

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.16/30.12.2019.Т.87.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ОМАНОВ БЕҲРУЗЖОН ШУҲРАТ ЎҒЛИ

**АЦЕТИЛЕНДАН ВИНИЛАЦЕТАТНИНГ КАТАЛИТИК
СИНТЕЗИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2021

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

Оманов Бехрузжон Шухрат ўғли

Ацетилендан винилацетатнинг каталитик синтези ва технологияси.....3

Оманов Бехрузжон Шухрат угли

Каталитический синтез и технология винилацетата
из ацетилена.....21

Omanov Bekhruzjon Shukhrat ugli

Catalytic synthesis and technology of vinyl acetate
from acetylene.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.16/30.12.2019.Т.87.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ОМАНОВ БЕҲРУЗЖОН ШУҲРАТ ЎҒЛИ

**АЦЕТИЛЕНДАН ВИНИЛАЦЕТАТНИНГ КАТАЛИТИК
СИНТЕЗИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси
Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида
В2020.4.PhD/T1527 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-
саҳифасида (www.tktiti.uz) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида (www.ziyo.net.uz)
жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Файзуллаев Нормурот Ибодуллаевич техника фанлари доктори, доцент
Расмий оппонентлар:	Махсумов Абдухамид Гофурович кимё фанлари доктори, профессор Бекназаров Хасан Сойибназарович техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	«Navoiyazot» АЖ

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология илмий тадқиқот институти ҳузуридаги
илмий даражалар берувчи DSc.16/30.12.2019.T.87.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил
«17» сентябр соат 10:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 111116, Тошкент тумани,
Ибрат МФЙ п/б Шуробозор. Тел.: (+99895) 144-67-83, факс: (+99870) 965-77-16, e-mail:
gup_tniixt@mail.ru).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институтининг Ахборот
ресурс марказида танишиш мумкин (№ 10 рақами билан рўйхатга олинган Манзил: 111116,
Тошкент тумани Ибрат МФЙ п/б Шуробозор Тел.: (+99895) 144-67-83, факс: (+99870) 965-77-16,
e-mail: gup_tniixt@mail.ru).

Диссертация автореферати 2021 йил «21» август кuni тарқатилди.
(2021 йил «21» август даги 10 рақамли реестр баённомаси).



Джалилов А.Т.
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, к.ф.д., проф., академик

Ширинов Ш.Д.
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф. PhD

Бекназаров Х.С.
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., проф.

КИРИШ (фалсафа доктори(PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда нефть кимёси ва асосий органик синтез саноатида ишлаб чиқарилаётган кислородли бирикмалар орасида, мураккаб винил эфирлари етакчи ўринни эгаллайди. Улар орасида энг муҳими винилацетат ҳисобланади. Винилацетат пластмасса саноатининг энг муҳим мономеридир бўлиб, у поливинилацетат, поливинил спирт ва поливинилацетатлар ишлаб чиқариш учун хомашё ҳисобланади. Поливинилацетат юқори елимловчи хусусиятга эга бўлган полимер бўлиб, у елимлар, сувда эрувчи латекс бўёқлар ишлаб чиқариш ва матоларни аппретирлашда кенг қўлланилади. Шу билан бирга, поливинилацетат, поливинил спирт тиббиётда, қишлоқ хўжалигида, синтетик каучуклар, сунъий толалар, биологик фаол моддалар, модификацияланган полимер бирикмалар ва бошқа ноёб хусусиятли материаллар яратишда муҳим аҳамият касб этади.

Бугунги кунда жаҳонда ацетиленни каталитик ацетиллаш реакцияси учун, турли хил усулларда олинган катализаторларнинг фаоллигини ўрганишга қаратилган тадқиқот ишларига алоҳида эътибор берилмоқда. Винилацетат олиш учун нанокатализаторлар яратиш ва улардан самарали фойдаланиш борасида қуйидаги муаммоларнинг ечимини илмий асослаш: термик барқарорлиги, унумдорлиги ва селективлиги юқори бўлган нанокатализаторлар синтезининг янги энергия ва ресурс тежамкор усуллари ишлаб чиқиш; нанокатализаторларнинг коксланишни камайтириши билан характерланадиган текстур ва физик-кимёвий кўрсаткичлари ҳамда тузилиши унинг каталитик фаоллигига боғлиқлигини аниқлаш; ацетиленни даврий режимда ишлайдиган катализатор ёрдамида каталитик ацетиллаш реакциясининг кинетик қонуниятларини тадқиқ қилиш, реакциянинг кинетик модели ва бориш механизмларини аниқлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда охириги йилларда саноатнинг турли соҳаларида бўлгани каби ацетилен бирикмалари ва улар асосида полимерлар олиш бўйича муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегиясида¹ «Саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш бўйича жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатдан янги босқичга ўтказиш орқали янада модернизация ва диверсификация қилиш» га йўналтирилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан махсус хоссали фунгицидлар, металлар коррозиясига қарши ингибиторлар, антибиотиклар, стимуляторлар, елимлар ва бўёқлар олиш технологиялари яратилган. Бу эса, маҳаллий хомашё ацетилен асосида винилацетатни каталитик синтез қилиш ва уларни ишлаб чиқаришга тадбиқ қилишда муҳим аҳамият касб этади.

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони, 2018 йил 17 январдаги ПҚ-3479-сон «Мамлакатимиз иқтисодиёти тармоқларини зарур маҳсулотлар ва хомашё турлари билан барқарор таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида» ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари», 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқот натижалари муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялари ривожланишининг VII «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устивор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси: Илмий-техник адабиётларда ацетилен бирикмалари кимёсини ўрганиш ва олиш технологияларини яратиш, ацетиленни виниллаш реакциялари ва жараённинг технологиялари, винилхлоридлар ва винилацетатни симобли катализаторлар иштирокида олиш, ацетиленни ацетиллаб винилацетат синтез қилишда селектив нанокатализаторлар қўллаш, ацетилендан ва унинг винилэфирларидан янги авлод маҳсулотлар ва полимерларни олиш технологияларини жорий этиш бўйича катта ҳажмдаги маълумотлар мавжуд бўлиб, бу соҳада Б.А.Трофимов, О.Н.Темкин, Р.М.Флид, Lihua Huang, Xueyi Wu, Zhuang Xu, Mingyuan Zhu, Xugen Wang, Bin Dai, Feng Wen Yan, Cun Yue Guo, Y.Y.Lee, H.Yun, Fang Yan, МДҲ олимларидан Л.Б.Фишер, И.Л.Котляревский, А.А.Петров, Б.Гусев, А.В.Шелкунов, Х.Х.Бин, А.Т.Торосян, С.А.Хохрин, Л.Р.Асфандияров, Е.А.Капустин, К.М.Ерманов, Қ.Прашев, Л.В.Снегур, R.I.Tedeschi, S.C.Ammol, N.Yoshikai, E.Nakamura, M.Yoshimatsu, S.Matsuda, L.Ye.Zhang, W.T.Teo, E.Yoon, C.Mercier, P.Chabardes, Y.Nowicki, F.Konzelmann, C.Raminelli, X.Ariza, J.Gareia, X.Coorges, G.Faerber, E.Tyrrel, D.G.Watson, S.Ritter, D.Boyall, T.E.Nielsen, Peijie He, Feng Bo Li, Qing_Li Qian, ва Guo Qing Yuan, Frignani, M.F.Rodrigues, E.J.Corey ва бошқа шу каби олимлар томонидан фундаментал тадқиқотлар олиб борилган.

Республикада ацетиленни каталитик ацетиллаш ва янги нанокатализаторлар яратишда Ф.К.Қурбонов, Т.С.Сирлибоев, А.Г.Махсумов, Д.Юсупов, К.М.Ахмеров, А.Икромов, Б.Ф.Мухиддинов, И.Абдуғофуров, С.Э.Нурмонов, Н.И.Файзуллаевлар каби олимлар томонидан фундаментал тадқиқотлари билан катта ҳисса қўшганлар.

Адабиётларни таҳлил қилиш жараёнида шу нарса аниқландики, ацетиленни каталитик ацетиллаш жараёни бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилганлигига қарамасдан унумдорлиги, барқарорлиги ва селективлиги

юқори бўлган, турғун, мустаҳкам, арзон ва фаол, коксланишни камайтирадиган катализаторлар етарли даражада ўрганилмаган.

Шу билан бирга каталитик қурилманинг ишчи параметрларини маҳсулотларнинг максимал унуми бўйича мақбуллаштириш, жараёнларнинг технологик параметрларини ва реакторларни моделлаштириш, энергия ва ресурсларни тежайдиган, чиқиндисиз технологияларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ этиш йўналишида илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё технология илмий тадқиқот институти, Самарқанд давлат университети ва Навоий давлат педагогика институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №ОТ-А12-46 «Маҳаллий хомашёлар асосида метанни оксиконденсатлаш реакцияси учун катализаторлар яратиш, тадқиқ этиш ва жараённи мақбуллаштириш» (2017-2018 йй), № ИК-2012-5 «Маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндилари асосида этилацетат ишлаб чиқариш технологик тизимини жорий этиш» (2013-2014) амалий ва инновацион лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади янги нанокатализатор иштирокида ацетилендан винилацетатни каталитик синтез қилиш ва унинг технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ацетиленни каталитик ацетиллаш реакцияси учун, турли хил усулларда олинган термик барқарорлиги, унумдорлиги ва селективлиги юқори бўлган ҳамда коксланишни камайтириши билан характерланадиган катализаторларнинг фаоллигини ўрганиш;

нанокатализаторларнинг текстур ва физик-кимёвий кўрсаткичларини ўрганиш ҳамда катализаторлар тузилиши унинг каталитик фаоллигига боғлиқлигини аниқлаш;

даврий режимда ишлайдиган катализатор ёрдамида, ацетиленни каталитик ацетиллаш реакциясининг кинетик қонуниятларини тадқиқ қилиш;

танланган катализатор иштирокидаги жараёнларнинг кинетикасини тадқиқ этиш асосида, реакциянинг кинетик модели ва бориш механизмларини аниқлаш;

маҳаллий хомашёлар асосида винилацетат олиш учун нанокатализаторларнинг мақбул таркибини ишлаб чиқиш ва олиш технологиясини таклиф этиш;

олинган нанокатализатор иштирокида ацетилендан винилацетат синтези жараёнининг технологик параметрларини аниқлаш ҳамда олиш технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ацетилен, сирка кислота, рух ацетат, кадмий ацетат, цирконий оксид, керамзит олинган.

Тадқиқотнинг предмети ацетиленни каталитик ацетиллаш жараёни учун янги нанокатализаторлар ишлаб чиқиш ва олинган нанокатализаторлар-

нинг таркиби, тузилиши, физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш ҳамда улар иштирокида винилацетат олиш технологиясини ишлаб чиқаришдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида кимёвий кинетиканинг экспериментал усуллари, ИҚ-спектроскопия, сканирловчи электрон микроскопия, статистик усуллар, элемент таҳлили, рентгенографик ва дериватографик таҳлил усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ацетиленни сирка кислотаси билан ацетиллаш жараёни учун қўлланилувчи юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган янги $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит таркибли катализатор “золь-гель” усули ёрдамида яратилган;

ацетиллаш жараёни учун яратилган юқори каталитик фаолликка эга бўлган, янги таркибли нанокатализаторнинг текстура ҳамда физик-кимёвий хоссалари аниқланган;

янги таркибли катализатор иштирокидаги ацетиллаш жараёнининг кинетикаси асосида реакциянинг кинетик моделлари ва бориш механизми аниқланган ҳамда кинетик моделлар таҳлили асосида мақбул реактор тури танланган;

дифференциал реактор шароитида яратилган нанокатализатор иштирокида, реакциянинг кинетик қонуниятлари ва жараён боришининг мақбул шароити аниқланиб, жараённи ифодалайдиган кинетик тенгламалар танланган ва уларнинг адекватлиги баҳоланган;

ацетиленни каталитик ацетиллаб винилацетат олишнинг такомиллаштирилган ҳамда кам чиқиндилли, энергия ва ресурс тежамкор технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

илк бор ацетилендан винилацетат синтези унумини оширишга имкон берувчи танлаб таъсир этувчи $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит таркибли нанокатализатор яратилган ҳамда унинг олиниш технологияси ишлаб чиқилган;

биринчи марта ацетиленни ацетиллаш жараёнини амалга ошириш учун эффектив технология ва қурилмалар билан жиҳозлашнинг физик-кимёвий ва термодинамик асослари ҳамда идеал сиқиб чиқарувчи реакторнинг математик модели яратилган;

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

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги синтез қилинган моддаларни таркиби, тузилиши ва хоссалари газ суюқлик хроматографияси, ИҚ ва ПМР-спектроскопия, элемент анализ, рентгенографик ва дериватографик анализ 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 юқорида қайд этилган реакциялар учун янги таркибдаги юқори унумдорлик ва селективликка эга бўлган нанокатализаторлар яратилганлиги, реакцияларнинг бориш механизмлари ҳамда жараёнларнинг такомиллаштирилган технологик схемалари таклиф этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, кинетик тенгламалар асосида катализаторнинг зич қатламидаги қурилмаларнинг ишчи параметрларини мақбуллаштириш, масса ташишнинг физик-кимёвий моделини экспериментал асослаш, жараёнларнинг турли шароитлардаги унуми, конверсияси ва селективлигини ҳисоблашга имкон берадиган математик модел яратиш ҳамда, янги катализаторлар иштирокида ацетилен асосида винилацетат олиш реакторларини моделлаштириш билан кам чиқиндилли, хомашё ва энергия сарфини тежайдиган технологиялар ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ацетилендан винилацетатнинг каталитик синтези ва технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ацетиленни сирка кислотаси билан ацетиллаш жараёни учун юқори каталитик фаолликка эга бўлган янги таркибли нанокатализаторларни ишлаб чиқиш технологияси «Навоиазот» АЖда амалиётга жорий қилинган («Навоиазот» АЖнинг 2020 йил 26-августдаги 5949-сон маълумотномаси). Натижада, ацетилен ва сирка кислотадан винил ацетат олишнинг такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқиш имконини берган;

янги $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит таркибли юқори каталитик фаолликка эга бўлган нанокатализатор «Muborak gazni qayta ishlash zavodi»да амалиётга жорий қилинган («O'zbekneftgaz» АЖ «Muborak gazni qayta ishlash zavodi»нинг 2020 йил 30-августдаги 933/GK-08-сон маълумотномаси). Натижада, $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит таркибли нанокатализаторидан винилацетат синтезида импорт ўрнини босувчи маҳаллий катализатор сифатида қўллаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари бўйича 5 та, жумладан 3 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокомадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари (PhD) асосий илмий натижаларни чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан, 3 та республика ва 5 та хорижий журналларда илмий мақола ҳамда 1 та монография нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 101 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Винилацетат ишлаб чиқаришнинг ҳозирги ҳолати (адабиётлар шарҳи)**» деб номланган биринчи бобида мавзу бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари, хорижий ва маҳаллий адабиётлар таҳлили батафсил ёритилган. Маълумотлар умумлаштирилган ва илмий-таҳлилий хулосалар чиқарилган ҳамда илмий адабиётлардаги маълумотлардан келиб чиққан ҳолда диссертация ишининг мақсади, вазифалари, долзарблиги ва муҳимлиги белгилаб берилган.

Диссертациянинг «**Тажриба қисми. Тадқиқот объектлари ва усуллари**» деб номланган иккинчи бобида ацетиленни катализатор ацетиллаш реакциясининг кинетик қонуниятларини ўрганишнинг тажриба қурилмаси, тажрибани ўтказиш ва реакция маҳсулотларини таҳлил қилиш методикаси ёритилган.

Катализатор синтези бўйича тадқиқотлар берилган. Катализаторнинг характеристикалари физик-кимёвий усулларда ўрганилган, тадқиқот ишида ишлатилган керамзитни фаоллаштириш усуллари келтирилган.

Катализаторнинг текстур характеристикалари ўрганилган. Реакция маҳсулотлари унуми ва таркиби газ-суюқлик хроматографияси усулида аниқлаш методлари келтирилган.

“Золь-гель” технологияси асосида яратилган нанокатализаторнинг текстур характеристикалари 1-жадвалда келтирилган

1-жадвал

$(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит катализаторининг текстур

характеристикалари

Гранула шакли	Зичлиги, г/см³	S_{сол} м²/г	Ғовакнинг умумий ҳажми, см³/г	ZnO:CdO:ZrO₂ миқдорлари, масса % ларда
шар	0,98	51	0,310	6,64:8,35:0,2
шар	0,94	63	0,341	6,64:8,35:0,4
шар	0,88	46	0,253	6,64:8,35:0,6

1-жадвал давоми

шар	0,76	107	0,362	6,64:8,35:0,8
шар	0,72	173	0,409	6,64:8,35:1,0
шар	0,86	57	0,337	6,64:8,35:1,2
шар	0,79	62	0,313	9,96:8,35:0,2
шар	0,87	59	0,329	9,96:8,35:0,4
шар	0,88	70	0,318	9,96:8,35:0,6
шар	0,92	51	0,310	9,96:8,35:0,8
шар	0,85	59	0,271	9,96:8,35:1,0
шар	0,85	51	0,240	9,96:8,35:1,2
шар	0,91	58	0,269	6,64:12.53:1,0
шар	0,95	68	0,320	6,64:8,35:2,0

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

2-жадвал

Ацетиленни каталитик ацетиллаш реакциясида катализатор фаоллигига бошланғич моддаларнинг таъсири
($T=453\text{ K}$, $C_2H_2:CH_3COOH\ 4:1$, $v_{C_2H_2}=280\text{ соат}^{-1}$, промотор: $1.8\% K_2Cr_2O_7$)

№	Катализатор таркиби	CH ₃ COOH нинг конверсияси, %		Селективлик S %
		Умумий	Винилацетатга	
1	ZnO/керамзит	60,0	43,0	71,1
2	ZnO:CdO/керамзит	80,6	73,5	91,2
3	ZnO:ZrO ₂ /керамзит	51,4	38,2	74,3
4	ZnO:CdO:ZrO₂/керамзит	85,4	79,8	93,4
5	ZnO:Cr ₂ O ₃ /керамзит	46,2	30,6	66,2
6	Cr ₂ O ₃ :CdO:ZrO ₂ /керамзит	67,8	49,2	72,5
7	ZnO:Cr ₂ O ₃ :ZrO ₂ /керамзит	72,1	51,9	72,0
8	ZnO:Fe ₂ O ₃ :Cr ₂ O ₃ : /керамзит	70,9	48,0	67,7

Ацетиленни гетероген-каталитик ацетиллаш реакциясида илк бор «Золь-гель» технологиясида тайёрланган d-элементларнинг тузларидан тайёрланган катализаторларнинг каталитик фаоллиги ўрганилган. (2-жадвал).

Реакциянинг танланган оптимал шароитида сирка кислотанинг умумий конверсияси 85,4% ни, винилацетатга нисбатан конверсияси 79,8% ни ташкил этди

2-жадвалдаги № 4 катализатор иштирокида винилацетат унумига, жараённинг селективлигига ҳамда бошланғич моддалар конверсиясига турли омиллар (харорат, ҳажмий тезлик, $C_2H_2:CH_3COOH$ моль нисбатлари, катализаторни тайёрлаш услуби каби) нинг таъсири ўрганилди.

Винилацетатнинг ҳосил бўлиш унумига ҳамда жараённинг селективлигига $C_2H_2:CH_3COOH$ нисбатларининг таъсири ўрганилганда энг оптимал шароит $C_2H_2:CH_3COOH$ нисбати 4:1 эканлиги аниқланди.

3-жадвал

Винилацетат унумига $C_2H_2:CH_3COOH$ нисбатларининг таъсири

($T=180^{\circ}C$, катализатор № 4)

$C_2H_2:CH_3COOH$ моль нисбати	Сирка кислота конверсияси, %		Селективлик, S %
	Умумий	Винилацетатга	
1:3	48,0	18,4	38,3
1:2	63,4	48,5	76,5
1:1	78,8	63,2	80,2
2:1	82,0	70,7	86,2
3:1	83,8	75,4	90,0
4:1	85,4	79,8	93,4
5:1	92,5	72,0	77,8
6:1	96,2	65,4	68,0

3-жадвалдан кўриниб турибдики, реакция аралашмада ацетиленнинг моль миқдори ортиши билан сирка кислотанинг умумий конверсияси ошади.

Бошланғич моддаларнинг моль нисбатлари 4:1 нисбатдан ортганда, кўшимча моддалар (диацетилен, винилацетилен ва бошқалар) ҳосил бўлиши ҳисобига винилацетатнинг ҳосил бўлиш унуми камаяди.

4-жадвалдан кўриниб турибдики, харорат ортган сари сирка кислотанинг умумий конверсияси ортади. Винилацетатнинг унуми $180^{\circ}C$ гача ортади. Ҳарорат $185^{\circ}C$ дан ошганда винилацетатнинг парчаланиши ва кўшимча моддалар (диацетилен, винилацетилен, сирка альдегид, кротон альдегид ва бошқалар) ҳосил бўлиши туфайли реакция унуми камаяди.

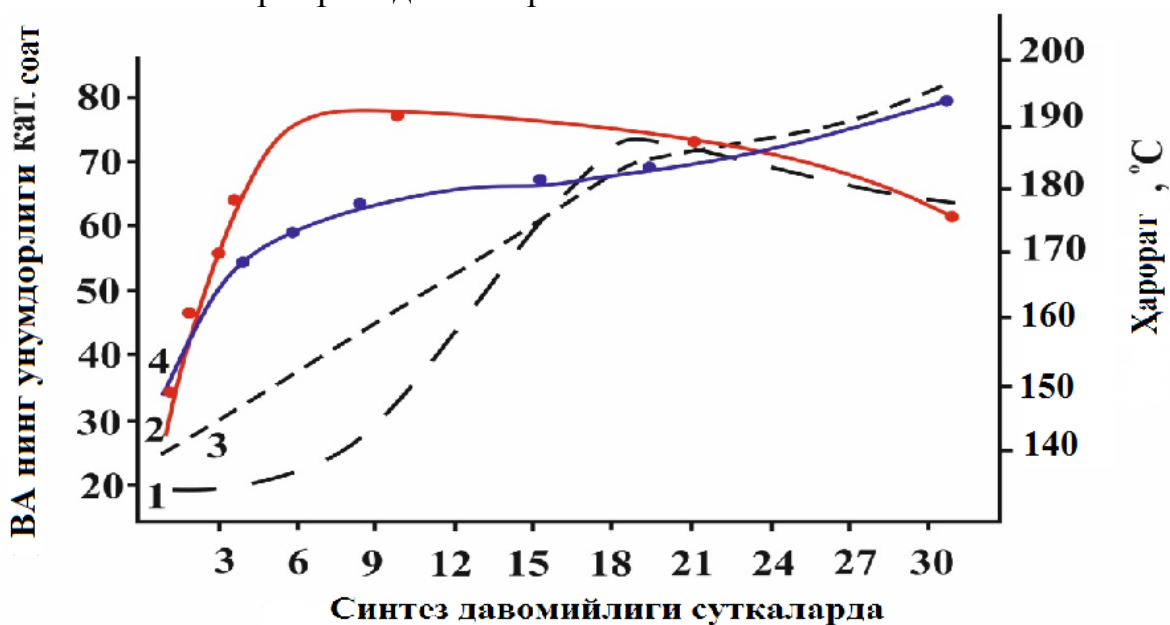
Ацетиленни ацетиллаш реакцияси унумига ҳароратнинг таъсири

(C₂H₂:CH₃COOH=4:1, v_{C₂H₂}=280 соат⁻¹ кат № 4)

Ҳарорат, °C	CH ₃ COOH нинг конверсияси, %		Селективлик S %
	Умумий	Винилацетатга	
150	58,4	40,5	69,3
165	72,5	59,8	82,5
180	85,4	79,8	93,4
195	90,2	78,4	86,9
210	92,8	73,5	79,2
225	94,9	65,4	68,9
240	96,8	55,8	57,6

Шундан сўнг, винилацетат синтези жараёни тезлигига турли омилларнинг (ҳарорат, бошланғич моддалар моль нисбатлари, ҳажмий тезлик, реакция маҳсулотларининг таъсири ва бошқалар) таъсири ўрганилган.

Ҳарорат кўтарилиши тезлигининг катализатор фаоллигига таъсири. Ҳарорат 180°C гача тез кўтарилганда катализатор сиртида смолалар ва полимерлар ҳосил бўлиши камаяди ва катализаторнинг фаоллиги ортади. Олинган натижалар 1-расмда келтирилган.



1 ва 2-винилацетат унумдорлиги; 3 ва 4-реактордаги ҳарорат

1-расм. Катализатор активлигининг ҳароратни кўтариш тезлигига боғлиқлиги

1-расмдан кўриниб турибдики, ҳарорат 180°C гача 30 сутка давомида тез кўтарилганда, ҳарорат секин кўтарилгандагига 12 суткага кўра винилацетатнинг унумдорлиги 2-3 марта, бутун синтез жараёни учун умумий унумдорлик эса 15-20% га ортади.

Катализаторнинг фаоллиги ва катализаторнинг ишлаш муддати ўзак модда (ташувчи) нинг табиатига ва сифатига боғлиқ. Биз синаб кўрган барча ўзак модда (ташувчи) лар (силикагель, алюминий оксид, керамзит, турли марказдаги активланган кўмир) орасида энг фаоли керамзитдир. Шунинг учун ушбу ишда керамзитга юттирилган рух ацетат ва кадмий ацетатдан иборат катализатор иштирокида олинган натижалар баён этилди. Реакторга 100 грамм, баъзи тажрибаларда 150-200 грамм катализатор жойлаштирилди. Катализатор заррачаларининг ўлчами 0,20-0,25 мм.

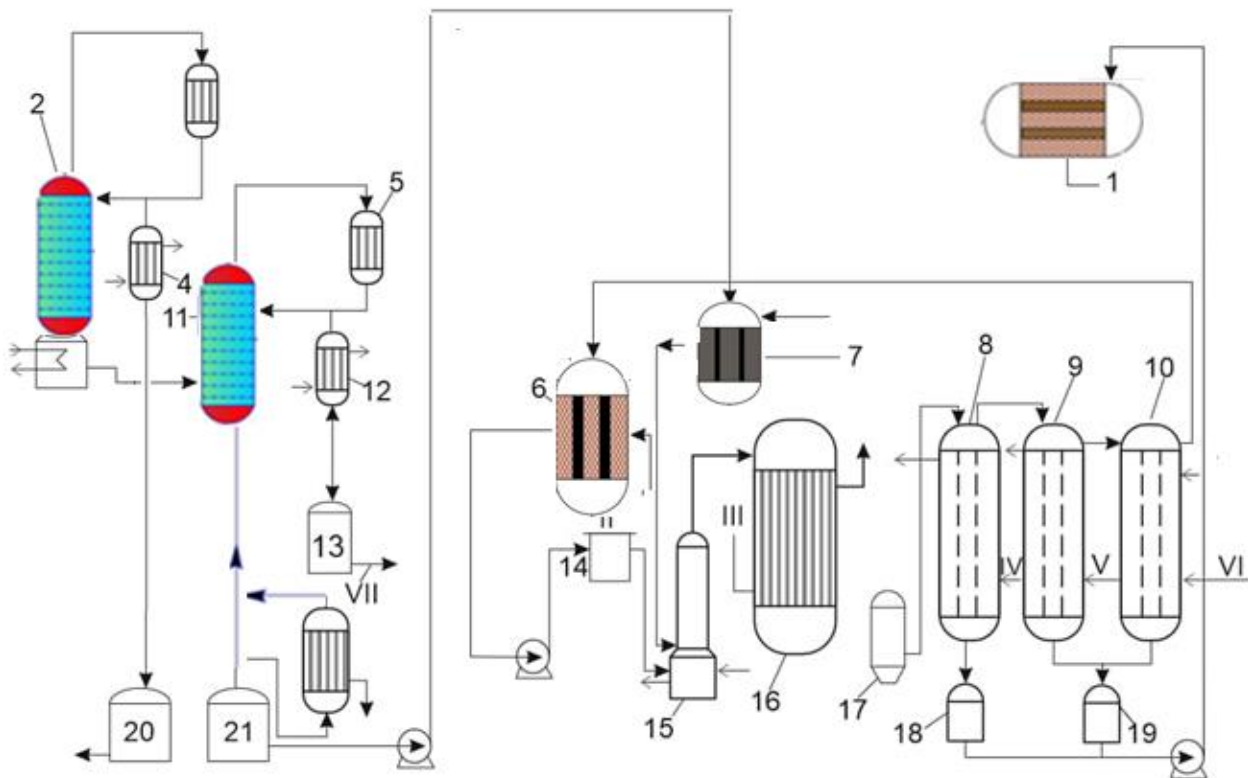
Диссертациянинг «**Ацетилендан винилацетат ишлаб чиқариш технологияси**» деб номланган тўртинчи бобида ацетиленни каталитик ацетиллаб винилацетат ишлаб чиқариш технологиялари ёритилган.

Технологик схеманинг асосий элементи реактор бўлиб, ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг сифати унинг мукамаллигига боғлиқ.

Олиб борилган тадқиқотлар натижасида буғ фазада $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ керамзит таркибли нанокатализатори иштирокида ацетилендан винилацетат синтезининг такомиллаштирилган технологик схемаси таклиф этилди. Қуйидаги 2-расмда буғ фазада винилацетат ишлаб чиқаришнинг такомиллаштирилган технологик схемаси келтирилган.

Винилацетат синтези узлуксиз усулда псевдоқайновчи катализатор қатламли контакт аппаратда ўтказилади. Ацетилен генератор (6) дан тозалагич (14) орқали буғлатгич (15) га узатилади. Буғлатгич (15)га сирка кислота учун мўлжалланган бак (7) дан 96.0% ли сирка кислота юборилади. Буғлатгичда олинган сирка кислота ва ацетилендан иборат буғ-газли аралашма 150°C гача қиздирилади ва ацетилен ҳамда сирка кислота 4:1 нисбатда реактор (16) га бориб тушади. Реакторнинг материали углеродли пўлатдан ясалган бўлиб, баландлиги 15.5 м, диаметри 3 м. Контакт аппарат - реактор трубкалар системалари бўлиб, унда реакция аралашма тақсимланади. Трубка $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит таркибли катализатор (ҳажми 16 м³, баландлиги 2.3 м.) билан тўлдирилган бўлиб, дифенилли аралашма билан 180-200°C гача қиздирилади.

Винилацетат совутгичларда конденсирланиб (18) ва (19) орқали ўтиб босимли бак (1) га бориб тушади. Реакцияга киришмай қолган 99,9% тозаликдаги ацетилен генератор (6) га юборилади. Винилацетат босимли бак (1) дан ректификацион колонна (ректификацион қурилма 5 колоннали бўлиб 60 тарелкадан иборат ва баландлиги 21.5 м, диаметри 1.8 м) (2) га юборилади. Колоннадан 21° С да енгил учувчан компонентлар ажратилади ва улар дефлегматор (3) дан ўтиб (4) совутгичда конденсирланиб йиғгичга (20) йиғиб олинади.



Тизим: I – сирка кислота; II – ацетилен; III – мой; IV – сув; V – туз эритмаси, -15°C ; VI – тузли сув, -40°C ; VII – винилацетат. 1-винилацетат учун идиш; 2,11-ректификацион колонка, 3,5-дефлегматор; 4,8,10,12,18,19-совутгичлар, 6-ацетилен генератори; 7-сирка кислота; 9-тузли эритма; 13,20-йиғич, 14-тозалагич; 15-буғлатгич; 16-реактор; 17-ловушка; 21-сиғим

2-расм. Буғ фазази усулда ацетилен ва сирка кислотадан винилацетат олишнинг технологик схемаси

Суюқ маҳсулотлар (2) колоннадан ректификацион колонна (11) га юборилади, колоннада ҳарорат 73°C (колонналарнинг юқори қисмида) бўлиб, у ерда винилацетат буғлари (ингибитор сифатида тиодифениламин ишлатилади) ажратиб олинади. Ректификат-товар винилацетат таркибида 0.003% сирка кислота ва 0.06% ацетальдегид бўлади. Таркибида 95-96% сирка кислота бўлган қолдиқ суюқлик сигимга юборилади. Ректификацияга юборилган сирка кислота ҳарорати 115°C , колоннанинг юқори қисмининг ҳарорати 118°C , пастки қисмининг ҳарорати 125°C . Ректификат-96-98% ли сирка кислота винилацетат синтезига қайтарилади. Қолдиқ суюқлик эса қайта ишлашга юборилади. Винилацетат дефлегматор (5) орқали ўтиб, совутгич (12) да конденсирланади ва йиғич (13) да йиғиб олинади. Колонна (11) нинг пастки қисмидан сирка кислота чиқади ва у (21) сиғимга ва сўнгра насос ёрдамида йиғич (7) га йиғиб олинади.

Реакция маҳсулотлари (50-55% винилацетат, 40-45% сирка кислота, 0,2-0,7% ацетальдегид, 0,01-0,03% ацетон, 0,2-0,4% кротон альдегид ва эриган ацетилен) ловушка (17) дан ўтиб кетма-кет уланган совутгичлар (8-10) га юборилади. Совутгич (8) да сув билан совутилади, (9) да эса (NaCl) тузли эритма билан -15°C гача ва (10) да тузли эритма билан -40°C гача совутилади.

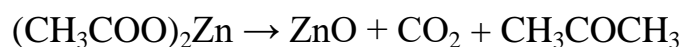
Катализатор синтезнинг бир циклида 12 сутка ишлайди. Ҳозирги вақтда саноатда ишлатиладиган катализаторларнинг ишлаш доимийлига 10 суткадан ошмайди.

Ҳарорат 190-200°C га кўтарилганда катализатор чанглари чиқа бошлайди. Катализаторнинг ҳайдалишини камайтириш учун буғ-газли аралашма реакторнинг юқорисидан юборилади. Реактор найсимон қурилма бўлиб, ушбу най катализатор билан тўлдирилади, найлараро бўшлиқларга иссиқлик ташувчи жойлаштирилади (реакция иссиқлигини йўқотиш учун). Битта агрегатнинг винилацетатга нисбатан қуввати йилига 22 минг тоннани ташкил этади.

Иссиқликни қайтариш учун найлараро бўшлиқда буғ олиш билан сувли конденсатни буғлатиш усулини қўллаш ёки зарурий ҳолда иссиқликни йўқотишда суюқ дифенилли аралашмани буғлатиш билан ҳам амалга ошириш мумкин. Дифенилли аралашма иссиқликни алмаштиргичда сувли конденсатни буғлатиш ҳисобига совутади.

Реактор газ реакторнинг пастки қисмидан чиқиб иссиқлик алмаштиргич орқали сувли совутгичга ва кейин тозалашга юборилади. Бу вақтда винилацетат билан бирга оз миқдорда ацетальдегид ҳам ҳосил бўлади.

Ацетилен ва сирка кислотадан винилацетат олиш жараёни $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит катализатори иштирокида амалга ошади. Реакция давомида катализатор фаоллиги камаяди. Бунинг асосий сабаби рух ацетатнинг парчаланиши:



катализатор ғовақларида ацетон, ацетальдегид ва реакция қўшимча маҳсулотларининг конденсатланишидир. Катализатор таркибига ZrO_2 нинг киритилиши қўшимча реакция маҳсулотларининг ҳосил бўлишини камайтиради ва катализатор ғовақларида уларнинг смола ҳосил қилиб конденсатланишининг олдини олади, бу эса катализатор ишлаш вақтининг ортишига олиб келади.

Винилацетат реакцияга киришмаган сирка кислотадан ва қўшимча маҳсулотлардан абсорбция усулида (сирка кислота учун абсорбент сифатида реакторнинг буғ-газ аралашмали конденсатини ишлатиш мумкин, ёки ташқи адсорбент сифатида ксилол ишлатилади) тозаланади.

Колонна флегмалар сони $R=2-3$ бўлганда ишлайди. (11) колонна дистилляти оралиқ сифим (5) орқали осон учувчан компонентлар (ацетальдегид, ацетон, метилацетат, винилацетатнинг сув билан гетеро-азеотропи) дан ажратилиб совуткич (12) га юборилади.

Бу колонна флегма сони $R=50$ бўлганда ишлайди. Бу ерда винилацетатни полимерлардан, ингибитордан, сирка кислота ва кротон альдегид фракцияларидан ажратилади. Флегма сони $R=100$ бўлганда дистиллят $\approx 80\%$ сирка кислота, $\approx 20\%$ кротон альдегид сақловчи фракцияларга ҳайдалади.

Ушбу технология 99,9% дан кам бўлмаган тозаликдаги винилацетат олиншини таъминлайди. Реакция кучли экзотермик бўлганлиги учун

реактордан иссиқликни йўқотиш зарур. Бунинг учун трубкалараро бўшлиқ (стационар қатламли катализаторли реакторда) га юқори ҳарорат қайновчи иссиқлик ташувчи, масалан, бифенилли аралашма (у ташқи совутгичда совутилади) ёки сувли конденсат берилади. Охирги вариант қулай, чунки, ташқи совутгич талаб қилинмайди, сув буғлари чиқади. Виналацетатни реакцияга киришмаган сирка кислотадан ва қўшимча маҳсулотлардан тозалашнинг 2 йўли бор:

1. Босқичли конденсациялаш, аввалига сувли конденсаторда сўнгра тузли эритмада (-15 °С дан -20°С гача).

2. Абсорбция (сирка кислота учун адсорбент сифатида реакторнинг буғ газ аралашмали конденсатини ишлатиш мумкин, ёки ташқи абсорбент сифатида ксилол ишлатилади).

Иқтисодий жиҳатдан 2-вариант қулай. Бу ҳолда абсорбентни совутишда иссиқлик узатиш коэффиценти катта (босқичли конденсацияга кўра).

Абсорбентни совутиш зарур, чунки абсорбция вақтида иссиқлик ажралиб чиқади, бу эса абсорбцияни қийинлаштириб, десорбцияни кучайтиради. Абсорбент сифатида конденсатни ишлатиш мақсадга мувофиқ чунки бунда виналацетат қўшимча маҳсулотлар билан ифлосланмайди ва сирка кислота суюлтирилмайди (кучли суюлтирилганда виналацетатни ажратиш қийинлашади).

Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш учун масса узатиш жараёнларини бирлаштириб технологиянинг энергия ва ресурс тежамкорлигини ошириш. Кўп компонентли аралашмаларни ажратишда бир нечта масса узатиш жараёнларини битта қурилмада бирлаштириш харажатлар ва бошқариш учун капитал тежалишига олиб келади. Шу билан бирга бундай комбинация эксплуатация харажатларини камайтиради. Кўплаб тадқиқотлар шуни кўрсатдики, аксарият ҳолларда масса узатиш жараёнларини бирлаштиришда энергия харажатлари камаяди.

Битта аппаратда бир нечта ажратиш усулларининг комбинацияси экстрактив, автоэкстрактив ва азеотропик-экстрактив ректификацияни ташкил қилиш учун ишлатилади. Устуннинг юқори қисмида (дастлабки аралашманинг кириш даражасига қадар) қисман конденсация ва экстракция жараёнлари, устуннинг пастки қисмида ушбу жараёнлар билан бир қаторда ректификация жараёни содир бўлади. Шундай қилиб, бир нечта масса узатиш жараёнлари битта устунда бирлаштирилади. Шу билан бирга, ҳосил бўлиши учун энг катта энергия сарфини талаб қиладиган (унинг буғланиши ва конденсацияланиши учун) қайта тикланишни йўқ қилиш маҳсулот аралашмасини ажратиш учун энергия сарфини сезиларли даражада камайтириши мумкин. Аммо бу ҳолда самарали экстрактив воситадан фойдаланиш керак.

Асосий органик ва нефт-кимё синтези саноатида асосан узлуксиз (туташ) қўшма (комбинацияланган) реакцион-ректификацион жараёнлари (ТКРРЖ) қўлланилади. ТКРРЖ кўп жиҳатдан хомашё ва энергиядан тўлиқ фойдаланишга имкон беради ва охир-оқибат чиқиндисиз ёки кам чиқиндилар

ишлаб чиқаришни яратади. Комбинацияланган реакция-ректификация жараёнлари ректификация натижасида ҳосил бўлган реакция аралашмасини қисман ёки тўлиқ ажратиш билан биргаликда ва бир вақтнинг ўзида (битта аппаратда) кимёвий реакция ўтказиладиган жараёнлар деб ҳам аталади.

ТКРРЖ схемалари чекланган стационар ҳолат учун тузилиб, уч тузилманинг реакция-дистиллаш аппарати билан бошланади ва ундан кейин ТКРРЖ схемасининг оптимал варианты танланади. Масалан, CH_3COOH (В) ва $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ (С) компонентлари минимал қайнаш температураси билан азеотроп ҳосил қилиши ва қайнаш ҳарорати кетма-кетлиги $T_{\text{ВА}} < T_{\text{В}} < T_{\text{А}}$ га эга бўлиши шарти билан $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ (ВА) реакциясини амалга ошириш.

Жараённи оптималлаштириш. Иш пайтида каталитик фаоллиги пасайиши билан тавсифланган ушбу жараённи оптималлаштириш мақсади жараён параметрларининг вақт ўзгаришини ҳарорат, реакция аралашмасининг оқим тезлиги ва реактивларнинг моляр нисбатларини аниқлашдир.

Оптималлаш мезони катализатор циклининг/даромадининг ўртача/тўлиқ вақти учун танланди, мезон

$$I_1 = \frac{1}{\tau_u} \int_{\tau_0}^{\tau_p} \frac{W_0}{m+1} (a_1 x_x - a_2 m - a_3) dt - \frac{U_u}{\tau_u}$$

Бу ерда,

τ_u - циклининг умумий вақти, шу жумладан катализаторнинг ҳаддан ташқари юкланиши,

τ_p - катализаторнинг ишлаш вақти;

τ_0 - катализаторнинг ортиқча иш вақти;

W_0 - бу реакция аралашмасининг оқим тезлиги.

Танланган мезоннинг ўзига хос хусусияти шундаки, бу жараённинг технологик хусусиятларини ва биринчи навбатда ректификация бирлигининг таъсирини ҳисобга олишга имкон беради. Мезон ушбу хусусиятларига (энергия сарф-харажатлари, винил ацетатнинг йўқолиши ва сирка кислотасининг қайтарилиши) конверсиянинг якуний даражасига боғлиқлигини акс эттиради. Мезонни ифодалаш коэффициентлари мавжуд тармоқларнинг техник ва иқтисодий кўрсаткичлари бўйича аниқланади.

Иккинчи мумкин бўлган оптималлаштириш мезони сифатида ўртача цикл вақтига ўртача ҳосиласи ишлатилган:

$$I_2 = \frac{a_5}{\tau_u} \int_0^{\tau_p} \frac{W_0 X_x}{m+1} dt$$

Оптималлаштириш муаммоси бир нечта номаълум функцияларга боғлиқ равишда I_1 , I_2 функционал экстремалини топиш учун камаяди:

$$T(t); m(t); W_0(t).$$

Шу билан бирга, технологик сабабларга кўра чекловлар қўйилади:

$$T \leq 230^\circ\text{C}; W_0 \leq W_{0\text{нп}}$$

бу ерда W_0 нп - тизимнинг гидравлик қаршилиги шароитида келиб чиқадиган максимал рухсат этилган реакция аралашмасининг оқим тезлиги бўлиб, жараён кинетик модел асосида амалга оширилди (1,2). Оптималлаш усули сифатида Понтрягиннинг максимал принципи ишлатилган. Бизнинг мисолимизда дифференциал тенгламаларнинг конюгатив тизими қуйидаги шаклга эга:

$$\frac{\delta\varphi_1}{\delta\varepsilon} = -K_c \frac{df(x, T, m, p, W_0)}{dx} \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \varphi_1 \right)$$

$$\frac{\delta\varphi_2}{\delta t} = -f(x, T, m, p, W_0) \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \varphi_1 \right) + K_{p_0} e^{-\frac{E_p}{RT}} \varphi_2$$

Чегара шартлари билан:

$$\varphi_1(l_x, t) = 0, \varphi_2(l, \tau_p) = 0,$$

Текшириш T (l , t) мезонга нисбатан мақбул бўлиши учун функция максимал даражага етиши керак.

$$H = f(x, T, m, p, W_0) \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \right) - \varphi_1 K_{p_0} e^{-\frac{E_p}{RT}} \varphi_2$$

ҳар бир нуқтада (l , T) фазали ўзгарувчилар учун x , K_c .

M (t), W_0 (t) оптималлиги учун максимал функцияга эришиш керак

$$H_1 = \int_0^{l_x} K_c f(x, T, m, p, W_0) \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \right) dl - \frac{W_0 (a_2 m + a_3)}{\tau_u (m+1)}$$

ХУЛОСА

Олиб борилган илмий-тадқиқот ишларининг натижалари асосида қуйидаги хулосалар қилинган:

1. Маҳаллий хомашёлардан ацетиленни ацетиллаш реакцияси учун термик барқарор, юқори фаоллик, селективлик ва унумдорликка эга бўлган, кокс ва смола ҳосил бўлишини камайтириши билан характерланадиган $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ /керамзит нанокатализаторининг мақбул таркиби ишлаб чиқилган.

2. Илк бор ацетиленни сирка кислотаси билан ацетиллаш жараёни учун “Золь-гель” технологияси асосида янги юқори каталитик фаолликка эга бўлган, $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ /керамзит нанокатализатор олинди ва унинг текстур ҳамда физик-кимёвий хоссалари аниқланган.

3. Виналацетат ҳосил бўлиш унумига турли омиллар таъсири ўрганилиб, $C_2H_2:CH_3COOH$ нинг нисбати 4:1, ҳарорат $T=453$ К, промотор $K_2Cr_2O_7$ (1,8%) оптимал шароит эканлиги аниқланган.

4. Илк бор дифференциал реактор шароитида яратилган нанокатализатор иштирокида реакциянинг кинетик қонуниятлари ва жараён боришининг

мақбул шароити аниқланди ҳамда жараённи ифодалайдиган кинетик тенгламалар танланиб, уларнинг адекватлиги аниқланган.

5. Яратилган нанокатализатор иштирокидаги жараённинг кинетикасини ўрганиш асосида реакциянинг кинетик моделлари танланди, бориш механизми аниқланди ҳамда кинетик моделлар таҳлили асосида жараён мақбуллаштирилди ва мақбул реактор тури таклиф этилган.

6. Ацетиленни каталитик ацетиллаб винилацетат олишнинг такомиллаштирилган, кам чиқиндили, энергия ва ресурс тежамкор технологияси ишлаб чиқилган.

7. Ацетилендан винилацетат синтези учун $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ керамзит таркибли нанокатализаторлар ишлаб чиқаришнинг технологик регламентлари ишлаб чиқилди ва жараён «Навоийазот» АЖ да ишлаб чиқаришга жорий этилди. Иқтисодий самарадорлик 10 тонна винилацетат учун 96607716 сўмни ташкил этиши аниқланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.16/30.12.2019.Т.87.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ**

**ТАШКЕНТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

ОМАНОВ БЕХРУЗЖОН ШУХРАТ УГЛИ

**КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ТЕХНОЛОГИЯ
ВИНИЛАЦЕТАТА ИЗ АЦЕТИЛЕНА**

02.00.14–Технология органических веществ и материалы на их основе

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2020.4.PhD/T1527

Диссертация выполнена в Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу www.tktiti.uz и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziyo.net/uz

Научный руководитель: Файзуллаев Нормурот Ибодуллаевич
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Махсумов Абдухамид Гофурович
доктор химических наук, профессор

Бекназаров Хасан Сойибназарович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: «Navoiyazot» АО

Защита диссертации состоится «17» сентября 2021 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Ученого совета DSc.16/30.12.2019.T.87.01 при Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 111116, Ташкентская область, Ташкентский район, п/о Шурабазар. Тел.: (+99895) 144-67-83, факс: (+99870) 965-77-16, e-mail: gup_tniixt@mail.ru.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии за № 10, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (111116, Ташкентская область, Ташкентский р-н, п/о Шурабазар, Тел.: (+99895) 144-67-83, факс: (+99870) 965-77-16, e-mail: gup_tniixt@mail.ru).

Автореферат диссертации разослан «21» август 2021 года.
(протокол рассылки № 10 от «21» август 2021 г.).



[Signature]
А.Т. Джалилов
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.х.н., проф., академик

[Signature]
Ш.Д. Широин
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, PhD тех.

[Signature]
Х.С. Бекназаров
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н. проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире среди кислородных соединений, производимых в нефтехимической промышленности и в основных отраслях органического синтеза, сложные виниловые эфиры занимают ведущее место. Винацетат – является самым важным из них. Винацетат считается важнейшим мономером в индустрии пластмасс, он является сырьём для производства поливинацетата, поливинилового спирта и поливинацеталей. Поливинацетат – это полимер с высокими адгезионными свойствами, который широко используется в производстве клеев, водорастворимых латексных красок и армирования тканей. Также, поливинацетат, поливиниловый спирт важны в медицине, сельском хозяйстве, при разработке синтетических каучуков, синтетических волокон, биологически активных веществ, модифицированных полимерных соединений и других материалов с уникальными свойствами.

На сегодняшний день в мире особое внимание уделяется на научно-исследовательских работ, направленные на изучение активности катализаторов, полученных в различных методах для реакции каталитического ацетилирования ацетилена. Особое внимание при создании нанокатализатора для получения винацетата и его эффективного использования уделяется научному обоснованию следующих вопросов: разработка новых энерго и ресурсосберегающих методов синтеза нанокатализаторов высокой термической устойчивостью, производительностью и селективностью; определение зависимости текстурных, физико-химических показателей, характеризующими снижением коксуемости нанокатализаторов а также структуру от каталитической активностью; исследование кинетической закономерности реакции каталитического ацетилирования ацетилена катализатором периодическим режимом работы определение кинетической модели и механизма протекания реакции.

В нашей Республике ведутся целевые исследования по производству ацетиленовых соединений и полимеров на их основе. В Стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан намечены важные задачи, направленные на «освоение выпуска принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечение на этой основе конкурентоспособности отечественных товаров на внешних и внутренних рынках»¹. В связи с этим разработаны технологии производства фунгицидов со специальными свойствами, антикоррозионные ингибиторы металлов, антибиотики, стимуляторы, клеи, красители и т.д. Это, указывает на необходимость разработки каталитической технологии производства винацетата на основе местного сырья – ацетилена.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП № 4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «Стратегия действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы», в постановлении Президента Республики Узбекистан от 17 января 2018 года №ПП-3479 «О мерах по обеспечению устойчивого обеспечения секторов экономики необходимой продукцией и сырьем», в постановлении Президента Республики Узбекистан от 25 октября 2018 года №ПП-3983 «О мерах по ускорению развития химической промышленности в Республике Узбекистан», в постановлении Президента Республики Узбекистан от 3 апреля 2019 года №ПП-4265 «О мерах по дальнейшему реформированию химической отрасли и повышению ее инвестиционной привлекательности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии Республики VII «Химическая технология и нанотехнология».

Степень изученности проблемы.

В научно-технической литературе имеется большое количество данных о изучение химических соединений ацетилена и разработке технологий получения, процессов винилирование ацетилена и технологий процесса, получения винилхлоридов и винилацетата с помощью ртутных катализаторов, применения селективных нанокатализаторов при получении винилацетата ацетилизацией ацетилена, внедрение технологии получения продуктов нового поколения и полимеров из ацетилена и его виниловых эфиров, над которыми занимаются Б.А.Трофимов, О.Н.Темкин, Р.М.Флид, Lihua Huang, Xueyi Wu, Zhuang Xu, Mingyuan Zhu, Xugen Wang, Bin Dai, Feng Wen Yan, Cun Yue Guo, Y.Y.Lee, H.Yun, Fang Yan, МДХ олимларидан Л.Б.Фишер, И.Л.Котляревский, А.А.Петров, Б.Гусев, А.В. Шелкунов, Х.Х.Бин, А.Т.Торосян, С.А.Хохрин, Л.Р.Асфандияров, Е.А.Капустин, К.М.Ерманов, Қ.Прашев, Л.В.Снегур, R.I.Tedeschi, S.C.Ammol, N.Yoshikai, E.Nakamura, M.Yoshimatsu, S.Matsuda, L.Ye.Zhang, W.T.Teo, E.Yoon, C.Mercier, P.Chabardes, Y.Nowicki, F.Konzelmann, C.Raminelli, X.Ariza, J.Gareia, X.Coorges, G.Faerber, E.Tyrrel, D.G.Watson, S.Ritter, D.Boyall, T.E.Nielsen, Peijie He, Feng Bo Li, Qing_Li Qian, ва Guo Qing Yuan, Frignani, M.F.Rodrigues, E.J.Corey и др.

В нашей республике по направлению каталитическое ацетилирование ацетилена и создание новых нанокатализаторов проводили фундаментальные исследования такие ученые, как и Ф.К.Курбанов, Т.С.Сирлибаев, А.Г.Махсумов, Д.Юсупов, К.М.Ахмеров, А.Икромов, Б.Ф.Мухиддинов, И.Абдугафуров, С.Э.Нурмонов, Н.И.Файзуллаев и другие.

Не смотря на проведение множества исследований процесса каталитического ацетилирования ацетилена, не были разработаны

катализаторы, которые имели бы высокую производительность и селективность, высокую стабильность, устойчивость, дешевизну и активность, уменьшающую коксование.

Также, остаются актуальными – оптимизация рабочих параметров каталитического устройства для достижения максимальной производительности продукта, моделирование технологических параметров процессов и реакторов, создание энергосберегающих безотходных технологий.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана государственных научно-исследовательских работ в Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии, Самаркандском государственном университете и Навоийском государственном педагогическом институте по темам «Новые методы синтеза, тестирования и переработки природных и синтетических материалов» ОТ-А12-46, «Разработка, исследование и оптимизация катализаторов окисления метана на основе местного сырья» (2017-2018 гг.) ИК-2012-5 и «Внедрение технологической системы производства этилацетата на основе местного сырья и промышленных отходов» (2013-2014 гг.).

Целью исследования является разработка технологии производства и каталитического синтеза винилацетата из ацетиленов в присутствии нового нанокатализатора.

Задачи исследования:

изучение активности катализаторов, характеризующихся высокой активностью, термической стабильностью, производительностью, селективностью и снижением коксования, полученных различными методами реакции каталитического ацетилирования ацетиленов;

изучение текстуры и физико-химические свойства нанокатализаторов физико-химическими методами и определение зависимости структуры катализатора от его каталитической активности;

изучение кинетических закономерностей реакции каталитического ацетилирования ацетиленов в катализаторе, работающем в циклическом режиме;

определение механизмов протекания, выбора и протекания кинетических моделей реакций на основе изучения кинетики процессов с участием выбранного катализатора;

разработка оптимальных составов нанокатализаторов и рекомендация технологии получения для производства винилацетата на основе местного сырья;

определение технологических параметров процесса синтеза винилацетата из ацетиленов в присутствии полученного нанокатализатора и разработка технологии его получения.

Объектами исследования являются ацетилен, уксусная кислота, ацетат цинка, ацетат кадмия, оксид циркония, керамзит.

Предметом исследования является разработка новых катализаторов процесса каталитического ацетилирования ацетилена и исследование его состава, структуры, физико-химических свойств и разработка технологии получения винилацетата с их участием.

Методы исследования. В процессе исследования использованы экспериментальные методы химической кинетики, ИК спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, статистические методы, элементный анализ, рентгенографический и дериватографический анализы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан новый высокоэффективный селективный состав катализатора $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит методом «золь-гель» для процесса ацетилирования ацетилена с уксусной кислотой;

определены текстура и физико-химические характеристики нового нанокатализатора с высокой каталитической активностью, созданного для процесса ацетилирования;

выбраны кинетические модели реакции на основе изучения кинетики процесса и предложен механизм реализации, а также оптимизирован процесс на основе анализа кинетических моделей и выбран оптимальный тип реактора;

определены кинетические закономерности реакции и оптимальные условия процесса в присутствии нанокатализатора, созданного в условиях дифференциального реактора, выбраны кинетические уравнения, представляющие процесс, и оценена их адекватность;

разработана улучшенная и малоотходная, энерго- и ресурсосберегающая технология производства винилацетата каталитическим ацетилированием ацетилена.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

впервые разработан высокоселективный и высокоэффективный нанокатализатор составом $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит позволяющий повысить эффективность синтеза винилацетата из ацетилена, а также разработана технология его производства;

в результате исследований впервые разработаны и математически смоделированы физико-химические и термодинамические основы эффективных технологий и оборудования для процесса ацетилирования ацетилена, а также математическая модель идеального компрессионного реактора;

разработаны энерго- и ресурсосберегающие, малоотходные технологии, определены оптимальные условия реакции исходя от продуктивности продукта.

Достоверность результатов исследования объясняется исследованием составов и структур синтезированных веществ методами газожидкостной хроматографии, ИК и ПМР-спектроскопии, элементного анализа, рентгенографического и дериватографического анализа, а также современностью оборудования, применяемых в рентгеновских,

кинетических, газохроматографических исследованиях, методами анализа катализаторов и продуктов, применением стандартизированных методов в экспериментальных исследованиях, взаимозависимостью теоретических и экспериментальных результатов.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследования объясняется разработкой новых высокоэффективных и селективных нанокатализаторов для вышеуказанных реакций, предложенным механизмом протекания реакций а также усовершенствованных технологических схем процессов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что на основе кинетических уравнений оптимизированы рабочие параметры устройств, в плотном слое катализатора, экспериментально обоснована физико-химическая модель массопереноса, разработана математическая модель для расчета эффективности, конверсия и селективность процессов в различных условиях, с моделированием разработаны малоотходные, сырьевые и энергосберегающие технологии.

Внедрение результатов исследований. На основании научных результатов, полученных при разработке технологии каталитического синтеза и синтеза винилацетата из ацетилену:

разработан новый состав нанокатализатора с высокой каталитической активностью для процесса ацетилирования ацетилену уксусной кислотой и внедрен в АО «Навоиазот» новый нанокатализатор с высокой каталитической активностью (справка АО «Навоиазот» от 26 августа 2020 г. № 5949). В результате была разработана улучшенная технология получения винилацетата из ацетилену и уксусной кислоты;

новый, высоко каталитический нанокатализатор $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ с содержанием керамзита внедрен на Мубарекском газоперерабатывающем заводе (Справка ОАО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» от 30.08.2020 № 933/ГК-08). В результате было установлено, что $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ /керамзитовый нанокатализатор может быть использован в качестве импортозамещающего местного катализатора в синтезе винилацетата.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждены в 5, в том числе в 3 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ. Опубликовано 9 журнальных статей, из них 3 статьи в республиканских и 5 статей в зарубежных журналах, также 1 монография рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 101 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении показана актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике, изложены научная новизна и практические результаты исследований, раскрыты научно-теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены осуществленные внедрения результатов исследования, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной «**Современное состояние производства винилацетата**» подробно описаны результаты исследований по теме, анализ зарубежной и отечественной литературы. Обобщены данные и сделаны научно-аналитические выводы, определены цель, задачи, актуальность и важность диссертации на основании информации из научной литературы.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Экспериментальная часть. Объекты и методы исследования**», описана экспериментальная установка для изучения кинетических закономерностей реакции каталитического ацелирования ацетиленом.

Таблица 1

Текстурные характеристики катализатора $ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z /$ керамзит

Форма гранул	Плотность, г/см ³	S _{сол} м ² /г	Общий объем пор, см ³ /г	Содержание ZnO:CdO:ZrO ₂ , мас. %
шар	0,98	51	0,310	6,64:8,35:0,2
шар	0,94	63	0,341	6,64:8,35:0,4
шар	0,88	46	0,253	6,64:8,35:0,6
шар	0,76	107	0,362	6,64:8,35:0,8
шар	0,72	173	0,409	6,64:8,35:1,0
шар	0,86	57	0,337	6,64:8,35:1,2
шар	0,79	62	0,313	9,96:8,35:0,2
шар	0,87	59	0,329	9,96:8,35:0,4
шар	0,88	70	0,318	9,96:8,35:0,6
шар	0,92	51	0,310	9,96:8,35:0,8
шар	0,85	59	0,271	9,96:8,35:1,0
шар	0,85	51	0,240	9,96:8,35:1,2
шар	0,91	58	0,269	6,64:12,53:1,0
шар	0,95	68	0,320	6,64:8,35:2,0

Представлены исследования по синтезу катализатора. Характеристики катализатора изучены физико-химическими методами, приведены использованные в исследованиях методы активации керамзита.

Исследованы текстурные характеристики катализатора. Приведены методы определения продуктивности и состава продуктов реакции методом газожидкостной хроматографии.

Текстурные характеристики нанокатализатора на основе технологии «Золь-гель» приведены в таблице 1.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Результаты исследования и их обсуждения**» были изучены кинетические закономерности процессов и разработаны кинетические модели.

Таблица 2

Влияние исходных веществ на активность катализатора в реакции каталитического ацелирования ацетилена

($T=453\text{ K}$, $C_2H_2:CH_3COOH\ 4:1$, $v_{C_2H_2}=280\text{ час}^{-1}$, промотор: 1.8 % $K_2Cr_2O_7$)

Структура катализатора	Конверсия CH_3COOH , %		Селективность S %
	Общая	В винилацетате	
ZnO/керамзит	60,0	43,0	71,1
ZnO:CdO/керамзит	80,6	73,5	91,2
ZnO:ZrO ₂ /керамзит	51,4	38,2	74,3
ZnO:CdO:ZrO₂/керамзит	85,4	79,8	93,4
ZnO:Cr ₂ O ₃ /керамзит	46,2	30,6	66,2
Cr ₂ O ₃ :CdO:ZrO ₂ /керамзит	67,8	49,2	72,5
ZnO:Cr ₂ O ₃ :ZrO ₂ /керамзит	72,1	51,9	72,0
ZnO:Fe ₂ O ₃ :Cr ₂ O ₃ /керамзит	70,9	48,0	67,7

В реакции гетерогенно-каталитического ацелирования ацетилена изучена каталитическая активность катализаторов, приготовленных из солей d-элементов, впервые приготовленных по технологии «Золь-гель». Полученные результаты приведены в таблице 2.

В выбранных оптимальных условиях реакции общая конверсия уксусной кислоты составляет 85,4%, а конверсия в винилацетате составляет 79,8%.

В таблице 2, в присутствии катализатора №4, изучено влияние различных факторов (температуры, объемной скорости, молекулярных соотношений $C_2H_2:CH_3COOH$, способа приготовления катализатора) на продуктивность винилацетата, селективность процесса и конверсию исходных материалов.

При изучении влияния соотношений $C_2H_2:CH_3COOH$ на продуктивность винилацетата и селективность процесса было обнаружено, что наиболее оптимальным условием является соотношение 4:1 для $C_2H_2:CH_3COOH$.

Таблица 3

Влияние соотношения $C_2H_2:CH_3COOH$ на продуктивность
винилацетата ($T=180^\circ C$, катализатор №4)

Молярное соотношение $C_2H_2:CH_3COOH$	Конверсия уксусной кислоты, %		Селективность, S %
	Общая	В винилацетат	
1:3	48,0	18,4	38,3
1:2	63,4	48,5	76,5
1:1	78,8	63,2	80,2
2:1	82,0	70,7	86,2
3:1	83,8	75,4	90,0
4:1	85,4	79,8	93,4
5:1	92,5	72,0	77,8
6:1	96,2	65,4	68,0

Как видно из таблицы 3, общая конверсия уксусной кислоты увеличивается с увеличением молярного содержания ацетилена в реакционной смеси. Когда молярные соотношения исходных материалов превышают 4:1, продуктивность винилацетата снижается из-за образования добавок (диацетилена, винилацетилена и др.).

Таблица 4

Влияние температуры на выход ацетиленовой реакции ацетилена
($C_2H_2:CH_3COOH=4:1$, $v_{C_2H_2}=280 \text{ час}^{-1}$ кат №4)

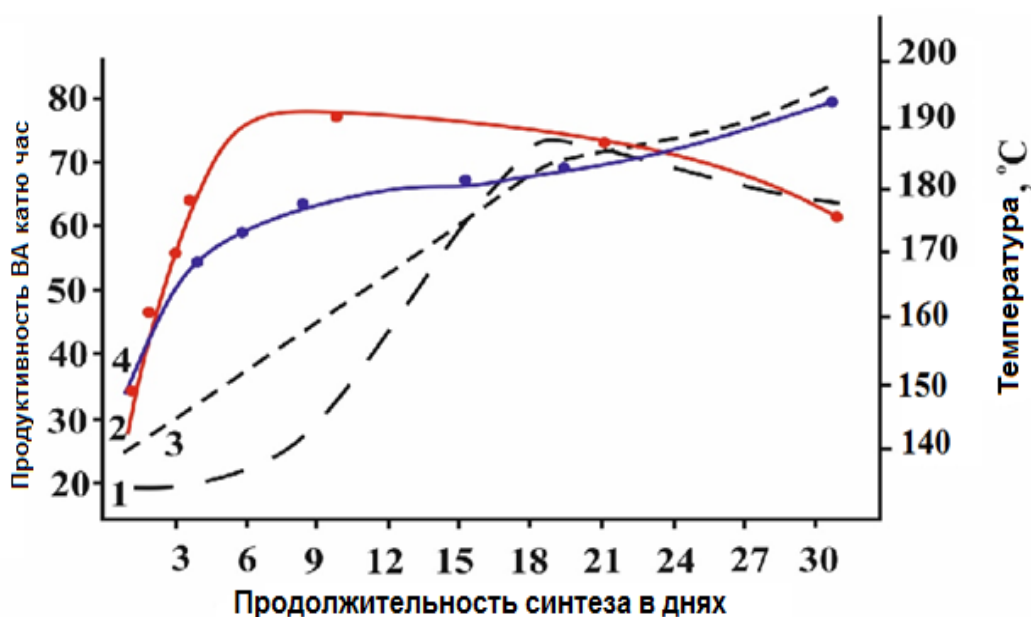
Температура, $^\circ C$	Конверсия CH_3COOH , %		Селективность, S %
	Общая	В винилацетат	
150	58,4	40,5	69,3
165	72,5	59,8	82,5
180	85,4	79,8	93,4
195	90,2	78,4	86,9
210	92,8	73,5	79,2
225	94,9	65,4	68,9
240	96,8	55,8	57,6

Как видно из таблицы 4, общая конверсия уксусной кислоты увеличивается с увеличением температуры. Продуктивность винилацетата увеличивается до $180^\circ C$. Когда температура превышает $185^\circ C$,

продуктивность реакции снижается из-за разложения винилацетата и образования добавок (диацетилен, винилацетилен, ацетальдегид, кротонового альдегида и т.д.).

После было изучено влияние различных факторов (температуры, молекулярных соотношений исходных веществ, объемной скорости, влияние продуктов реакции и др.) на скорость процесса синтеза винилацетата.

Влияние скорости повышения температуры на активность катализатора. Когда температура быстро повышается до 180°C, образование смол и полимеров на поверхности катализатора уменьшается, а эффективность катализатора увеличивается. Полученные результаты показаны на рисунке 1.



1 и 2 – продуктивность винилацетата; 3 и 4 – температура в реакторах

Рис.1. Зависимость активности катализатора от скорости повышения температуры

Как видно на рисунке 1, когда температура быстро повышается до 180°C в течение 30 суток, продуктивность винилацетата увеличивается в 2-3 раза за 12 суток при медленном повышении температуры, а общая продуктивность для всего процесса синтеза увеличивается на 15-20%.

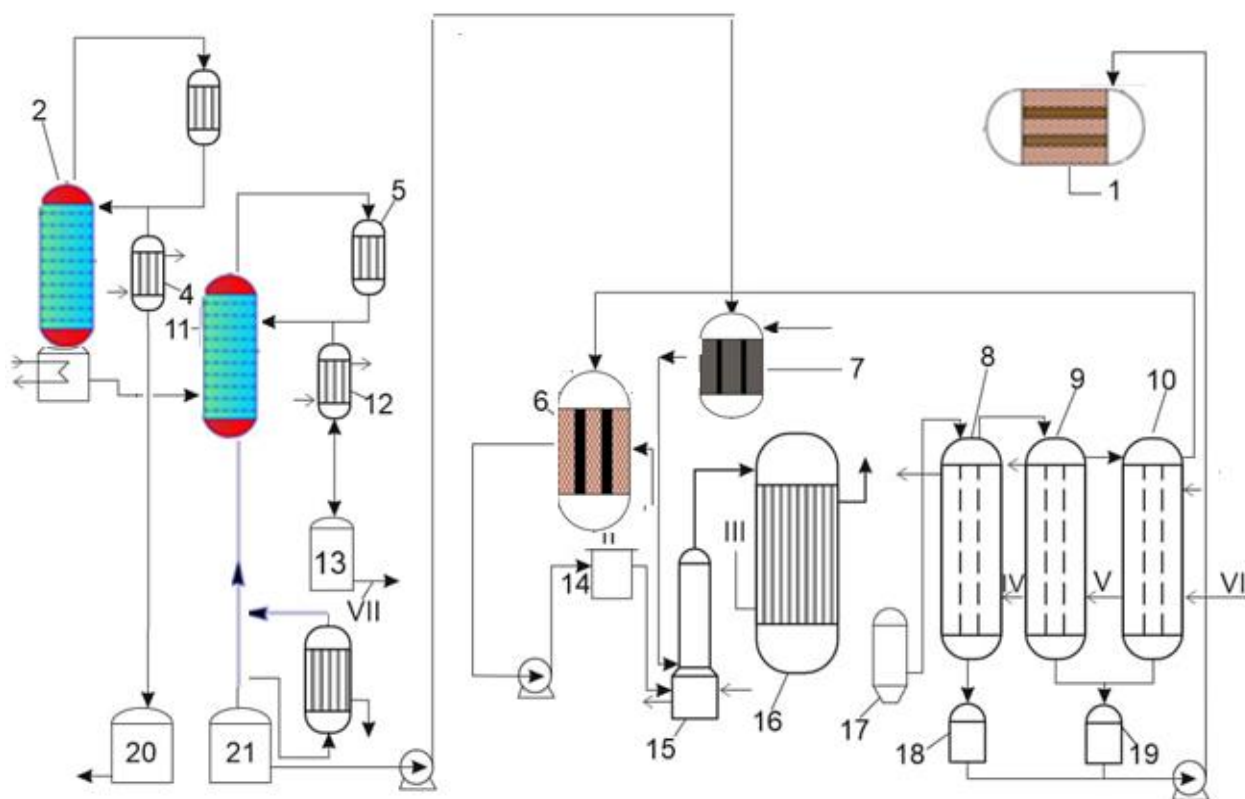
Активность и срок службы катализатора зависят от природы и качества основного вещества (носителя). Из всех протестированных нами основных веществ (носителей) (силикагель, глинозем, керамзит, активированный уголь различных марок) наиболее активным является керамзит. Поэтому в данном исследовании были описаны результаты, полученные в присутствии катализатора, введенного в керамзит состоящего из ацетата цинка и ацетата кадмия.

В реактор помещали 100 граммов, в некоторых экспериментах 150-200 граммов катализатора. Размер частиц катализатора 0,20-0,25 мм.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Технология производства винилацетата из ацетилена» описана технология получения винилацетата каталитическим ацелированием ацетилена. Основным элементом технологической схемы является реактор, качество производимого продукта зависит от его совершенства.

Основным элементом технологической схемы является реактор, от его совершенства зависит качество продукта.

В результате проведенных исследований предложена усовершенствованная технологическая схема синтеза винилацетата из ацетилена в присутствии нанокатализатора с паровой фазой $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ /керамзит. Усовершенствованная технологическая схема производства винилацетата в паровой фазе представлена ниже на рисунке 2.



Система: I - уксусная кислота; II - ацетилен; III –масло; IV - вода; V - раствор соли, -15°C ; VI - соленая вода, -40°C ; VII - винилацетат. 1 емкость для винилацетата; 2,11-ректификационная колонна, 3,5-дефлегматор; 4,8,9,10,12,18,19-холодильники, 6-ацетиленовый генератор; 7-уксусная кислота; 9-раствор соли; 13,20 коллектор, 14-очиститель; 15-испаритель; 16-реактор; 17-ловушка, 21-емкость

Рисунок 2. Технологическая схема производства винилацетата из ацетилена и уксусной кислоты паровым методом

Синтез винилацетата осуществляется непрерывным образом в устройстве для контакта с псевдокаталитическим слоем. Ацетилен подаётся из ацетиленового генератора (6) через очиститель (14) в испаритель (15). 96,0% уксусная кислота направляется в испаритель (15) из бака уксусной

кислоты (7). Полученная в испарителе парогазовая смесь, состоящая из уксусной кислоты и ацетилена, нагревается до 150°C, а ацетилен и уксусная кислота направляются в реактор (16) в соотношении 4:1. Материал контактного реактора - углеродистая сталь, высота 15,5 м, диаметр 3 м. Контактный реактор представляет собой систему трубок, по которым распределяется реакционная смесь. Трубки заполнены нанокатализатором, содержащим $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ /керамзит (объем 16 м³, высота 2,3 м), и нагревается до 180-200°C дифенильной смесью.

Винилацетат конденсируется в холодильниках и проходит через (18) и (19) в резервуар высокого давления (1). Оставшаяся чистота 99,9% направляется в генератор ацетилена (6). Винилацетат направляется из напорного резервуара (1) в ректификационную колонну (ректификационное устройство состоит из 60 тарелок с 5 колоннами, высотой 21,5 м и диаметром 1,8 м) (2). Легкие летучие компоненты отделяются от колонны при 21°C, конденсируются в хладагенте (4) через дефлегматор (3) и собираются в сборнике (20).

Жидкие продукты (2) направляются из колонны в ректификационную колонну (11), где температура в колонне составляет 73°C (в верхней части колонны), где пары винилацетата (тиодифениламин используется в качестве ингибитора) отделяются. Ректифицированный винилацетат содержит 0,003% уксусной кислоты и 0,06% ацетальдегида. Остаточная жидкость, содержащая 95-96% уксусной кислоты, направляется в емкость. Температура уксусной кислоты, направляемой на ректификацию, составляет 115°C, температура верхней части колонны составляет 118°C, а температура нижней части составляет 125°C. Ректифици-96-98% уксусная кислота возвращается в синтез винилацетата. Остаточная жидкость отправляется на переработку. Винилацетат проходит через дефлегматор (5), конденсируется в холодильнике (12) и собирается в коллекторе (13). Уксусная кислота выпускается из нижней части колонны (11) и собирается в резервуаре (21), а затем в сборнике (7) с помощью насоса.

Продукты реакции (50-55% винилацетата, 40-45% уксусной кислоты, 0,2-0,7% ацетальдегида, 0,01-0,03% ацетона, 0,2-0,4% кротонового альдегида и растворенного ацетилена) через лоток (17) и отправляют в серию - подключенные холодильники (8-10). Охладитель охлаждается водой в (8), в (9) - NaCl в рассоле до -15°C и в (10) до -40°C в рассоле.

Катализатор работает 12 суток в одном цикле синтеза. В настоящее время наработка катализаторов, используемых в промышленности, не превышает 10 суток.

При повышении температуры до 190-200°C начинает выходить пыль катализатора. Сверху реактора подается парогазовая смесь для уменьшения подачи катализатора. Реактор представляет собой трубчатое устройство, в котором трубка заполнена катализатором, а в меж трубчатом пространстве размещен теплоноситель (для отвода тепла реакции). Мощность одной единицы по сравнению с винилацетатом составляет 22 000 тонн в год.

Это также можно сделать, используя метод испарения водного конденсата с отбором пара в промежуточном пространстве для возврата тепла. Потери тепла также можно достичь испарением жидкой дифенильной смеси, если это необходимо. Смесь дифенилов охлаждается за счет испарения водного конденсата в теплообменнике.

Газ из реактора выходит из нижней части реактора и через теплообменник направляется в водоохладитель, а затем на обработку. За это время вместе с винилацетатом образуется небольшое количество ацетальдегида.

Процесс получения винилацетата из ацетиленов и уксусной кислоты происходит в присутствии катализатора $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z$ /керамзит. Во время реакции активность катализатора снижается. Основная причина этого - разложение ацетата цинка:



и конденсация ацетона, ацетальдегида и побочных продуктов реакции в порах катализатора. Включение ZrO_2 в катализатор снижает образование дополнительных продуктов реакции и предотвращает их образование в порах катализатора за счет образования смолы, что приводит к увеличению времени работы катализатора.

Винилацетат очищается от непрореагировавшей уксусной кислоты и побочных продуктов путем абсорбции (парогазовый конденсат реактора может использоваться в качестве адсорбента для уксусной кислоты или ксилол используется в качестве внешнего адсорбента).

Колонна работает при количестве флегмы $R=2-3$. Дистиллят из колонны (11) отделяется от легколетучих компонентов (ацетальдегид, ацетон, метилацетат, гетероазеотропия винилацетата с водой) через промежуточный дефлегматор (5) и направляется в холодильник (12).

Эта колонна работает при количестве флегмы $R=50$. Здесь винилацетат отделяют от фракций полимеров, ингибиторов, уксусной кислоты и кронового альдегида. Когда количество флегмы составляет $R=100$, дистиллят разделяется на фракции, содержащие $\approx 80\%$ уксусной кислоты, $\approx 20\%$ кронового альдегида.

Эта технология обеспечивает производство винилацетата чистотой не менее 99,9%. Поскольку реакция сильно экзотермична, необходимо отводить тепло из реактора. Для этого в межтрубное пространство (с неподвижным слоем катализатора в реакторе) подают высокотемпературный кипящий теплоноситель, например, смесь бифенилов (которая охлаждается во внешнем холодильнике) или водный конденсат. Последний вариант является удобным тем, что не требует внешнего охлаждения, выделяется водяной пар. Имеется два способа очистки винилацетат от непрореагировавшей уксусной кислоты и побочных продуктов:

1. Фазовая конденсация сначала в водяном конденсаторе, а затем в солевом растворе (от -15 до $-20^\circ C$).

2. Абсорбция (парогазовый конденсат реактора может использоваться в качестве адсорбента для уксусной кислоты или ксилол используется в качестве внешнего адсорбента).

Второй вариант экономически целесообразен. В этом случае коэффициент теплоотдачи при охлаждении адсорбента велик (по ступенчатой конденсации).

Охлаждение адсорбента необходимо, поскольку во время адсорбции выделяется тепло, что затрудняет адсорбцию и усиливает десорбцию. В качестве адсорбента рекомендуется использовать конденсат, потому что в этом случае винилацетат не загрязнен добавками, а уксусная кислота не разбавляется (при сильном разбавлении трудно отделить винилацетат).

Повышение энергоэффективности и экономии ресурсов технологии за счет объединения процессов массопереноса для разделения многокомпонентных смесей. Объединение нескольких процессов массообмена в одном устройстве при разделении многокомпонентных смесей приводит к экономии капиталовложений и расходов на управление. В то же время такое сочетание снижает эксплуатационные расходы. Многочисленные исследования показали, что в большинстве случаев затраты на энергию снижаются за счет объединения процессов массопереноса.

Комбинация нескольких методов разделения в одном аппарате используется для организации экстрактивной, автоэкстракционной и азеотропно-экстрактивной ректификации. В верхней части колонны (до уровня входа исходной смеси) происходят процессы частичной конденсации и экстракции, в нижней части колонны эти процессы сопровождаются процессом ректификации. Таким образом, несколько процессов массообмена объединены в одной колонне. Однако исключение регенерации, которая требует наибольших затрат энергии на ее образование (на ее испарение и конденсацию), может значительно снизить энергозатраты на разделение смеси продуктов. Но в этом случае необходимо использовать эффективное экстрактивное средство.

В основной отрасли органического и нефтехимического синтеза используются, в основном, непрерывные (комбинированные) совместные (комбинированные) реакционно-ректификационные процессы (ККРРП). ККРРП позволяет полностью использовать сырье и энергию многими способами и в конечном итоге создает безотходное или малоотходное производство. Комбинированные процессы реакции-ректификации также называют процессами химических реакций, в которых реакционная смесь, образованная в результате ректификации, частично или полностью разделяется и одновременно (в одном аппарате).

Схемы ККРРП рассчитаны на ограниченное стационарное состояние, начиная с реакционно-дистилляционного аппарата трех структур, после чего выбирается оптимальный вариант схемы ККРРП. Например, реакция $C_2H_2 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COOCH = CH_2$ (ВА) при условии, что компоненты CH_3COOH (В) и $CH_3COOCH = CH_2$ (С) образуют азеотроп с минимальной

температурой кипения и последовательность температур кипения $T_{BA} < T_B < T_A$.

Оптимизация процесса. Целью оптимизации этого процесса, который характеризуется снижением каталитической активности в процессе эксплуатации, является определение изменения во времени параметров процесса – температуры, расхода реакционной смеси и мольных соотношений реагентов. Критерий оптимизации был выбран для среднего/полного времени цикла катализатора/прироста, критерий

$$I_1 = \frac{1}{\tau_{\text{ц}}} \int_{\tau_0}^{\tau_p} \frac{W_0}{m+1} (a_1 x_x - a_2 m - a_3) dt - \frac{U_u}{\tau_{\text{ц}}}$$

Здесь,

$\tau_{\text{ц}}$ - общее время цикла, включая перегрузку катализатора;

τ_p - время работы катализатора;

τ_0 – избыточное время работы катализатора;

W_0 - расход этой реакционной смеси.

Особенность выбранного критерия в том, что он позволяет учесть технологические особенности процесса и прежде всего, влияние ректификационной установки. Критерий отражает, что эти свойства (потребление энергии, потеря винилацетата и возврат уксусной кислоты) зависят от конечного уровня конверсии. Коэффициенты критерия определяются технико-экономическими показателями существующих производств.

В качестве второго возможного критерия оптимизации использовалась средняя доходность за среднее время цикла:

$$I_2 = \frac{a_5}{\tau_{\text{ц}}} \int_0^{\tau_p} \frac{W_0 X_x}{m+1} dt$$

Задача оптимизации сводится к нахождению функциональных экстремумов I_1, I_2 за счет нескольких неизвестных функций:

$$T(\text{л}, \tau); m(\tau); W_0(\tau).$$

Также, накладываются ограничения по технологическим причинам:

$$T \leq 230^\circ\text{C}; W_0 \leq W_{0\text{нп}}$$

Здесь $W_{0\text{нп}}$ - расход максимально допустимой реакционной смеси в результате гидравлического сопротивления системы, процесс проводился на основе кинетической модели (1,2). В качестве метода оптимизации использован принцип максимума Понтрягина. В нашем примере сопряженная система дифференциальных уравнений имеет следующий вид:

$$\frac{\delta \varphi_1}{\delta \varepsilon} = -K_c \frac{df(x, T, m, p, W_0)}{dx} \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \varphi_1 \right)$$

$$\frac{\delta \varphi_2}{\delta t} = -f(x, T, m, p, W_0) \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \varphi_1 \right) + K_{p_0} e^{-\frac{E_p}{RT}} \varphi_2$$

С граничными условиями:

$$\varphi_1(l_x, t) = 0, \varphi_2(l, \tau_p) = 0,$$

Чтобы управление Γ (l, t) было приемлемым по критерию, функция должна достигать своего максимума.

$$H = f(x, T, m, p, W_0) \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \right) - \varphi_1 K_{p_0} e^{-\frac{E_p}{RT}} \varphi_2$$

В каждой точке (l, T) для x , КС фазовых переменных.

Для оптимальности M (t), $W_0(t)$ должна быть достигнута максимальная функция

$$H_1 = \int_0^{l_x} K_c f(x, T, m, p, W_0) \cdot \left(\frac{a_1}{\tau_u} + \frac{m+1}{W_0} \right) dl - \frac{W_0(a_2 m + a_3)}{\tau_u(m+1)}$$

ВЫВОДЫ

По результатам научно исследовательских работ были сделаны следующие выводы:

1. Разработан оптимальный состав нанокатализатора $[(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z / \text{керамзит}]$, обладающего термически стабильностью, высокой активностью, селективностью и производительностью, характеризующейся понижающим образования кокса и смолы, для реакции ацетилирования ацетилена из местного сырья;

2. Впервые для процесса ацетилирования ацетилена уксусной кислотой на основе технологии «Золь-гель» получен новый катализатор с высокой каталитической активностью $(ZnO)_x \cdot (CdO)_y \cdot (ZrO_2)_z / \text{керамзит}$, также были определены его текстура и физико-химические свойства.

3. Изучено влияние различных факторов на выход образования винилацетата и установлено, что при нормальных условиях соотношение $C_2H_2:CH_3COOH$ составляет 4:1, температура $T=453K$, промотор $K_2Cr_2O_7$ (1,8%).

4. Впервые в присутствии катализатора, созданного в дифференциальных условиях реактора, были определены кинетические законы реакции и оптимальные условия процесса, а также выбраны кинетические уравнения, представляющие процесс, и определена их адекватность.

5. Кинетические модели реакции были выбраны на основе изучения кинетики процесса в присутствии созданного нанокатализатора, определены механизм процесса с участием созданного нанокатализатора и рекомендован оптимальный тип реактора.

6. Разработана усовершенствованная и малоотходная, энерго- и ресурсосберегающая технология производства винилацетата каталитическим ацелированием ацетилена.

7. Разработан технологический регламент производства нанокатализаторов, составом $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /керамзит для синтеза винилацетата из ацетилена, и процесс внедрен в производство на АО «Навоизот». Определено, что экономическая эффективность составляет 96607716 сум на 10 тонн винилацетата.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC
DEGREES DSc.16/30.12.2019.T.87.01 AT TASHKENT SCIENTIFIC
RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

**TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL
TECHNOLOGY**

OMANOV BEKHRUZJON SHUKHRAT UGLI

**CATALYTIC SYNTHESIS AND TECHNOLOGY OF VINYL
ACETATE FROM ACETYLENE**

02.00.14-Technology of organic substances and materials based on them

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

Tashkent – 2021

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.4.PhD/T1527

The dissertation has been prepared at the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific council www.tktiti.uz and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal www.ziyo.net.

Research supervisor:

Fayzullaev Normurot Ibodullayevich
Doctor of technical sciences, assistant professor

Official opponents:

Maksumov Abduhamid Gafurovich
Doctor of chemical sciences, professor

Beknazarov Hasan Soyibnazarovich
Doctor of Technical Sciences, professor

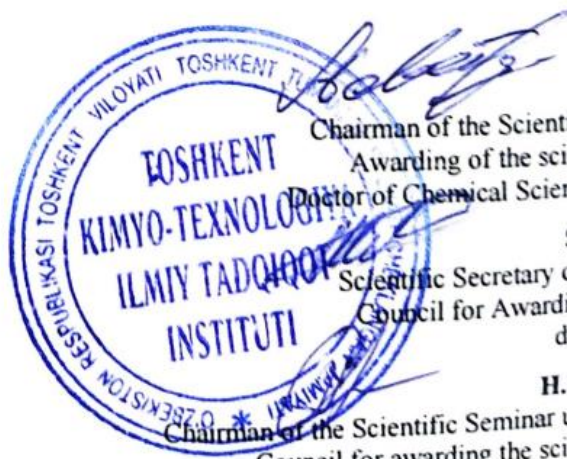
Leading organization:

«Navoiyazot» JSC

The dissertation will be defended on "17" septem 2021 at "10⁰⁰" hours at a meeting of the Scientific Council DSc.16/30.12.2019.T.87.01 at the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology at 111116, Tashkent region, p. Tashkent, st. Shurabazar, Phone: (+99895) 144-67-83, fax: (+99870) 965-77-16, e-mail: gup_tniixt@mail.ru.

The dissertation has been registered at the Informational Resource Center of the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology at: under № 10 (Address: 111116, Tashkent region, p. Tashkent, st. Shurabazar. Phone: (+99895) 144-67-83, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: gup_tniixt@mail.ru).

The abstract of the dissertation has been distributed on «21» august 2021 year
Protocol at the register № 10 dated «21» august 2021 year



A.T. Djalilov
Chairman of the Scientific Council for
Awarding of the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Akademik

Sh.D. Shirinov
Scientific Secretary of the Scientific
Council for Awarding of scientific
degree, Phd tech

H.S. Beknazarov
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work catalytic synthesis of vinyl acetate from acetylene in the presence of a new nano-catalyst and the development of its technology.

The object of research work is acetylene, acetic acid, zinc acetate, cadmium acetate, zirconium oxide, keramzite.

The scientific novelty of the research is:

a new $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /expanded clay catalyst with high efficiency and selectivity used for the acetylation of acetylene with acetic acid was created using the “zol-gel” method;

the texture and physicochemical properties of a new nanocatalyst with high catalytic activity, created for the acetylation process, were determined;

based on the study of the kinetics of the acetylation process in the presence of a new catalyst, kinetic models of the reaction and the mechanism of the reaction are proposed, and on the basis of the analysis of kinetic models, the optimal reactor type is selected;

in the presence of a nanocatalyst created under differential reactor conditions, the kinetic laws of the reaction and the optimal conditions of the process are determined, the kinetic equations representing the process are selected on the basis of the obtained results and their adequacy is evaluated;

improved, low-waste and energy-saving technology for the production of vinyl acetate by catalytic acetylation of acetylene has been developed.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained on the development of technology for the catalytic synthesis and synthesis of vinyl acetate from acetylene:

For the process of acetylene acetylation with acetic acid, a new nanocatalyst with high catalytic activity was developed and introduced in JSC "Navoiazot" (reference of JSC "Navoiazot" dated August 26, 2020 No 5949). As a result, an improved technology for obtaining vinyl acetate from acetylene and acetic acid has been developed;

a new $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /expanded clay nanocatalyst with the high catalytic activity was introduced at Mubarek Gas Processing Plant. (Reference of JSC "Mubarek Gas Processing Plant" dated August 30, 2020, No. 933/GK-08). As a result, it was found that $(\text{ZnO})_x \cdot (\text{CdO})_y \cdot (\text{ZrO}_2)_z$ /expanded clay nanocatalyst can be used as an import-substituting local catalyst in the synthesis of vinyl acetate.

The structure and volume of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a summary, a list of references and appendices; the total volume is 101 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (часть I; part I)

1. Файзуллаев Н.И., Мусурмонов Н.Х., Оманов Б.Ш. Бифункционал катализаторларда ацетиленнинг каталитик ўзгаришлари. //Монография. Самарқанд. 2019. 136 бет. ISBN 978-9943-5375-9-0

2. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Туробжонов С.М. Винацетат синтези реакторини моделлаштириш ва жараёни мақбуллаштириш. //ТошДТУ хабарлари.-Тошкент. 2018 йил, №1. 129-136 бет. (02.00.14; № 11).

3. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Жуманазаров Р.Б., Норкулов У.М. Винацетат ишлаб чиқаришнинг ихчамлаштирилган технологияси. //СамДУ илмий ахборотномаси.- Самарқанд. 2018 йил, №1.107-114 бет. (02.00.14; №9).

4. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Туробжонов С.М. Винацетат ишлаб чиқаришнинг такомиллаштирилган технологияси. //ТошДТУ хабарлари.-Тошкент. 2018 йил, №2. 147-153 бет. (02.00.14; № 11).

5. Omanov B.Sh., Fayzullayev N.I, Khatamova M.S. Vinylacetate Production Out of Acetylene//International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328. Vol. 6, Issue 12, December 2019. pp.12011-12017. № 23, SJIF. IF: 6.1.

6. Omanov B.Sh. Approval of the process of vinyl acetate synthesis from acetylene. //Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. ISSN: 2249-7137 Vol. 10, Issue 9, Sept 2020 pp. 236-243. Impact Factor: SJIF 2020 = 7.13. (№5 Global Impact Factor, №23. Scientific Journal Impact Factor, №25. Directory of Open Access Journals).

7. B.Sh. Omanov, N.I. Fayzullaev, K.A. Ernazarov, M.S.Xatamova. Production of Vinyl Acetate from Acetylene. //Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. ISSN: 2249-7137 Vol. 10, Issue 6, June 2020 pp.1030-1037. Impact Factor: SJIF 2020 = 7.13. (№5. Global Impact Factor, №23.Scientific Journal Impact Factor, №25. Directory of Open Access Journals).

8. Omanov B.Sh., Fayzullaev N.I., Xatamova M.S. Catalytic synthesis of acetylene ut of vynil acetate and texture characteristics of catalysts. //«Asian journal of multidimensional research. ISSN: 2278-4853. Special Issue, March, 2020. pp. 234-241. Impact Factor: SJIF 2020 = 6.882. (№ 12. Index Copernicus, № 35. Cross Ref).

9. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И. Параметры технологического режима синтеза винацетата. // Universum: «Химия и Биология». Научный журнал. Москва. 2020. Выпуск: 4(70). Апрель. 45-48 стр. (02.00.00; № 2)

II бўлим (часть II; part II)

10. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Хатамова М.С. Технологии производственные винилацетат. // Инновационная наука. Международный научный журнал. Уфа. 2020. №3. 10-12 стр. (№ 12. Index Copernicus, № 35. Cross Ref).

11. Omanov B.Sh., Fayzullaev N.I., Xatamova M.S. Vinyl Asetate Production Texnology. // International Journal of Advanced Science and Technology. ISSN: 2005-4238. Vol. 29, № 03. 2020.pp. 4923-4930. (№3. Scopus, № 17. Open Academic Journals Index, № 18. Ulrich's Periodicals Directory.).

12. Omanov B.Sh., Fayzullaev N.I., Musulmonov N.Kh., Xatamova M.S., Asrorov D.A. Optimization of Vinyl Acetate Synthesis Process. //International Journal of Control and Automation. ISSN: 2005-4297. Vol. 13, No1, (2020), pp. 231 – 238. (№3. Scopus, № 18. Ulrich's Periodicals Directory).

13. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Аухадиева Г.К. Гетерогенно-каталитический синтез винилацетата из ацетилена. // «Мұнай-газ саласына мамандарды даярлаудың заманауи тенденциялары» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдарының жинағы. Қазақстан. 2018 г. 22-23 февралы. С.137-138.

14. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Мусурмонов Н.Х. Ацетилендан винилацетатнинг каталитик синтези учун мақбул катализатор танлаш. //«Внедрение достижений науки в практику и устранений в ней деятельности коррупции» III международная конференция-симпозиум. Тошкент. 2019 йил, 135-137 бет.

15. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Мусурмонов Н.Х. Ацетиленни каталитик ацетиллаш. // «Внедрение достижений науки в практику и устранений в ней деятельности коррупции» III международная конференция-симпозиум. Тошкент. 2019 йил, 137-140 бет.

16. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Хатамова М.С. Ацетиленни ацетиллаш реакцияси кинетикаси ва механизми. //International scientific journal «Global science and innovations 2020: Central Asia». Қазақстан.2020. № 3(1).14-20 стр.

17. Оманов Б.Ш., Файзуллаев Н.И., Хатамова М.С. Ацетиленни буғ фазада каталитик ацетиллаш. // International scientific journal «Global science and innovations 2020: Central Asia». Қазақстан.2020. № 3(1). 21-27 стр.

18. Omanov B.Sh., Fayzullaev N.I. Texture characteristics of catalysts //Monografia pokonferencyjna «Science, research, development #26/8». Berlin. 2020. pp. 167-171.

19. Omanov B.Sh., Fayzullaev N.I. Physiochemical characteristics of the catalysts. //Monografia pokonferencyjna «Science, research, development #26/8». Berlin. 2020. pp.172-177.

Автореферат “Ўзбекистон кимё журналы” тахририятида тахрир қилинди

Босишга рухсат этилди: 20.08.2021 йил.
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 2,7. Адади 100. Буюртма № 157.
Тел (99) 832 99 79; (97) 815 44 54.
Гувоҳнома reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
100031, Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй.