

**ТОШКЕНТ ИННОВАЦИОН КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ-
ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
PhD.23/30.07.2022.К/Т. 150.01. РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК – ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

ҚЎЙБОҚАРОВ ОЙБЕК ЭРГАШОВИЧ

**МАҲАЛЛИЙ ХОМ АШЁЛАР АСОСИДА СИНТЕЗ-ГАЗДАН ЮҚОРИ
МОЛЕКУЛЯР УГЛЕВОДОРОДЛАР ОЛИШ УЧУН КАТАЛИЗАТОР
ТАНЛАШ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИ**

02.00.14-“Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси”

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Қўйбоқаров Ойбек Эргашович

Маҳаллий хом ашёлар асосида синтез-газдан юқори молекуляр углеводородлар олиш учун катализатор танлаш ва технологияси..... 3

Куйбоқаров Ойбек Эргашович

Выбор катализатора и технология получения высокомолекулярных углеводородов из синтез-газа на основе местного сырья..... 19

Kuybokarov Oybek

Catalyst selection and technology for obtaining high molecular hydrocarbons from synthesis gas based on local raw materials 37

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 41

**ТОШКЕНТ ИННОВАЦИОН КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ИLMИЙ-
ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
PhD.23/30.07.2022.К/Т. 150.01. РАҚАМЛИ ИLMИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК – ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

ҚЎЙБОҚАРОВ ОЙБЕК ЭРГАШОВИЧ

**МАҲАЛЛИЙ ХОМ АШЁЛАР АСОСИДА СИНТЕЗ-ГАЗДАН ЮҚОРИ
МОЛЕКУЛЯР УГЛЕВОДОРОДЛАР ОЛИШ УЧУН КАТАЛИЗАТОР
ТАНЛАШ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИ**

02.00.14-“Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси”

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2023

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори(PhD)диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.4.PhD/Т1922рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Қарши муҳандислик-иктисодиёт институтида бажарилган.
Диссертация автореферати учта тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (<https://tik-titi.uz>) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Файзуллаев Нормурод Ибодуллаевич техника фанлари доктори
Расмий оппонентлар:	Муродов Музаффар Муродович техника фанлари доктори Эшқурбонов Фуркат Бозорович кимёфанлари доктори, доцент
Етакчи ташкилот:	Навоний давлат кончилиқ ва технологиялар университети

Диссертация химояси Тошкент инновацион кимёвий технология илмий тадқиқот институти ҳузуридаги PhD.23/30.07.2022.К/Т. 150.01 рақамли Илмий кенгашнинг «18» 02 2023 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил:100104, Тошкент шаҳар, Бешқўрғон кўчаси, 10 уй. Тел.: (99890)317-72-77, факс:(99895)515-77-71 , e-mail:tiktitim@gmail.com)

Диссертацияси билан Тошкент инновацион кимёвий технология илмий тадқиқот институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 2 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил:100104, Тошкент шаҳар, Бешқўрғон кўчаси, 10 уй. Тел.: (99890)317-72-77, факс:(99895)515-77-71 , e-mail:tiktitim@gmail.com)

Диссертация автореферати 2023 йил « 2 » 02 куни тарқатилган.
(2023 йил « 2 » 02 даги № 2 рақамли реестр баённомаси).



С.Машарипов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, к.ф.д., проф.

Н.Ф.Юсунова
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.н., доц.

А.С.Сидиков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, к.ф.д., проф.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда бугунги кунда нефтга альтернатив бўлган таркибида углерод тутган манбаалардан мотор ёқилғисини олиш усулларида энг истиқболли усулларида бири GTL технологияси ҳисобланади. Синтетик ёқилғилар нефть маҳсулотларидан фарқ қилиб уларнинг таркибида бир ва кўп ҳалқали ароматик бирикмалар, шунингдек олтингурут ва азот атомларини сақлаган органик бирикмалар бўлмайди ва экологик жиҳатдан тоза бўлиб, юқори даражада сифатли истеъмолга яроқли ёқилғи ҳисобланади. Табиатда синтетик ёқилғининг хом ашё базаси кенг тарқалган бўлиб, улар асосида юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда ис газини ва водород аралашмасидан юқори молекуляр углеводородлар синтези ва шунга ўхшаш технологиялар-нефтни ўрнини босадиган альтернатив усуллар ҳисобланади, газларни кимёвий қайта ишлаш учун цеолитли катализаторлар олиш бўйича қуйидаги илмий ечимларни асослаш, жумладан: маҳаллий хом ашёлар асосида микроговакли фаоллаштирилган цеолитли катализаторларни танлаш, уларнинг текстур ва структур хоссаларини яхшилаш ҳамда фаоллаштирилган цеолитли катализаторлар асосида синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёнининг муқобил ҳарорат режимини аниқлаш; маҳсулотлар унумининг танланган катализаторларнинг табиати, таркиби, синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун катализаторларни тайёрлаш усули ва реакцияни ўтказиш шароитига боғлиқлик қонуниятларини илмий асослаш ва синтез газидан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш технологиясини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда нефть ва газ саноатларини модернизация қилиш, ишлаб чиқариш корхоналарининг янги материаллар асосида экспертбоп хом ашё базасини маҳаллийлаштириш, улар асосида юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш ва уларни органик кимё саноатининг турли соҳаларида қўллаш борасида илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, «Саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хом ашё манбаларини тўлиқ қайта ишлаш, тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш¹» бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, маҳаллий хом ашёлардан олинган синтез-газдан, яъни ис газини билан водороддан иборат аралашмадан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун катализаторлар иштирокида нефть йўлдош газларини каталитик ароматлаб ароматик углеводородлар олиш муҳим аҳамият касб этади.

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармони, 28.01.2022 йилдаги ПФ-60-сонли «2022 - 2026 йилларга мўлжалланган янги ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси» тўғрисидаги Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «Янги Ўзбекистонни янада ривожлантириш бўйича тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021-йил 13 февралдаги ПҚ-4992-сон «Кимё саноати корхоналарини янада ислоҳ қилиш ва молиявий соғломлаштириш, юқори қўшилган қийматли кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқаришни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, ҳамда 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва инвестицион жозибадорлигини ошириш тўғрисида»ги, 2019 йил 1 майдаги ПҚ-4302-сон «Саноат коорпорациясини янада ривожлантириш ва талаб юқори бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 23 майдаги ПҚ-4335-сон «Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга оид қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот фан ва технологияларни ривожлантиришнинг «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Синтез газидан юқори молекуляр алканлар олиш технологияларини яратиш бўйича С.А. Алхимов, Д.А. Григорьев, М.Н. Михайлов, А.Л. Лapidус, А.Ю. Крылова, Я.В. Михайлова, Л.В. Синёва, А.Б. Ерофеев, С.И. Сулима, В.Г. Бакун, Р.Е. Яковенко, Н.П. Шабельская, А.Н. Салиев, Г.Б. Нарочный, А.П. Савостьянов, Е.В. Сливинский, А.Е. Кузьмин, А.В. Абрамова, Г.А. Клигер, С.М. Локтев, Yao M., Yao N., Shao Y., Han Q., Ma C., Yuan C., Li C., Li X, Jacobs G., Das T.K., Zhang Y., Li J., Racouillet G., Davis B.H, Zhong, L.; Yu, F.; An, Y.; Zhao, Y.; Sun, Y.; Li, Z.; Lin, T.; Lin, Y.; Qi, X.; Dai, Y.; Gu, L.; Hu, J.; Jin, S.; Shen, Q.; Wang, H, Jiao, F.; Pan, X.; Gong, K.; Chen, Y.; Li, G.; Bao, X, Lin, T.; Qi, X.; Wang, X.; Xia, L.; Wang, C.; Yu, F.; Wang, H.; Li, S.; Zhong, L.; Sun, Y, М.П. Юнусов, С.М. Туробжонов, Н.И. Файзуллаев ва бошқалар илмий-тадқиқот ишларини олиб боришган.

Улар томонидан синтез газни қимматбаҳо суяқ маҳсулотларга айланттириш, юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш реакциялари учун синтез-газдан, синтетик, углеводородлар олиш учун катализаторларни олдиндан тайёрлаш шароитлари ва газсимон углеводородларни конверсиялаш жараёни шароитларига боғлиқлиги ўрганиб чиқилган.

Синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёни бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилганлигига қарамаздан, юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган, барқарорлиги юқори, турғун, мустаҳкам, арзон ва фаол, коксланишни камайтирадиган катализаторлар яратилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасаларининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Самарқанд давлат университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг «Табиий ва синтетик материалларни синтез қилиш, текшириш ва қайта ишлашнинг янги усуллари қисми ваушбу университетнинг-А12-46 «Маҳаллий хом ашёлар асосида метанни оксиконденсатлаш реакцияси учун катализаторлар яратиш, тадқиқ этиш ва жараёни мақбуллаштириш» (2017-2018 йй.)мавзусидаги амалий лойиҳаси ҳамда Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтининг 09.02.2017 йилдаги №5-сонли “Юқори молекулали бирикмалар ва ноорганик моддалар ишлаб чиқаришда маҳаллий хом ашёлардан фойдаланиш технологиялари ва уларни тадқиқ этиш” мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади: маҳаллий хомашёлар асосидасинтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

маҳаллий хомашё асосида синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш реакциясиучун юқори кремнийли цеолит (ЮКЦ) лар синтези ва уларнинг тузилишини физик-кимёвий жиҳатдан тадқиқ қилиш;

синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун катализаторлар олиш ва уларнинг фаоллигини физик-кимёвий (термик, рентгеноструктуравий, электрон-микроскопик, хроматографик таҳлил ва ИҚ-спектроскопия) усулларда ўрганиш;

олинган синтез-газдан, яъни ис гази билан водороддан иборат аралашмадан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун катализаторларнинг текстураси ва физик-кимёвий характеристикаларини аниқлаш ва уларни синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёнига тадбиқ этиш;

тадқиқот учун танлаб олинган синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун катализаторларда синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёнининг физик-кимёвий асосларини ўрганиш ва мақбул шароитни танлаш;

синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун танланган катализаторни қўллаб, синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олишнинг илмий асосларини ва такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнингобъекти Навбахор тумани бентонити асосида синтез-газданюқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун катализаторлар олиш.

Тадқиқотнинг предмети синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олишжараёни учун

катализаторлар ишлаб чиқиш ва олинган катализаторларнинг таркиби, тузилиши, физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш ҳамда юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда физикавий, кимёвий, физик-кимёвий (рентгеноструктуравий, электрон-микроскопик, хроматографик таҳлил ва ИҚ-спектроскопия) ҳамда олинган тажриба натижаларини статистик қайта ишлашнинг математик усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагиларданиборат:

маҳаллий хом ашёлардан турли таркибли катализаторлар олинган ва уларнинг тузилиши, фаол марказларининг табиати аниқланган;

танланган турли таркибдаги юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун катализаторларнинг каталитик фаоллиги ҳамда катализаторларнинг текстуравий ва физик-кимёвий характеристикалари орасидаги боғлиқлиги аниқланган;

синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш реакциясида турли таркибда ва турли усулларда олинган цеолитли катализаторларнинг юқори молекуляр синтетик углеводородлар олиш реакциясининг бориш қонуниятлари асосида каталитик тизимларнинг мақбул таркиби аниқланган;

илк бор олинган $15\% \text{Co}-15\% \text{Fe}-5\% \text{Ni}-1\% \text{ZrO}_2/\text{ЮКЦ}$ таркибли синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун танланган катализаторни қўллаб синтез-газдан юқори молекуляр синтетик углеводородлар олишда босим 0.5 дан 2.0 МПа гача кўтарилганда унум 28 дан 41 г/м³ гача, унумдорлик 55 дан 89 кг С₅₊/м³соат гача ортиши аниқланган;

танланган юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган $15\% \text{Co}-15\% \text{Fe}-5\% \text{Ni}-1\% \text{ZrO}_2/\text{ЮКЦ}$ таркибли синтез-газдан юқори молекуляр синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторнинг стабиллиги юқорилиги, яъни коксланиш даражаси пастлиги аниқланган;

маҳаллий хом ашёлар асосида яратилган катализатордан фойдаланиб синтез-газдан юқори молекуляр синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторни қўллаб, синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёнининг технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

Синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёни учун янги таркибдаги юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган катализаторлар яратилган ҳамда танланган катализатор иштирокидаги реакция тезлигига турли омилларнинг таъсири ва реакциянинг кинетик қонуниятлари асосида жараён боришининг мақбул шароити танланган;

маҳсулот унуми бўйича реакциялар боришининг мақбул шароитлари аниқланиб, жараённинг энергия ва ресурс тежамкор, кам чиқиндилисиз технологияси ишлаб яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Синтез қилинган моддаларни таркиби, тузилиши ва хоссалари газ суюқлик хроматографияси, ИҚ-спектроскопия, элемент анализ, рентгенографик ва дериватографик таҳлил усулларида аниқланганлиги, тадқиқот усулларида ишлатилган асбоб-ускуналарнинг замонавийлиги ҳамда назарий ва экспериментал натижаларнинг ишлаб чиқариш амалиётига мослиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш реакциялари учун 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ таркибдаги юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган ва стабиллиги юқори бўлган катализатор яратилганлиги, унинг кислотали хоссалари, ғоваклиги, сирт юзаси, фаол марказларининг тузилиши ва жараёнларнинг кинетик қонуниятлари ўрганилганлиги ҳамда пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёнининг технологик схемаси яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти маҳаллий хом ашёлар асосида олинган синтез-газдан, яъни ис гази билан водороддан иборат аралашмадан юқори молекуляр синтетик углеводородлар олиш учун катализаторларни қўллаб синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, углеводородлар олиш жараёнининг технологик схемаси ишлаб чиқилганлиги натижасида органик синтез учун муҳим бўлган юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш имкониятини оширишга, синтез-газдан унумли фойдаланишга ва экологик муаммоларнинг маълум даражада ечим топишига, энергетик, иқтисодий, экологик ва табиий хом ашё сарфлари тежалишига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Маҳаллий хом ашёлар асосида пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Маҳаллий хом ашёлар асосида олинган 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ таркибли катализатор «Муборак газни қайта ишлаш заводи» АЖда ишлаб чиқаришга жорий этилган («Муборак газни қайта ишлаш заводи»нинг 2022 йил 07 ноябрдаги 923/G'К-11-сон маълумотномаси). Натижада янги таркибли катализаториштирокида пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш имконини берган;

синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун танланган 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ, таркибли катализатор асосида углеводородлар олиш технологияси Муборак газни қайта ишлаш заводи амалиётга жорий этилган («Муборак газни қайта ишлаш заводи»нинг 2022 йил 07 ноябрдаги 923/G'К-11-сон маълумотномаси). Натижада 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ таркибли катализатор ёрдамида синтез-газдан пентандан наонадекангача бўлган углеводородлар олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари маъруза кўринишида 3 та халқаро ва 1 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 11 та илмий иш чоп этилган. Халқаро илмий нашрларда 3 та илмий мақола. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари (PhD) асосий илмий натижаларни чоп этиш учун тавсия этилган 4 та мақола, жумладан 2 та республика ва 2 та хорижий журналларда илмий мақола нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўрт боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 114 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Синтез-газдан юқори молекуляр синтетик углеводородлар ишлаб чиқарининг ҳозирги ҳолати ва истиқболлари» деб номланган биринчи бобида мавзу бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари, хорижий ва маҳаллий адабиётлар таҳлили батафсил ёритилган.

Диссертациянинг «Ис гази ва водороддан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш методикаси, тадқиқот объекти ва усуллари» деб номланган иккинчи бобида метанни каталитик юқори молекуляр углеводородлар олиш реакциясининг кинетик қонуниятларини ўрганишнинг тажриба қурилмаси, тажрибани ўтказиш ва реакция маҳсулотларини таҳлил қилиш методикаси ёритилган. Катализатор синтези бўйича тадқиқотлар берилган. Катализаторнинг характеристикалари физик-кимёвий ва текстур характеристикалари ўрганилган. Реакция маҳсулотлари унуми ва таркиби газ-суюқлик хроматографияси усулида аниқланган.

Диссертациянинг «Тажриба натижалари ва уларнинг муҳокамаси» деб номланган учинчи бобидажараёнларнинг кинетик қонуниятлари ўрганилган ва кинетик моделлар ишлаб чиқилган.

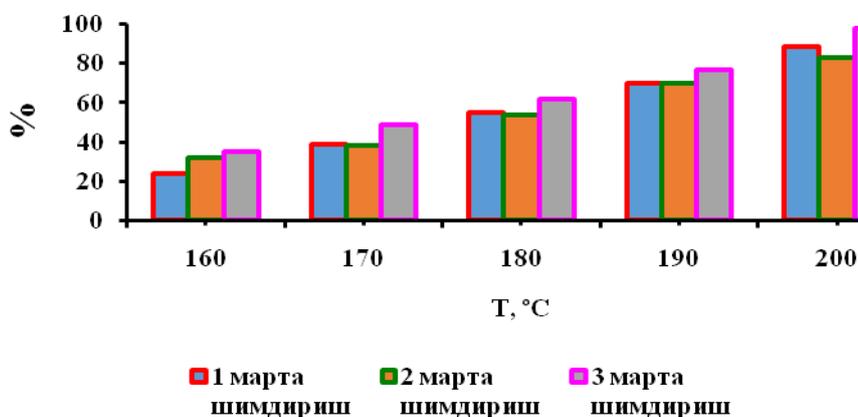
Синовлар қуйидаги мақбул шароитда ўтказилди: босим 0.1 МПа, ҳажмий тезлик 0,01 м³/соат. Натижалар 3 та юттиришда тайёрланган намуна кўрсаткичлари билан солиштирилди.

1-расмда кўриниб турганидек, бутун ҳарорат интервалида 3 марта юттиришда тайёрланган намуна анча фаол бўлган – ундаги ис гази конверсияси бошқа иккита намуналарга нисбатан 5-10% юқори бўлган. 1 ва 2 марта юттиришда тайёрланган намуналар бу ҳолатда ўзаро деярли фарқланмаган.

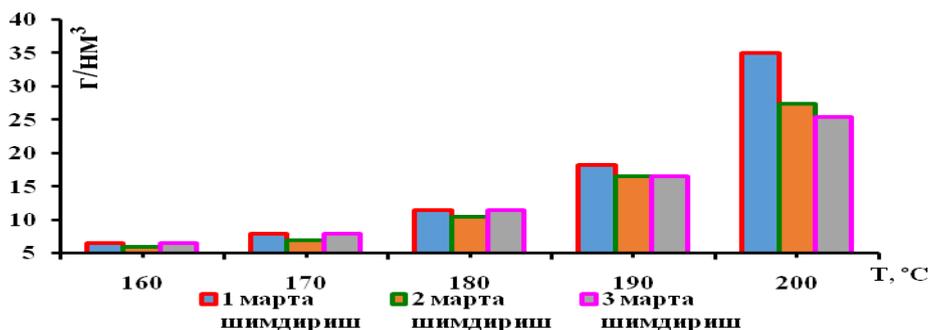
Учала намуна учун метан унумининг ҳароратга боғлиқликлари 2-расмда кўрсатилган. Паст ҳароратлар оралиғида метан ҳосил бўлиши барча учта намуна учун деярли фарқ қилмаган. Шундай қилиб метаннинг унуми ўтказиб юборилган газнинг 160°Сда 1 г/м³, 180°С да 5-6 г/м³ ни ташкил қилди. Фақат синтез-газдан, юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олишнинг 200°С ҳароратида 1 та юттиришда тайёрланган намунадаги метан ҳосил бўлиши жиддий равишда қолган намуналардан фарқ қилган: унда метаннинг унуми 20-22 г/м³ га нисбатан 30 г/м³ ни ташкил этди.

Этан, пропан, бутан ва этилен, пропен, бутенлар унуми синтез-газдан юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторнинг барча учта намуналари учун деярли фарқ қилмаган. 160°С да этан, пропан, бутан ва этилен, пропен, бутенлар чиқаётган газда қолдиқ микдорларда аниқланган. Ҳарорат кўтарилган сари унум аста-секин ошган ва 200°С да 10-13 г/м³ ни ташкил қилган (3-расм).

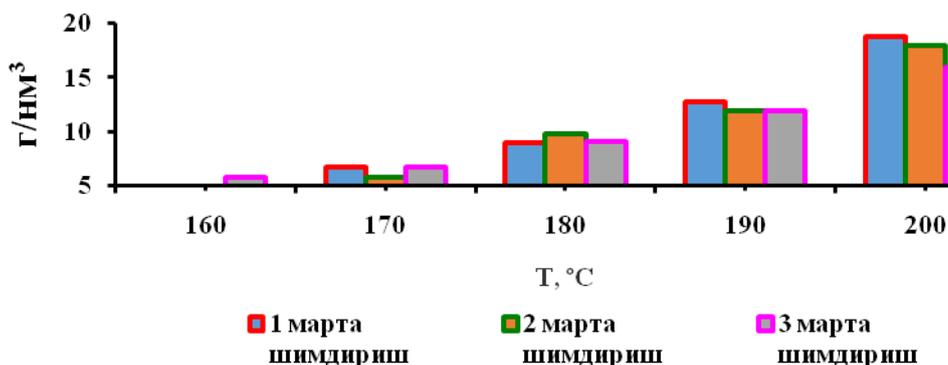
Синтез-газдан юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олишда жараён унумининг ҳароратга боғлиқлиги 4-расмда келтирилган. Экспериментал тадқиқотлар натижасида аниқланишича, ис газни ва водороддан юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олишда ҳарорат кўтарилган сари суюқ синтетик углеводородлар унуми ошди ва 190°С да максимумга етди. Оптимал ҳароратда суюқ синтетик углеводородлар унуми 1,2 ва 3 марта юттиришда тайёрланган синтез-газдан, юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторларда ўтказиб юборилган газнинг 136, 140, 145 г/м³ ни ташкил қилди.



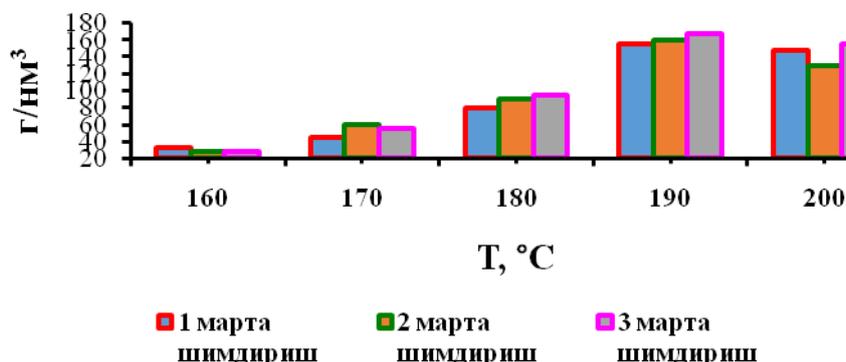
1-расм. Ис газни конверсиясининг ҳароратга боғлиқлиги



2-расм. Метан унумининг ҳароратга боғлиқлиги



3-расм. Этан, пропан, бутан ва этилен, пропен, бутенларунумининг хароратга боғлиқлиги



4-расм. Суяқ синтетик углеводородлар унумининг хароратга боғлиқлиги

Ис гази ва водороддан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олишда метан ҳосил бўлишига нисбатан селективлик деярли ўзгаришсиз, 6-7% даражасида қолган (1-жадвал).

Юттириш сони қисқарганда катализатдаги ҳосил бўлган изотўйинган углеводородлар таркиби деярли икки барабар ортади ва битта юттиришга тайёрланган намунада 33 % га етади (2-жадвал, 1-расм). Шу вақтнинг ўзида синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторнинг функциясида ўзгаришлар содир бўлмайди.

1-жадвал

15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторни синтез кўрсаткичига таъсири

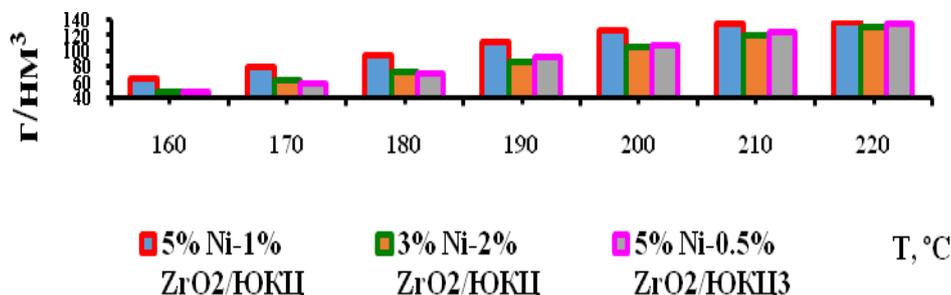
Юттириш-лар сони	T _{оп} °C	CO конверсия си	Унум, г/м ³		C ₅ ва ундан юқори углеводородлар			
			CH ₄	C ₂ -C ₄	C ₅₊	CO ₂		
1 марта	190	74	14	10	139	16	8	86
2 марта	190	75	12	9	141	14	7	87
3 марта	190	81	11	9	147	13	6	88

2-жадвал

15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторни углеводород таркибига таъсири

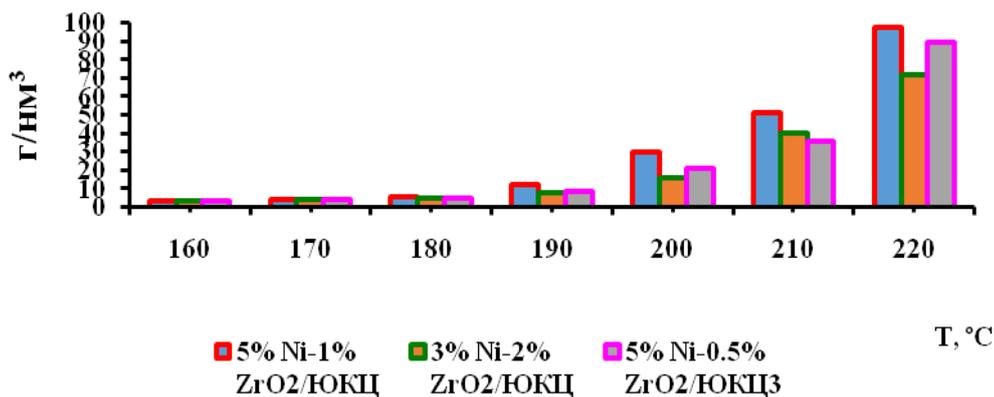
Юттиришлар сони	Суяқ синтетик углеводородлар таркиби, %			Тўйинган углеводородлар таркиби, %		C ₅₊
	олефин	n-алкан	i-алкан	C ₅ —C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊
1 марта	9	60	35	64	36	8
2 марта	9	64	31	59	35	11
3 марта	9	76	19	42	44	19

Тайёрлаш тартибини соддалаштириш синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализатор фаоллиги, мақсадли суяқ синтетик углеводородлар унуми ва уларнинг ҳосил бўлиш селективлигини бир оз пасайтиради. Углеводородларнинг ўртача молекуляр массаси ҳам пасаяди. Метан ҳосил бўлиш селективлиги ўзгаришсиз қолади. Юттиришлар сонини қисқартириш 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторни изомер қобилятини, унинг сирти кислоталилигида ўзгаришлар йўқлигига қарамасдан, оширади.



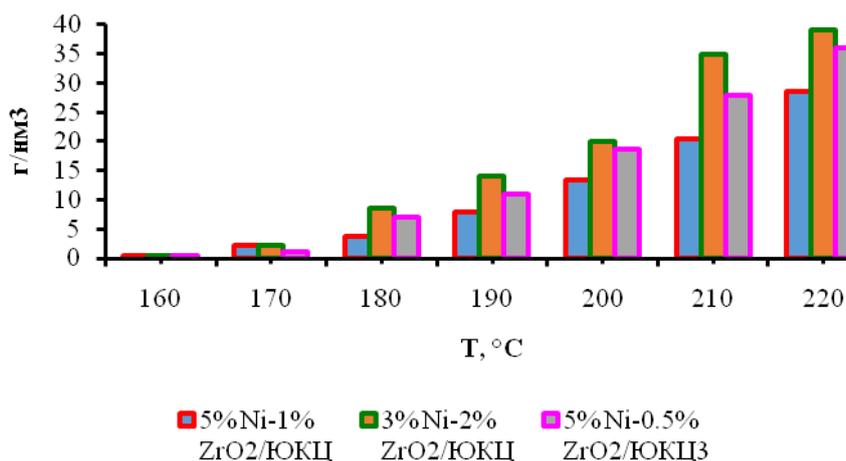
5-расм. СО нинг юқори суяқ синтетик углеводородларга конверсиясининг ҳароратга боғлиқлиги

5-расмда ис газни конверсиясининг синтез ҳароратига боғлиқлиги кўрсатилган. Ҳарорат кўтарилган сари синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторлар фаоллиги ошган, бу ис газни конверсияси 160°C да 5-25 % дан ва 220°C да 90-100% гача ошганилигидан кўриниб турибди. Катализаторнинг фаоллигини оширувчи модда миқдори синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализатор фаоллигига таъсир кўрсатади. Таркибида 1% ZrO₂ ва 5%Ni бўлган намуна анча фаол бўлган. Ундан кейинги иккита намунада эса синтез-газдан юқори молекуляр суяқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторлардагига нисбатан конверсияга 20% га юқори эришилган. Таркибида ZrO₂ ва 5% бўлган намуналар фаолликнинг яқин даражасини намоён қилди.

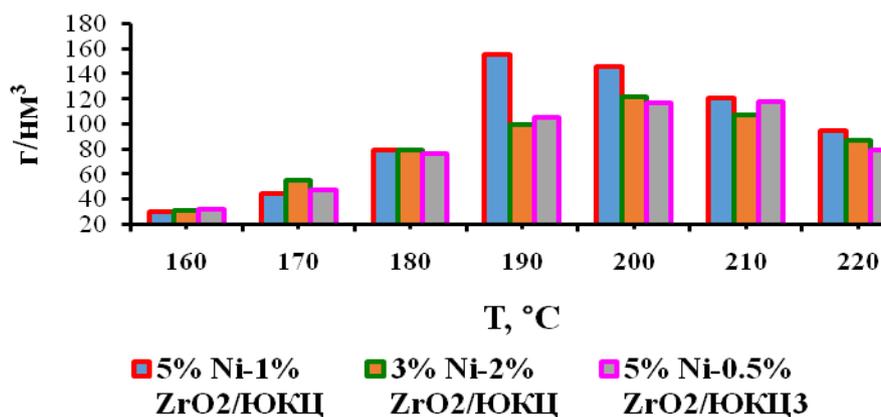


6-расм. СО нинг юқори суюқ синтетик углеводородларга конверсиясида метан унумининг ҳароратга боғлиқлиги

Энг юқори метан ҳосил бўлиши 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ синтез-газдан юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторда кузатилиб, 200°C да 30 г/м³ ни ташкил қилди. Ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижасида таркибида 2 ва 0.5% ZrO₂ бўлган катализатор намуналарда метан унуми 21 ва 17 г/м³ ни ташкил этиши кузатилди. Ҳарорат кўтарилган сари метаннинг ҳосил бўлиш унуми кескин ошиши билан бирга намуналарнинг каталитик фаоллиги метан ҳосил бўлишига нисбатан сақланиб қолган. 220°C да ис гази ва водороддан синтетик пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар синтезида метан унуми таркибида 1, 3 ва 5% ZrO₂ бўлган намуналар учун 89.4, 98.2, ва 74 г/м³ ни ташкил қилди (6-расм).



7-расм. Ис гази ва водороддан юқори суюқ синтетик углеводородлар синтезида C₂-C₄ унумининг ҳароратга боғлиқлиги



8-расм. Сууюқ синтетик углеводородлар унумининг хароратга боғлиқлиги

Этан, пропан, бутан ва этилен, пропен, бутенлар углеводородлар унуми ҳам синтез-газдан юқори молекуляр сууюқ синтетик углеводородлар олишининг харорати кўтарилган сари ошган ва 200°Cда 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ, 15%Co-15%Fe-3%Ni-2%ZrO₂/ЮКЦ ва 15%Co-15%Fe-5%Ni-0.5%ZrO₂/ЮКЦнамуналарда 14, 19 ва 20 г/м³ га етди. Таркибида 1%ZrO₂ ва 5%Ni бўлган энг фаол намуна этан-бутан аралашмасининг энг кичик миқдори ҳосил бўлишини таъминлади (7-расм). 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦэнг фаол контакт синтез-газданюқори молекуляр сууюқ синтетик углеводородлар олишининг оптимал харорати (190°C)да ўтказиб юборилган газнинг 136 г/м³ унумини таъминлади. Иккита бошқа синтез-газдан, яъни ис гази билан водороддан иборат аралашмадан юқори молекуляр сууюқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализатор учун оптимал харорат юқорироқ, 200°C эди. Бу ҳолда сууюқ синтетик углеводородлар унуми ўтказиб юборилган газнинг 99-103 г/м³ га етди (8-расм).

3-жадвал

Катализатор(15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ)фаоллигини оширувчи модда таркибини синтез-газдан, юқори молекуляр сууюқ синтетик углеводородлар олиш кўрсаткичларига таъсири

Таркиби ZrO ₂ , %	T _{опт} , °C	CO, %	Унум, г/м ³ •соат				CH ₄ %	C ₅₊ %
			CH ₄	C ₂ -C ₄	C ₅₊	CO ₂		
1	200	72	21	20	101	14	15	72
3	190	76	14	9	138	14	8	87
5	200	69	18	21	105	10	13	75

Синтез-газдан юқори молекуляр сууюқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторлар ишлашининг кўрсаткичлари 3ва4-жадвалларда келтирилган. Шундай қилиб,Синтез-газдан юқори молекуляр сууюқ синтетик углеводородлар олиш учун ZrO₂ (3%) ли катализатор оптимал кўрсаткични намоён қилади (85%)

4-жадвал

Катализатор(15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ)фаоллигини оширувчи модда таркибини синтез-газдан, юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олиш кўрсаткичларига таъсири

ZrO ₂ , %	олефинлар	н-алканлар	изо-алканлар	C ₅ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊
1	10	62	33	67	31	8
3	9	60	36	63	34	9
5	8	54	41	65	32	8

Катализатор иштирокида этилен қатори бирикмаларининг миқдори цирконий оксид таркибидан қатий назар ўзгармас 8.5-9% ни ташкил қилди. Олинган натижалар шуни кўрсатдики 1 ва 3 ZrO₂, ли намуналарда изотузилишли углеводородлар таркиби 31-33% ташкил қилди катализаторнинг фаоллигини оширувчи модда ZrO₂, 5% энг кўп миқдорда бўлган намуна юқори қобилятни 40% намоён қилди. Қаттиқ тўйинган углеводородлар унумига катализатор таркиби унинг фаоллигини оширувчи модда миқдори деярли тасир этмаган (7-8%), бензин гуруҳи углеводородларининг унуми эса 60-65% ни ташкил қилди. (4-жадвал).

Синтез-газдан юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олиш учун танланган катализаторда 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ ис газни ва водороддан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар синтезига босимнинг таъсири ўрганилди. Ҳароратни 60 дан 190°C гача кўтарган ҳолда босим 0.5-0.6 МПа бўлганда ва ҳажмий тезликнинг 2000-2500 соат⁻¹ қийматида тажриба олиб борилди. Ушбу ҳароратга эришилганда 0.5 МПа дан босим 2.0 МПа гача кўтарилганда C₅₊ углеводородларни чиқиш унуми 82% ни ташкил этди.

Ис газни босими регенерация босқичида синтез-газдан юқори молекуляр суюқ синтетик углеводородлар олишнинг мақсадли маҳсулотлари суюқ синтетик углеводородларнинг фракцион ва гуруҳли таркибига деярли таъсир кўрсатмайди (5-жадвал). Бироқ босим ошганида кўшимча маҳсулотлар оксигенатлар, айниқса этанол кўпроқ ҳосил бўлиши кузатилади.

5-жадвал

Суюқ синтетик углеводородлар таркибига СО босимининг 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ танланган катализаторни фаоллаштириш босқичи таъсири T_{опт}=190°C, CO+H₂ нинг ўтиш тезлиги 25л/соат

№	Босим атм	Суюқ синтетик углеводородлар				Углеводородлар, %				
		C ₅ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊	Olefinlar	[Oxy]	(CH ₃) ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃₊
1	1	79	12	9	47	20	1	2	14	3
2	2	82	15	3	52	20	1	2	13	3
3	5	80	17	3	51	23	1	3	16	3
4	7	83	13	4	46	32	1	3	23	5
5	10	82	13	5	48	26	1	2	20	3

Диссертациянинг «Ис газни билан водороддан иборат аралашмадан танланган катализаторда юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар жараёни технологияси» деб

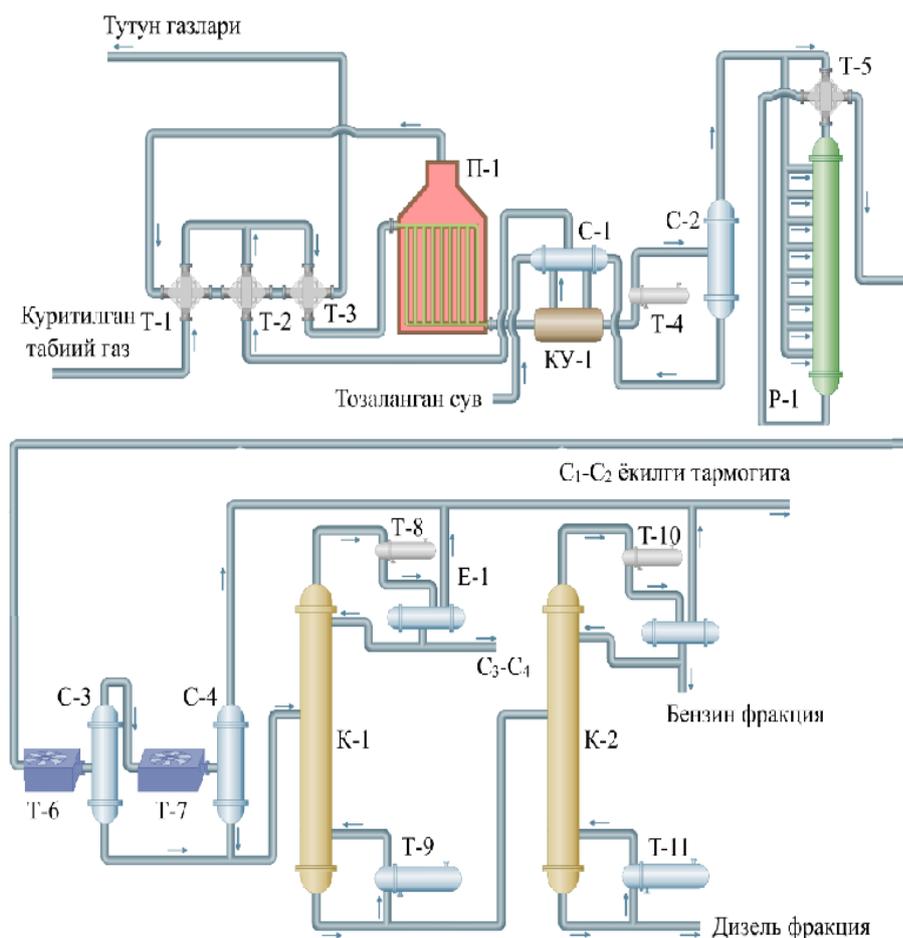
номланган тўртинчи бобидасинтез-газдан юқори молекуляр углеводородлар ишлаб чиқаришнинг чиқиндисиз технологияси яратилган.

Махсус адсорбентлар ёрдамида сув буғларидан ва олтингугуртли бирикмалардан тозаланган табиий газ Т-1 иссиқлик алмаштиргичда иситилади.

Т-2 иссиқлик алмаштиргичда совутилади; Т-3 иссиқлик алмаштиргичда қиздирилади ва иссиқлик қозони КУ-1 гаюборилади сўнгра ис газни ва водороддан иборат аралашма С-1 сепаратори орқали Т-2 иссиқлик алмаштиргичнинг супер қиздиргичига берилади.

Т-4 иссиқлик алмаштиргичда газлар аралашмаси совутилади ва буғларидан тозалаш учун С-1 сепараторига қайтарилади. Сув буғларидан тозаланган ис газни ва водороддан иборат аралашма Т-5 иссиқлик алмаштиргичда иситилиб юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун Р-1 реакторга юборилади.

Р-1 ис газни ва водороддан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун мўлжалланган реакторда ҳосил бўлган реакцион аралашма Т-6 иссиқлик алмаштиргичда совутилиб, С-3 сепараторида пропандан гексадекангача бўлган фракцияларидан ажратилади, сўнгра қолган қолдиқ С-3 сепараторда қолган газ фазаси Т-7 иссиқлик алмаштиргичда совутилади ва С-4 сепараторига киради.



9-расм. Ис газни билан водороддан иборат аралашмадан танланган катализаторлар иштирокида юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш жараёнининг технологик схемаси

Т-1 иссиқлик алмаштиргич; Т-2 иссиқлик алмаштиргич; Т-3 иссиқлик алмаштиргич; П-1 печь; КУ-1 иссиқлик қозони; С-1 сепаратори; Т-4 иссиқлик алмаштиргич; С-2 сепаратори; Т-5 иссиқлик алмаштиргич; Р-1 ис газы ва водороддан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун мўлжалланган реактор; Т-6 иссиқлик алмаштиргич; С-3 сепаратор; К-1 стабилизация устуни; Т-7 иссиқлик алмаштиргич; С-4 сепаратори; Т-8 иссиқликалмаштиргич; Е-1 қайтарувчи идиш; Т-9 иссиқликалмаштиргич; К-2 устуни

Пропандан гексадекангача бўлган фракцияларидан ажратилгандан сўнг қолган қолдиқ таркибидаги метан ва C_2 углевод атомларини сақлаган газлар С-4 сепараторидан умумий ёқилғи тармоғига чиқарилади.

ХУЛОСА

1. Маҳаллий хомашё асосида синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш реакцияси учун юқори кремнийли цеолит (ЮКЦ) лар синтези ва уларнинг тузилиши физик-кимёвий жиҳатдан тадқиқ қилинди.

2. Олинган турли таркибдаги юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун танланган катализаторларнинг каталитик фаоллиги текстуравий ва физик-кимёвий характеристикалари аниқланди.

3. Синтез-газдан юқори молекуляр синтетик углеводородлар олиш реакциясида турли таркибда ва турли усулларда олинган цеолитли катализаторларнинг реакциянинг бориш қонуниятлари асосида каталитик тизимларнинг мақбул таркиби аниқланди.

4. Илк бор олинган $15\%Co-15\%Fe-5\%Ni-1\%ZrO_2/ЮКЦ$ таркибли катализаторни қўллаб синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олишда босим 0.5 дан 2.0 МПа гача кўтарилганда унум 28 дан 41 г/м³ гача, суюқ углеводородлар бўйича унумдорлик ҳам 55 дан 89% $C_{5+}/м^3$ гача ортиши аниқланди.

5. Танланган юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган $15\%Co-15\%Fe-5\%Ni-1\%ZrO_2/ЮКЦ$ таркибли катализаторнинг стабиллиги юқорилиги, яъни коксланиш даражаси пастлиги аниқланди.

6. Маҳаллий хом ашёлар асосида олинган синтез-газдан юқори молекуляр синтетик, пентандан нонадекангача бўлган углеводородлар олиш учун танланган катализаторни қўллаб, юқори молекуляр суюқ углеводородлар олиш жараёнининг технологияси ишлаб чиқилди.

**УЧЁНЫЙ СОВЕТ РнД.23/30.07.2022.К/Т. 150.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ИННОВАЦИОННОМ ХИМИЧЕСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ**

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КУЙБОКАРОВ ОЙБЕК ЭРГАШОВИЧ

**ВЫБОР КАТАЛИЗАТОРА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА
НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

02.00.14- «Технология органических веществ и материалов на их основе»

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

Тошкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2022.4.PhD/T1922.

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (<https://tik-titi.uz>) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Файзуллаев Нормурат Ибадуллаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Муродов Музаффар Муродович
доктор технических наук

Эшкурбанов Фуркат Базарович
доктор химических наук, доцент

Ведущая организация: Навоийский государственный горно-технологический университет

Защита диссертации состоится «18» 02 2022 года в 14⁰⁰ часов на заседании Учёного совета PhD.23/30.07.2022.К/Т. 150.01 при Ташкентском инновационном химическо-технологическом научно-исследовательском институте (Адрес: 100104, г. Ташкент, ул. Бешкургон, 10. Тел.: (99890)317-72-77, факс:(99895)515-77-71, e-mail:tikitimm@gmail.com)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского инновационного химическо-технологического научно-исследовательского института (зарегистрирована за № 1). Адрес: 100104, г. Ташкент, ул. Бешкургон, 10. Тел.: (99890)317-72-77, факс:(99895)515-77-71 , e-mail:tikitimm@gmail.com

Автореферат диссертации разослан « 2 » 02 2023 года.

(протокол реестра рассылки № 2 от « 2 » 02 2023 г.).



С. Манарипов
Председатель Научного совета по присуждению учёных степеней, к.т.н., проф.

Юсупова Н.Ф.
Учёный секретарь Научного совета по присуждению учёных степеней, к.т.н., доц.

Сиддиков А.С.
Заместитель председателя научного семинара при научном совете по присуждению учёной степени, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире на сегодняшний день одним из наиболее перспективных методов получения моторного топлива из углеродосодержащих ресурсов, используемых в качестве альтернативы нефти, является технология GTL. Синтетические топлива, в отличие от нефтепродуктов, не содержат моно- и полициклических ароматических соединений, а также органических соединений, содержащих атомы серы и азота, и являются экологически чистым, качественным, пригодным к потреблению топливом. Сырьевая база синтетического топлива широко распространена в природе, в связи с чем разработка на их основе высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана имеет важную значимость.

На сегодняшний день в мире альтернативными методами, способными заменить нефть, являются синтез высокомолекулярных углеводородов из смеси угарного газа и водорода, а также подобные технологии. Они вносят положительный вклад в мировую энергетическую безопасность и энергоснабжение. При синтезе высокомолекулярных углеводородов из смеси угарного газа и водорода синтез-газ превращается в жидкое углеводородное топливо. При этом особое внимание уделяется обоснованию следующих научных решений по получению цеолитных катализаторов химической переработки газов, в частности: подбор микропористых активированных цеолитных катализаторов на основе местного сырья, улучшение их текстурно-структурных свойств и определение альтернативного температурного режима высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа от пентана до нонадекана на основе активированных цеолитных катализаторов; научное обоснование зависимости выхода продуктов от природы и состава подобранных катализаторов, способа приготовления катализаторов получения высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа от пентана до нонадекана и условий проведения реакции, а также разработка технологии получения высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа, от пентана до нонадекана. В республике достигаются научные и практические результаты в области модернизации нефтегазовой промышленности, локализации экспортно-сырьевой базы производственных предприятий на основе новых материалов, производства высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана и использования их в различных отраслях органической химической промышленности.

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан поставлены важнейшие задачи, такие как «Повышение промышленности на качественно новый уровень, глубокая переработка местных сырьевых ресурсов, интенсификация производства готовой

продукции, освоение новых видов продукции и технологий»¹. В этом отношении важное значение имеет получение ароматических углеводородов путем каталитической ароматизации попутных газов нефти в присутствии катализаторов для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа – смеси угарного газа и водорода, полученного из местного сырья.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит реализации задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана», Постановлении Президента Республики Узбекистан, от 13.02.2021 года.ПП-4992 «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», ПП-4302 от 1 мая 2019 года «О мерах по дальнейшему развитию промышленной кооперации и расширению производства востребованной продукции», ПП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов», а также других нормативно-правовых актах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Научно-исследовательские работы по созданию технологий получения высокомолекулярных алканов из синтез-газа проводились учёными как С.А. Алхимов, Д.А. Григорьев, М.Н. Михайлов, А.Л. Лapidус, А.Ю. Крылова, Я.В. Михайлова, Л.В. Синёва, А.Б. Ерофеев, С.И. Сулима, В.Г. Бакун, Р.Е. Яковенко, Н.П. Шабельская, А.Н. Салиев, Г.Б. Нарочный, А.П. Савостьянов, Е.В.Сливинский, А.Е. Кузьмин, А.В. Абрамова, Г.А. Клигер, С.М. Локтев, Yao M., Yao N., Shao Y., Han Q., Ma C., Yuan C., Li C., Li X, Jacobs G., Das T.K., Zhang Y., Li J., Racoillet G., Davis B.H, Zhong, L.; Yu, F.; An, Y.; Zhao, Y.; Sun, Y.; Li, Z.; Lin, T.; Lin, Y.; Qi, X.; Dai, Y.; Gu, L.; Hu, J.; Jin, S.; Shen, Q.; Wang, H, Jiao, F.; Pan, X.; Gong, K.; Chen, Y.; Li, G.; Bao, X, Lin, T.; Qi, X.; Wang, X.; Xia, L.; Wang, C.; Yu, F.; Wang, H.; Li, S.; Zhong, L.; Sun, Y, М.П. Юнусов, С.М. Туробжонов, Н.И. Файзуллаев.

¹Указ Президента Республики Узбекистан, от 28.01.2022 г. УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы»

Ими изучены конверсия синтез-газа в ценные жидкие продукты, создание катализатора и технологий получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, для реакций получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана, получение жидких углеводородов в присутствии катализаторов для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из цеолитного синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, зависимость селективности образования того или иного продукта от строения, состава и кислотности цеолитов, условий предварительной подготовки катализаторов получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, а также условий процесса конверсии газообразных углеводородов.

Несмотря на то, что было проведено множество исследований процесса получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, не были созданы катализаторы с высокой производительностью и селективностью, высокой стабильностью, устойчивостью, прочностью, недорогой стоимостью и высокой активностью снижения коксования.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках прикладного проекта «Новые методы синтеза, испытания и переработки природных и синтетических материалов» и ОТ-А12-46 «Создание катализаторов реакции оксиконденсации метана на основе местного сырья, исследование и оптимизация процесса» плана научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета (2017-2018) и проекта Каршинского инженерно-экономического института №5 от 09 февраля 2017 года «Технологии использования местного сырья в производстве высокомолекулярных соединений и неорганических веществ и их исследование».

Цель исследования: состоит из разработки технологии получения высокомолекулярных синтетических, от пентана до нонадекана углеводородов из синтез-газа на основе местного сырья.

Задачи исследования:

синтез и физико-химические исследования строения высококремнистых цеолитов (ВКЦ) для реакции получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа на основе местного сырья;

создание катализаторов для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа от пентана до нонадекана и изучение их активности физико-химическими методами (термическим,

рентгеноструктурным, электронно-микроскопическим, хроматографическим анализом и ИК-спектроскопией);

определение текстурных и физико-химических характеристик катализаторов для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, т.е. из смеси угарного газа и водорода, и их внедрение в процесс получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа; изучение физико-химических основ процесса получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа на катализаторах получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из подобранного для исследований синтез-газа, т.е. из смеси угарного газа и водорода, и подбор оптимальных условий проведения;

разработка научных основ и совершенствование технологии получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа с использованием подобранного катализатора для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа.

Объектами исследования являются синтез-газ, бентонит Навбахорского района, катализаторы для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода.

Предметом исследования является разработка, изучение состава, строения, физико-химических свойств катализаторов для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из нового синтез-газа, т.е. из смеси угарного газа и водорода, а также разработка технологии получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана.

Методы исследования. В диссертации использованы физические, химические, физико-химические методы (рентгеноструктурный, электронно-микроскопический, хроматографический анализы и ИК-спектроскопия) и математические методы статистической обработки результатов экспериментов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

получены катализаторы различного состава из местного сырья и определена их структура и природа активных центров;

в процессе получения высокомолекулярных углеводородов из синтез-газа использована каталитическая активность катализаторов с высокой производительностью и селективностью для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, а также определены текстурные и физико-химические характеристики катализаторов;

определен оптимальный состав каталитических систем цеолитных катализаторов, полученных в разном составе и разными методами, исходя из закономерностей хода реакции получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа;

впервые было определено, что на подобранном катализаторе состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ для получения высокомолекулярных

синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, при повышении давления от 0,5 до 2,0 МПа при получении высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа выход увеличился с 28 до 41 г/м³, а выход жидких углеводородов увеличился от 55 до 89 кг C₅₊/м³кат.ч;

выявлена высокая стабильность подобранного катализатора состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ с высокой производительностью и селективностью, т.е. низким уровнем коксования, для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из смеси угарного газа и водорода;

разработана технология процесса получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана с использованием подобранного катализатора для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, полученной из местного сырья.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

созданы катализаторы нового состава с высокой производительностью и селективностью для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, а также, исходя из влияния различных факторов на скорость реакции и кинетических условий протекания реакции, были подобраны оптимальные условия проведения процесса в присутствии подобранного катализатора;

определены оптимальные условия протекания реакций по выходу продуктов, разработана энерго- и ресурсосберегающая, малоотходная технология процесса.

Достоверность результатов исследований подтверждается определением состава, строения и свойств синтезированных веществ методами газожидкостной хроматографии, ИК-спектроскопии, элементного анализа, рентгеноструктурного и дериватографического методов анализа, современностью оборудования, используемого в методах исследования, а также совместимостью теоретических и экспериментальных результатов с производственной практикой.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в создании катализатора состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦс высокой продуктивностью и селективностью и высокой стабильностью для реакций получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до

нонадекана из синтез-газа, изучены кислотные свойства, пористость, площадь поверхности, структура активных центров катализатора и кинетические закономерности процессов, а также создана технологическая схема процесса получения углеводородов от пентана до наонадекана.

Практическая значимость исследования служит повышению возможности получения важных для органического синтеза высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до наонадекана в результате разработки технологической схемы процесса получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до наонадекана из синтез-газа с использованием катализаторов для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до наонадекана из получаемого на основе местного сырья синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, эффективному использованию синтез-газа и в определенной мере решению экологических проблем, сбережению энергоресурсов, сокращению экономических, экологических и природно-сырьевых расходов сырья.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов, полученных при разработке технологии получения углеводородов из пентана в наонадекан на основе местного сырья:

внедрен в производство на АО «Мубаракский ГПЗ» катализатор 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ, полученный на основе местного сырья, справка АО «Мубаракский газоперерабатывающий завод» от 07.11.2022 г. № 923/ГК-11). В результате удалось получить углеводороды от пентана до наонадекана в присутствии катализатора нового состава;

внедрен в производство на АО «Мубаракский ГПЗ» синтез-газ, то есть смесь диоксида углерода и водорода, высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до наонадекана (справка АО «Мубаракский газоперерабатывающий завод» от 07.11.2022 г. № 923/ГК-11). В результате удалось получить углеводороды от пентана до наонадекана из синтез-газа, т. е. из смеси, состоящей из углекислого газа и водорода, с использованием катализатора, содержащего 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ.

Апробация результатов исследований. Результаты исследования обсуждены в виде докладов на 4-х международных научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследований. Всего по теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 3 научная статья в международном научном издании, 4 статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD), в том числе в 2-х национальных и 2-х зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность исследования, описаны цель и задачи, объекты и предметы исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, под названием «**Современное состояние и перспективы производства высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа**» подробно изложены результаты проведенных по теме исследований, анализа зарубежной и отечественной литературы, обобщены данные и сделаны научно-аналитические выводы, и на основе информации научной литературы определены цель, задачи, актуальность и значимость диссертационной работы.

Во второй главе диссертации, под названием «**Методика, объект исследования и способы получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из угарного газа и водорода**», описана экспериментальная установка для изучения кинетических закономерностей реакции каталитического получения высокомолекулярных углеводородов из метана, методика проведения эксперимента и анализ продуктов реакции. Приведены исследования по синтезу катализаторов. Исследованы физико-химические и текстурные характеристики катализатора. Выход и состав продуктов реакции определяли методом газожидкостной хроматографии.

В третьей главе диссертации, под названием «**Результаты экспериментов и их обсуждение**», изучены кинетические закономерности процессов и разработаны кинетические модели.

Испытания проводились при следующих оптимальных условиях: давление 0,1 МПа, объемная скорость 100 ч⁻¹. Результаты сравнивали со значениями образцов, приготовленных в 3-х поглощениях.

Как видно из рис. 1, образец, приготовленный при 3-кратном поглощении во всем интервале температур, был более активен – конверсия угарных газов в данном варианте была на 5-10% выше, чем у двух других образцов. При этом образцы, приготовленные при 1- и 2-кратном поглощении, были практически неотличимы друг от друга.

Зависимости выхода метана от температур для всех трех образцов представлены на рис. 2. Образование метана в более низком температурном интервале существенно не отличалось для всех трех образцов. Таким

образом, выход метана составил 1 г/м³ при 160°С и 5-6 г/м³ при 180°С. Только при температуре 200°С получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, образование метана в образцах, приготовленных при 1-кратном поглощении, значительно различалось: выход метана в нем составил 30 г/м³ по сравнению с 20-22 г/м³ для остальных образцов.

Выход этана, пропана, бутана и этилена, пропилена, бутенов не отличался для всех трех образцов подобранного катализатора получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода. Этан, пропан, бутан и этилен, пропен, бутены были определены в остаточных количествах в исходящем газе при 160°С. С повышением температуры выход постепенно увеличивался и составил 10-13 г/м³ при 200°С (рис. 3).

На рис. 4 представлена зависимость выхода жидких синтетических углеводородов от температуры процесса получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из угарного газа и водорода. В результате экспериментальных исследований было установлено, что выход жидких синтетических углеводородов увеличивался с повышением температуры при получении высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из углекислого газа и водорода и достигал максимума при 190°С. Выход жидких синтетических углеводородов при оптимальной температуре составил 136, 140, 145 г/м³ газа, проведенного через подобранные катализаторы для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, приготовленного при 1, 2 и 3-х кратном поглощении.

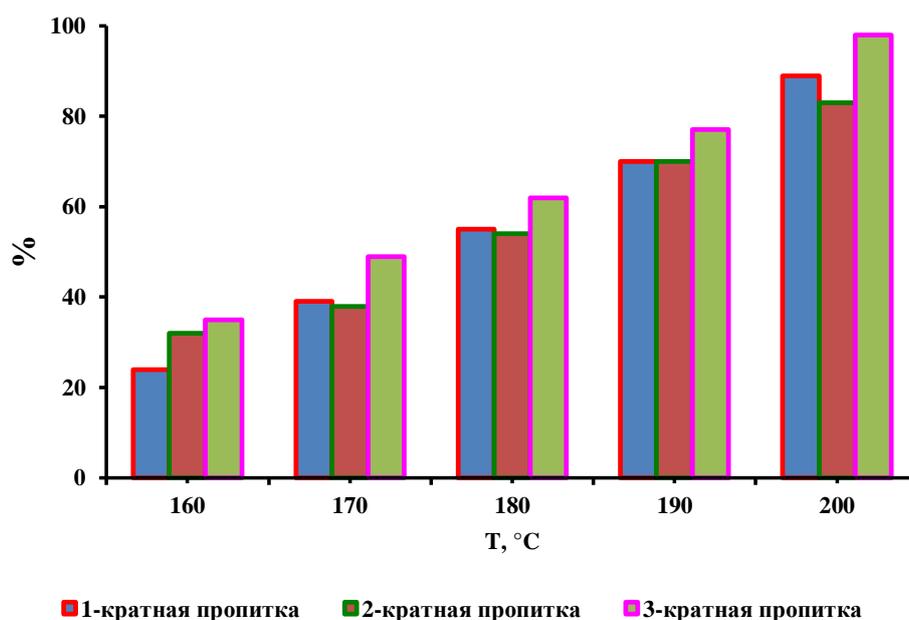


Рис. 1. Зависимость конверсии угарного газа от температуры синтеза

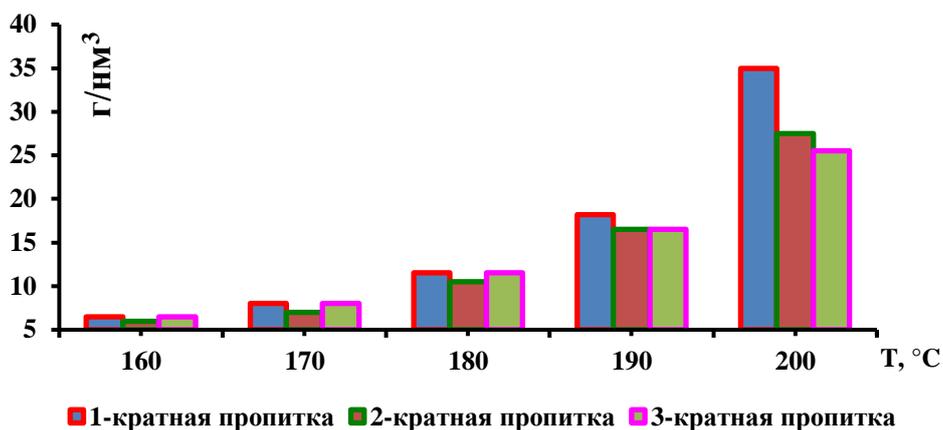


Рис. 2. Зависимость выхода метана от температуры синтеза

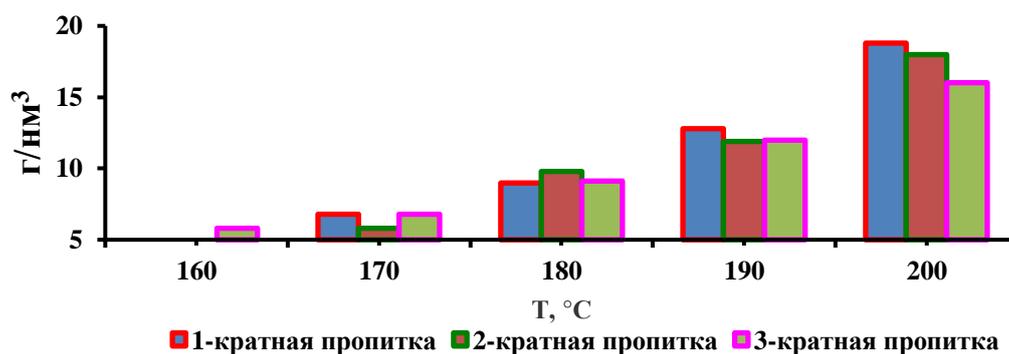


Рис. 3. Зависимость выхода этана, пропана, бутана и этилена, пропена, бутенов от температуры синтеза

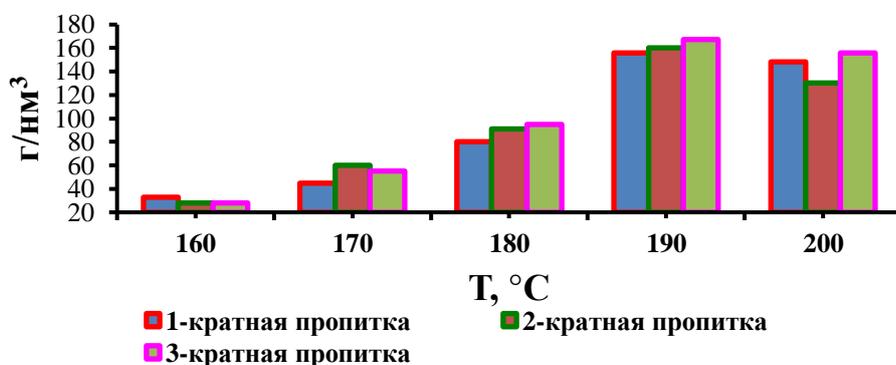


Рис. 4. Зависимость выхода жидких синтетических углеводородов от температуры синтеза

При получении высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из угарного газа и водорода селективность образования метана практически не изменилась, и была на уровне 6-7% (табл. 1).

При уменьшении количества поглощений содержание изо-предельных углеводородов, образующихся в катализаторе, увеличивается почти вдвое и достигает 33 % в пробе, приготовленной при 1-кратном поглощении (табл. 2, рис. 1). В то же время не происходят изменения функции подобранного катализатора для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода.

Таблица 1

Влияние способа приготовления подобранного катализатора состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ для получения жидких высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа на показатели синтеза

Способ количество поглощений	T _{олп} °C	K _{CO>} %	Выход, г/м ³				S _{CH₄} %	S _{ПЕНТАН ВА УНДАН}
			CH ₄	C ₂ -C ₄	C ₅₊	CO ₂		
1-кратный	190	74	14	10	139	16	8	86
2-кратный	190	75	12	9	141	14	7	87
3-кратный	190	81	11	9	147	13	6	88

Таблица 2

Влияние способа приготовления подобранного катализатора состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ для получения жидких высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода на состав катализата

Количество поглощений	Состав жидких синтетических углеводородов, % состав группы УВ, %			Состав насыщенных углеводородов, %		
	олефины	н-алканы	и-алканы	C ₅ —C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊
1-кратный	9	60	35	64	36	8
2-кратный	9	64	31	59	35	11
3-кратный	9	76	19	42	44	19

Таким образом, упрощение процедуры получения жидких высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа, т. е. смеси угарного газа и водорода, несколько снижает активность подобранного катализатора, выход целевых жидких синтетических углеводородов и селективность их образования. Также уменьшается средняя молекулярная масса углеводородов. Селективность образования метана остается неизменной. Сокращение количества абсорбций подобранного для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода при присутствии катализатора состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ, увеличивает изомерную способность, несмотря на отсутствие изменений ее поверхностной кислотности.

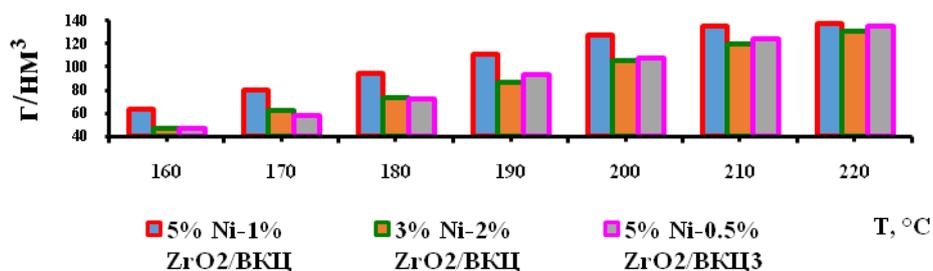


Рис. 5. Зависимость конверсии СО в высокомолекулярные жидкие синтетические углеводороды

На рис. 5 представлена зависимость конверсии угарных газов от температуры синтеза. С повышением температуры возрастала активность подобранных катализаторов получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, о чем свидетельствует увеличение конверсии углерода с 5 до 25% при 160°C и от 90 до 100% при 220°C. Количество вещества, повышающего активность катализатора, влияет на активность выбранного катализатора получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, то есть смеси, состоящей из газа и водорода. Так, образец, содержащий 1 % ZrO₂ и 5 % Ni, оказался более активным. При нем достигнута на 20% более высокая конверсия по сравнению с катализаторами, подобранными для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из двух других синтез-газов, т. е. смеси угарного газа и водорода. Образцы, содержащие ZrO₂ и 5 %, показали аналогичный уровень активности (рис. 5).

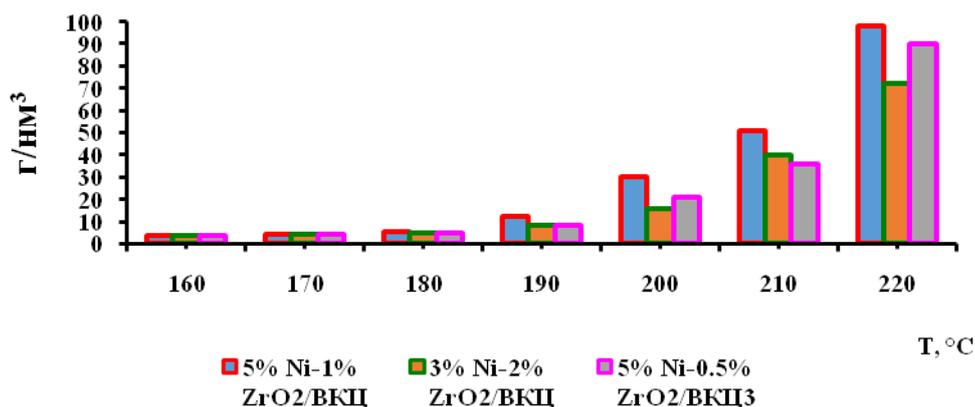


Рис. 6. Зависимость выхода метана при конверсии СО в высокомолекулярные жидкие синтетические углеводороды

Наибольшее образование метана наблюдалось на катализаторе состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ, подобранном для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа,

т.е. смеси угарного газа и водорода, и составило 30 г/ м^3 при 200°C . В результате проведенных экспериментальных исследований доказано, что выход метана составляет 21 и 17 г/ м^3 при данной температуре в образцах катализаторов, содержащих 2 и 0,5 % ZrO_2 . С повышением температуры резко возрастает выход образования метана, при этом сохраняется соотношение каталитической активности образцов к образованию метана: при синтезе углеводородов от пентана до нонадекана из угарного газа и водорода, выход метана при 220°C для образцов, содержащих 3,1 и 5% ZrO_2 составил 98,2, 89,4 и 74 г/ м^3 соответственно (рис. 6).

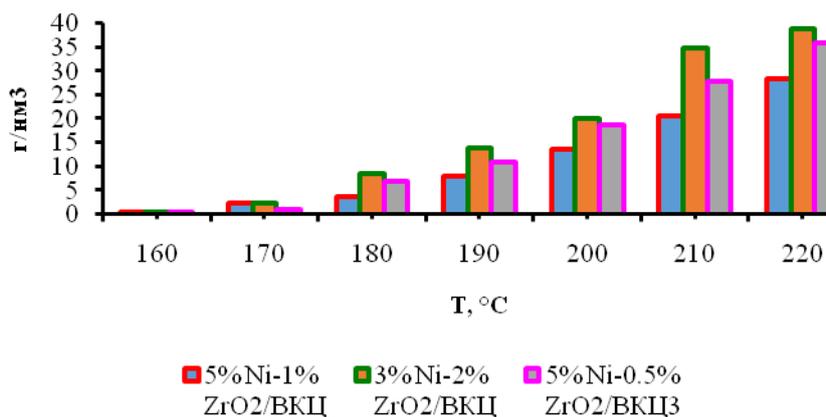


Рис. 7. Зависимость выхода $\text{C}_2\text{-C}_4$ от температуры синтеза при синтезе высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из угарного газа и водорода

Выход этана, пропана, бутана и этилена пропилена, бутенов также увеличивался с повышением температуры получения высокомолекулярных синтетических жидких углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водород, и при 200°C в образцах $15\%\text{Co-}15\%\text{Fe-}5\%\text{Ni-}1\%\text{ZrO}_2/\text{BKЦ}$, $15\%\text{Co-}15\%\text{Fe-}3\%\text{Ni-}2\%\text{ZrO}_2/\text{BKЦ}$ и $15\%\text{Co-}15\%\text{Fe-}5\%\text{Ni-}0.5\%\text{ZrO}_2/\text{BKЦ}$ составил 14, 19 и 20 г/ м^3 соответственно. Так, наиболее активный образец, содержащий 1% ZrO_2 и 5 % Ni, давал наименьшее количество этан-бутановой смеси (рис. 7). Таким образом, $15\%\text{Co-}15\%\text{Fe-}5\%\text{Ni-}1\%\text{ZrO}_2/\text{BKЦ}$ обеспечил выход 136 г/ м^3 пропускного газа при оптимальной температуре (190°C) для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа. Оптимальная температура для катализатора, подобранного для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из двух других синтез-газов, т.е. смеси угарного газа и водорода, была выше 200°C . При этом выход жидких синтетических углеводородов достигал $99\text{-}103 \text{ г/ м}^3$ пропущенного газа (рис. 8).

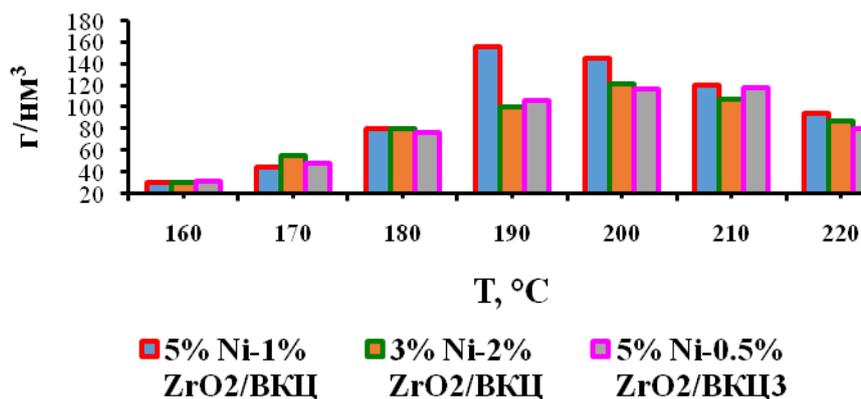


Рис. 8. Зависимость выхода жидких синтетических углеводородов от температуры синтеза

В табл. 3, 4 приведены эксплуатационные показатели подобранных катализаторов для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода. Так, селективность по C_{5+} при оптимальном содержании ZrO_2 (3%) составила 85 % относительно 74-74 % при содержании усилителя активности катализатора 2 и 0,5 % (табл. 3).

Таблица 3

Влияние состава вещества, повышающего активность катализатора в подобранном катализаторе 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/BKЦ для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, на показатели синтеза углеводородов

Содержание ZrO_2 , %	$T_{опт}$, °C	K_{Co} , %	Выход, г/м ³ ·час				S_{CH_4} %	Спента и выше
			CH_4	C_2-C_4	C_{5+}	CO_2		
1	200	72	21	20	101	14	15	72
3	190	76	14	9	138	14	8	87
5	200	69	18	21	105	10	13	75

Содержание ненасыщенных соединений этиленового ряда в катализате составило постоянные 8,5-9% в независимости от содержания оксида циркония. Наибольшую способность показал образец с наибольшим количеством усилителя активности катализатора: содержание изоструктурных углеводородов в катализаторе составило 40% (31-33% в двух других образцах). Групповой состав катализата почти не зависел от содержания вещества, повышающего активность катализатора: содержание бензиновой группы [8] составляло 60-65 %, содержание твердых предельных углеводородов 7-8 % (табл. 4).

Таблица 4

Влияние содержания вещества, повышающего активность катализатора в катализаторе 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ, подобранном для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, на состав жидких синтетических углеводородов

ZrO ₂ , %	Олефины	н-алканы	и-алканы	C ₅ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊
1	10	62	33	67	31	8
3	9	60	36	63	34	9
5	8	54	41	65	32	8

Нами было исследовано влияние подобранного катализаторасостава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из смеси синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода, на синтез высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из смеси синтез-газа. Эксперименты по синтезу высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из угарного газа и водорода проводили при давлении 0,5-0,6 МПа и объемной скорости 2000-2500 ч⁻¹, повышении температуры от 60 до 190°C. При достижении этой температуры давление повышали до 2,0 МПа с шагом 0,5 МПа.

Давление угарного газа на стадии регенерации практически не влияет на фракционный и групповой состав жидких синтетических углеводородов - целевых продуктов получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа (табл. 5). Однако при повышении давления наблюдается большее образование побочных продуктов – оксигенатов, особенно этанола.

Таблица 5

**Влияние давления СО на состав жидких синтетических углеводородов на стадии активации подобранного катализатора 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦ для получения высокомолекулярных жидких синтетических углеводородов из синтез-газа, т.е. смеси угарного газа и водорода. Условия активации: 300°C
Условия синтеза: T_{опт}=300°C, 1CO+1H₂, 25л/ч**

№	Давление, атм	Жидкие синтетические углеводороды				Оксигенаты, %				
		C ₅ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊	Олефины	[Oxy]	(CH ₃) ₂	C ₁	C ₂	C ₃₊
1	1	79	12	9	47	20	1	2	14	3
2	2	82	15	3	52	20	1	2	13	3
3	5	80	17	3	51	23	1	3	16	3
4	7	83	13	4	46	32	1	3	23	5
5	10	82	13	5	48	26	1	2	20	3

В четвертой главе диссертации, под названием «Технология процесса получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана на подобранном катализаторе из смеси угарного газа и водорода», создана безотходная технология получения высокомолекулярных углеводородов из синтез-газа.

Природный газ, очищенный от паров воды и соединений серы при помощи специальных адсорбентов, нагревается в теплообменнике Т-1, охлаждается в теплообменнике Т-2; подогревается в теплообменнике Т-3 и направляется в тепловой котёл КУ-1, затем смесь угарного газа и водорода через сепаратор С-1 подается в перегреватель теплообменника Т-2.

Газовая смесь охлаждается в теплообменнике Т-4 и возвращается в сепаратор С-1 на дегазацию. Очищенную от паров воды смесь угарного газа и водорода нагревают в теплообменнике Т-5 и направляют в реактор Р-1 для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана.

Реакционная смесь, образуемая в реакторе Р-1, предназначенном для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из угарного газа и водорода, охлаждается в теплообменнике Т-6 и отделяется от фракций от пропана до гексадекана в сепараторе С-3, затем оставшаяся газовая фаза в остаточном сепараторе С-3 охлаждается в теплообменнике Т-7 и поступает в сепаратор С-4.

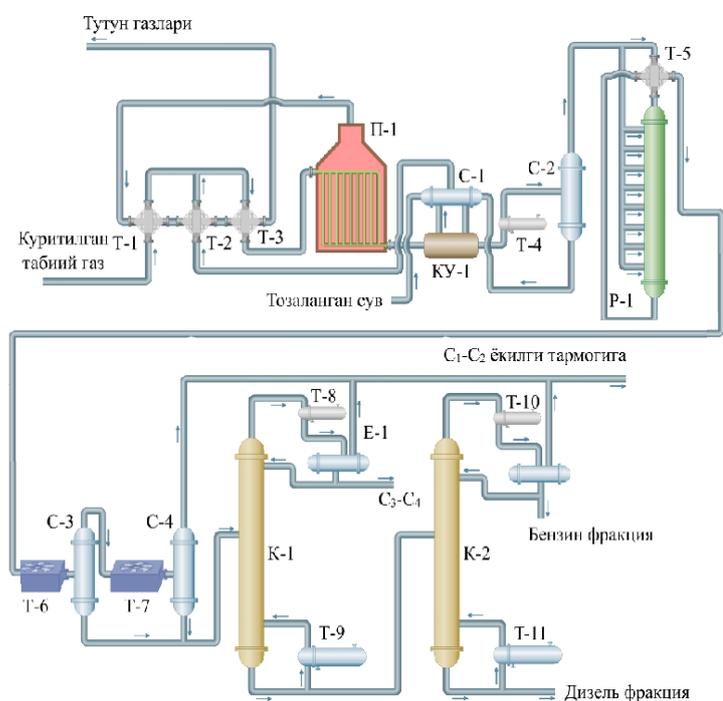


Рис. 9. Технологическая схема процесса получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана на подобранном катализаторе из смеси угарного газа и водорода

Т-1теплообменник; Т-2теплообменник; Т-3теплообменник; П-1 печь; КУ-1тепловой котел; С-1сепаратор; Т-4теплообменник; С-2сепаратор; Т-

5теплообменник; Р-1реактор, предназначенный для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из угарного газа и водорода; Т-6теплообменник; С-3сепаратор; К-1стабилизационная колонна; Т-7теплообменник; С-4 сепаратор; Т-8 теплообменник; Е-1ёмкость возврата; Т-9теплообменник; К-2колонна.

После разделения фракций от пропана до гексадеканагазы, содержащие в остаткеметаниатомы углерода C_2 , выводятся из сепаратора С-4 в общую топливную сеть.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнено физико-химическоеисследование синтеза высококремнистых цеолитов (ВКЦ) и их структур для реакции получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана на основе местного сырья.

2. Определены каталитическая активность, текстурные и физико-химические характеристики подобранных катализаторов различного состава высокой производительностью и селективностью для получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа.

3. Определён оптимальный состав каталитических систем на основе закономерностей взаимодействия цеолитных катализаторов, полученных в разном составе и разными методами, в реакции получения высокомолекулярных синтетических углеводородов из синтез-газа.

4. Впервые было определено, что на подобранном катализаторе состава 15%Со-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦдля получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа при повышении давления от 0,5 до 2,0 МПа выход увеличился с 28 до 41 г/м³, а выход жидких углеводородов увеличился от 55 до 89 кг C₅₊/м³кат.ч

5. Установлено, что подобранный катализатор состава 15%Со-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ВКЦсвысокой продуктивностью и селективностью обладает высокой стабильностью, т.е. низкой скоростью коксования.

6. Разработана технология производства высокомолекулярных жидких углеводородов с использованием подобранного катализатора получения высокомолекулярных синтетических углеводородов от пентана до нонадекана из синтез-газа, полученного из местного сырья.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
PhD.23/30.07.2022.K/T. 150.01 AT TASHKENT INNOVATIVE CHEMICAL
TECHNOLOGY SCIENTIFIC AND RESEARCH INSTITUTE**

KARSHI ENGINEERING – ECONOMIC INSTITUTE

OYBEK KUYBOKAROV

**SELECTION OF A CATALYST AND TECHNOLOGY FOR PRODUCING
HIGH MOLECULAR HYDROCARBONS FROM SYNTHESIS GAS ON
THE BASIS OF LOCAL RAW MATERIALS**

02.00.14–Technologyoforganicsubstancesandmaterialsbasedonthem

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) BY
TECHNOLOGICAL SCIENCES**

Tashkent -2023

The theme of dissertation Doctor of Philosophy (PhD) was registered by Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number of B2022.4.PhD/T1922.

The dissertation has been carried out at the Karshi engineering economic institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online <https://tik-titi.uz> and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal www.ziyo.net.

Scientific supervisor: Faizullaev Normurat Ibodullaevich
Doctor of technical science, professor

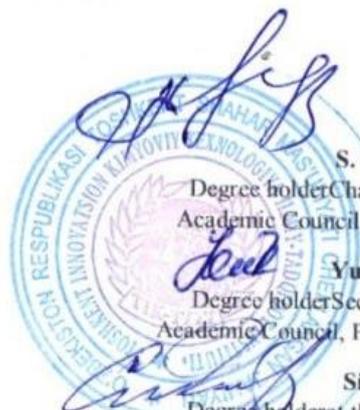
Official opponents: Murodov Muzaffar Murodovich
Doctor of technical science,
Eshkurbonov Furkat Bozorovich
Dr. Khimicheskikh Nauk, associate professor

Leading organization: Navoi State University of Mining and
Technology

Defense of the dissertation will take place on «18» 02 2023 in «14⁰⁰» at the meeting of Scientific council PhD.23/30.07.2022.K/T. 150.01 at the “Tashkent research institute of innovative chemical technology” (Address: 100104, 10Beshkurgon Street, Tashkent. Phone: (99890) 317-72-77, fax: (99895) 515-77-71, e-mail: tiktitim@gmail.com).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of Tashkent research institute of innovative chemical technology” under № 2 (Address: 100104, 10Beshkurgon Street, Tashkent. Phone: (99890) 317-72-77, fax: (99895) 515-77-71, e-mail: tiktitim@gmail.com).

The abstract of the dissertation has been distributed on «2» 02 2023
Protocol at the register № 2 dated «2» 02 2023



S. Masharipov
Degree holder Chairman of the
Academic Council, Ph.D., prof.

Yusupova N.F.
Degree holder Secretary of the
Academic Council, Ph.D., Assoc.

Siddikov A.S.
Degree holder at the Academic
Council chairman of the scientific
seminar, doctor of technical
sciences, prof.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research consists in studying the reaction of obtaining high molecular weight synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas and developing a technology for producing high molecular weight synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane.

The Objects of reseach are synthesis gas, bentonite of the Navbakhor region, catalysts for the production of high-molecular synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas, i.e. mixtures of carbon monoxide and hydrogen.

The scientific novelty of the research is as follows:

-catalysts of various compositions were obtained from local raw materials and their structure and the nature of active centers were determined;

-in the process of obtaining high molecular weight hydrocarbons from synthesis gas, the catalytic activity of catalysts with high productivity and selectivity was used to obtain high molecular weight synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas, and the textural and physicochemical characteristics of the catalysts were determined;

-the optimal composition of the catalytic systems of zeolite catalysts obtained in different compositions and by different methods was determined, based on the laws of the course of the reaction for obtaining high-molecular synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas;

for the first time it was determined that on a selected catalyst of the composition 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂// HZS to obtain high-molecular

-for the first time it was determined that on a selected catalyst of the composition 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ HZS for the production of high molecular weight synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas, i.e. a mixture of carbon monoxide and hydrogen, with an increase in pressure from 0.5 to 2.0 MPa in the production of high-molecular synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas, the yield increased from 28 to 41 g/m³, and the yield of liquid hydrocarbons increased from 55 to 89 kg C₅+/m³cat.h;

-the high stability of the selected catalyst with the composition 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ HZS with high productivity and selectivity, i.e. low level of coking, to obtain high molecular weight synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from a mixture of carbon monoxide and hydrogen;

-a technology has been developed for the production of high molecular weight synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane using a selected catalyst for the production of high molecular weight synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas, i.e. a mixture of carbon monoxide and hydrogen, obtained from local raw materials.

Implementation of the research results:

-based on the scientific results obtained in the development of technology for the production of hydrocarbons from pentane to nonadecane based on local raw materials:

-15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/HZS catalyst, obtained on the basis of local raw materials, was introduced into production at Mubarak Gas Processing Plant JSC, certificate of Mubarak Gas Processing Plant JSC dated 07.11.2022 No. 923 / GK-11).As a result, it was possible to obtain hydrocarbons from pentane to nonadecane in the presence of a catalyst of a new composition;

- introduced into production at Mubarak Gas Processing Plant JSC synthesis gas, that is, a mixture of carbon dioxide and hydrogen, high-molecular synthetic hydrocarbons from pentane to nonadecane (certificate of Mubarak Gas Processing Plant JSC dated 07.11.2022 No. 923 / GK-11).As a result, it was possible to obtain hydrocarbons from pentane to nonadecane from synthesis gas, i.e., from a mixture consisting of carbon dioxide and hydrogen, using a catalyst containing 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ HZS.

Structure and volume of the dissertation.The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 114 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS
I бўлим (I часть, I parts)

1. О.Э.Қўйбоқаров., Н.Р.Ортиқов., Н.И.Файзуллаев. Синтез-газдан юқори молекуляр углеводородлар олиш ва катализаторнинг физик-кимёвий характеристикалари // Фан ва технологиялар тараққиёти илмий – техникавий журнал. Бухоро 2021 год, 57-64 с.

2. О.Э.Қўйбоқаров., Н.Р.Ортиқов., Н.И.Файзуллаев. Юқори молекуляр углеводородларнинг синтез-газдан олиниш усули // Фан ва технологиялар тараққиёти илмий – техникавий журнал. Бухоро 2021 год, 76-85 с.

3. О.Э.Қўйбоқаров., О.Н.Бозоров., О.У.Хайдаров., Н.И.Файзуллаев. Синтез высокомолекулярных углеродов из синтетического газа при участии $co-fe-ni-zro_2$ / вкц (верхний крымский цеолит) // Universum: технические науки, Москва 2021 72-79.

4. О.Э.Қўйбоқаров., О.Н.Бозоров., А.Ф.Нуруллаев., Н.И.Файзуллаев. Каталитический синтез высокомолекулярных углеводородов из синтез-газа в полифункциональном катализаторе // Universum: технические науки, Москва 2022с. 93-102.

5. О.Э.Қўйбоқаров., Н.Р.Ортиқов., Ю.Х.Хидирова., Д.Р.Хамидов., Н.И.Файзуллаев. Physical-Chemical and Texture Characteristics of Coate-Fe-Ni-ZrO₂ / YuKS + Fe₃O₄ +d- FeOON // Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry (TOJQI)Volume 12, Issue 3, June 2021:408- 418.

6. Quyoqarov Oybek, Fayzullaev Normurod, Rakhmatov Khudoyor. Study of the Effect of Various Factors on the Process of Synthesis of High-Molecular Weight Hydrocarbons from Synthesis Gas International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 9, Issue 11 , November 2022

7. Kuybokarov Oybek Ergashovich , Fayzullaev Normurod Ibodullaevich, Rahmatov Kh. B., Investigation of the Influence of Various Factors on the Process of Synthesis of High Molecular Hydrocarbons from Synthesis Gas International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 9, Issue 11 , November 2022

II бўлим (II часть, II part)

1. О.Э.Қўйбоқаров., О.Н.Бозоров., Н.И.Файзуллаев. Co-Fe-Ni-ZrO₂/ЮКЦ таркибли полифункционал каталитик системаларда ис гази ва водороддан юқори молекуляр углеводородларнинг каталитик синтези // Халқаро илмий-амалий конференция материаллари тўплами 2021 йил 23-24 ноябрь Наманган-2021. (455-459) б.

2. О.Э.Қўйбоқаров., О.Н.Бозоров., Н.И.Файзуллаев. Исследование функциональных свойств синтезируемых алюмо-никель-молебденовых катализаторов гидроочистки // Халқаро илмий-амалий

конференция материалларитўплами 2021 йил 23-24 ноябрь Наманган-2021. 460-464 б.

3. О. Қўйбоқаров, Синтез газдан юқори молекуляр углеводородлар олиш реакциясининг кинетикасини ўрганиш «Таълим-ишлаб чиқариш кластерида ёшларнинг ўрни» Республика илмий - техникавий анжумани Қашқадарё-2022. 28-29-октябрь (142-143). б

4. Қўйбоқаров, О., Бозоров, О., Файзуллаев, Н., Хайитов, Ж., Худойбердиев, И. Кобальтовые катализаторы синтеза Фишера-Тропша, нанесенные на Al₂O₃ различных полиморфных модификаций. International Conference on Developments in Education Hosted from Bursa, Turkey June 10 2022 (349-351). б.

Босишга рухсат этилди: 26.01.2023 йил.
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 2,6. Адади 100. Буюртма № 25.
Тел (99) 832 99 79; (99) 817 44 54.
Гувоҳнома reestr№ 10-3279
“IMPRESS MEDIA”МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
100031, Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй