Optimal olefin/parafin nisbati
Fe-Zn-Zr-2,0Na/SiO_2-Al_2O_3	34	58	10	4,5	Selektivlik yuqori, konversiya past

Izoh. Jadval Fe–Zn–Zr–Na katalizatorlarining CO konversiyasi, C_2–C_4 olefinlar selektivligi, CH_4 selektivligi va O/P nisbati bo‘yicha model

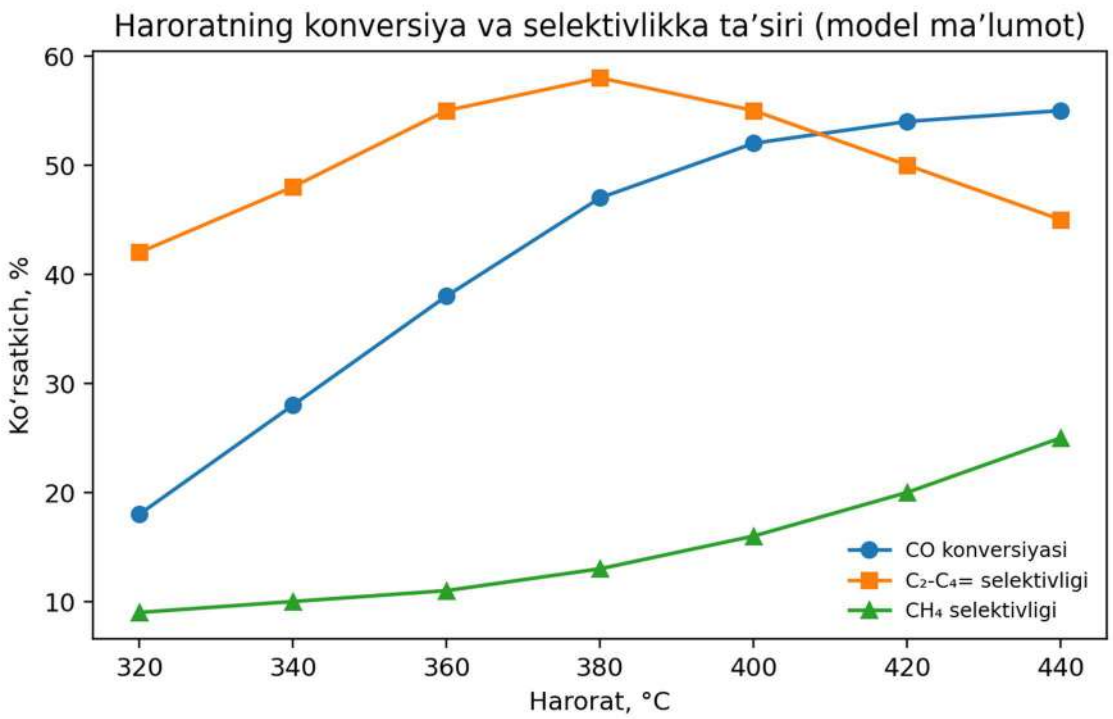
ISSN 3030-3907

ko‘rsatkichlarini qiyoslaydi. Bu jadval promotorlar kombinatsiyasi optimal selektivlikka qanday olib kelishini tushuntirish uchun xizmat qiladi.

Harorat, bosim va H_2/CO nisbatining quyi olefinlar selektivligiga ta’siri

Harorat oshishi CO konversiyasini ko‘paytiradi, ammo juda yuqori harorat metanlanish, koks hosil bo‘lishi va olefinlarning ikkilamchi reaksiyalarini kuchaytirishi mumkin. Model natijalarda 380-400 °C oralig‘i CO konversiyasi va C_2-C_4 olefinlar selektivligi o‘rtasidagi maqbul muvozanat sifatida ko‘rinadi. 420 °C dan yuqori haroratda CH_4 selektivligi ortishi va olefin/parafin nisbati pasayishi ehtimoli bor.

Bosimning ortishi CO konversiyasini oshirishi mumkin, ammo vodorodlanish reaksiyalarini ham kuchaytiradi. H_2/CO nisbatining yuqori bo‘lishi parafinlar ulushini oshiradi, past bo‘lishi esa koks hosil bo‘lishi va katalizatorning tez deaktivatsiyasiga olib kelishi mumkin. Shu sababli Fe asosli katalizatorlar uchun H_2/CO = 1,0-1,5 oralig‘i, OX-ZEO tizimlari uchun esa katalizator turiga qarab 1,0-2,0 oralig‘i sinovdan o‘tkaziladi [2; 3].



3-rasm. Haroratning konversiya va selektivlikka ta’siri (model ma’lumot)

Izoh. Rasm haroratning CO konversiyasi va mahsulot selektivligiga model ta’sirini ko‘rsatadi. Harorat oshishi konversiyani kuchaytirishi mumkin, biroq juda yuqori harorat metanlanish, parafinlanish va koks hosil bo‘lishini kuchaytirgani uchun optimal harorat oralig‘i aniqlanishi zarur.

ISSN 3030-3907

4-jadval

Jarayon omillarining mahsulot taqsimotiga kutiladigan ta’siri

Omil	Ortishi natijasida kutiladigan ijobiy ta’sir	Ehtimoliy salbiy ta’sir	Optimal nazorat mezoni
Harorat	CO konversiyasi ortadi	CH_4 va koks ortadi, olefin selektivligi pasayadi	C_2-C_4= unumining maksimumi
Bosim	Kontakt samaradorligi va konversiya ortadi	Parafinlanish kuchayadi	O/P nisbati va CO konversiyasi muvozanati
H_2/CO	H_2 yetishmovchiligi kamayadi	H_2 ortiqcha bo‘lsa parafinlar ortadi	CH_4 past, olefinlar yuqori bo‘lishi
GHSV	Olefinlarning ikkilamchi reaksiyalari kamayadi	Konversiya pasayadi	Olefin unumi va reaktor quvvati
TOS	Barqarorlik baholanadi	Deaktivatsiya ko‘rinadi	Regeneratsiyagacha ishlash vaqti

Izoh. Jadval harorat, bosim, H_2/CO nisbati va GHSV kabi jarayon omillarining mahsulot taqsimotiga kutiladigan ta’sirini umumlashtiradi. U reaktor sharoitlarini tanlashda konversiya va selektivlik o‘rtasidagi muvozanatni saqlash zarurligini ko‘rsatadi.

OX-ZEO tipidagi katalizatorlarda kislorodli oraliq mahsulotlar orqali olefin hosil bo‘lishi

OX-ZEO tizimida sintez gazdan olefinlar hosil bo‘lishi tandem mexanizm bo‘yicha kechadi. Dastlab CO va H_2 oksid komponentida faollashib, metanol, DME, keten yoki yuzaga bog‘langan formiat/metoksi turlari kabi oraliq mahsulotlar hosil qiladi. Keyin bu oraliq mahsulotlar zeolit mikrog‘ovaklariga kirib, gidrokarbon-pool mexanizmi orqali etilen, propilen va butilenlarga aylanadi. Zeolit tanlovi mahsulot taqsimotini belgilaydi: SAPO-34 quyi olefinlarga, ZSM-5 esa ko‘proq propilen va aromatiklarga moyil bo‘lishi mumkin [3; 6; 8].

Mahalliy xomashyo ushbu tizimda uch xil rol bajarishi mumkin: oksid komponent uchun arzon tayanch, zeolit granulalarini bog‘lovchi, yoki Si-Al manba sifatida. Agar mahalliy kaolin metakaolinga aylantirilib, gidrotermal sintezda SAPO yoki aluminosilikat zeolit olish uchun ishlatilsa, OX-ZEO tizimi

ISSN 3030-3907

yanada mahalliylashtiriladi. Biroq bunday yondashuvda zeolit kristalligi, kislotaligi va g‘ovak topologiyasi qat’iy nazorat qilinishi kerak.

XULOSA.

Optimal katalizator faqat eng yuqori CO konversiyasiga ega namuna emas, balki CO konversiyasi, C_2-C_4 olefinlar selektivligi, CH_4 selektivligi, O/P nisbati, TOS barqarorligi va regeneratsiyadan keyingi tiklanish darajasi bo‘yicha kompleks baholangan namunadir. Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3 tizimi FTO yo‘nalishi uchun muvozanatli variant bo‘lishi, ZnZrOx/SAPO-34 esa OX-ZEO yo‘nalishida yuqori selektivlik berishi mumkin. Mahalliy xomashyo asosidagi yakuniy texnologik yechim bu ikki konsepsiyani iqtisodiy va amaliy mezonlar bilan solishtirish orqali tanlanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Steynberg A.P., Dry M.E. Fischer-Tropsch Technology. Amsterdam: Elsevier, 2004.
2. de Klerk A. Fischer-Tropsch Refining. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
3. GOST 7.1-2003. Bibliograficheskaya zapis'. Bibliograficheskoe opisanie. Obshchie trebovaniya i pravila sostavleniya. Moskva: Standartinform.
4. GOST R 7.0.5-2008. Bibliograficheskaya ssylka. Obshchie trebovaniya i pravila sostavleniya. Moskva: Standartinform.
5. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology: Gold Book. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997.
6. Bartholomew C.H., Farrauto R.J. Fundamentals of Industrial Catalytic Processes. 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2006.
7. Gates B.C. Catalytic Chemistry. New York: Wiley, 1992.
8. Fogler H.S. Elements of Chemical Reaction Engineering. 5th ed. Boston: Pearson, 2016.
9. Levenspiel O. Chemical Reaction Engineering. 3rd ed. New York: Wiley, 1999.
10. Froment G.F., Bischoff K.B., De Wilde J. Chemical Reactor Analysis and Design. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2011.

ISSN 3030-3907