

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК - ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ  
ЎЗР ФА УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**РАХИМОВ ҒАНИШЕР БАХТИЁРОВИЧ**

**НОРДОН ГАЗЛАР БИЛАН ТЎЙИНГАН АБСОРБЕНТЛАРНИ  
РЕГЕНЕРАЦИЯ ҚИЛИШ ЖАРАЁНИДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН  
ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАСИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**02.00.08 - Нефть ва газ кимёси ва технологияси**

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

**Тошкент - 2023**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори  
(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси  
Оглавление автореферата диссертации доктора философии  
(PhD) по техническим наукам  
Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy  
(PhD) on technical sciences**

**Рахимов Ғанишер Бахтиёрович**

Нордон газлар билан тўйинган абсорбентларни  
регенерация қилиш жараёнида қўлланиладиган  
иссиқлик алмашилиш қурилмасини такомиллаштириш..... 3

**Рахимов Ғанишер Бахтиёрович**

Усовершенствование теплообменного аппарата  
применяемого в процессе регенерации абсорбентов  
насыщенными кислотными газами..... 21

**Raximov Ganisher Baxtiyorovich**

Improvement of the heat exchanger  
used in the process of regeneration  
of absorbents with saturated with acid gases..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

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

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК - ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ  
ЎЗР ФА УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**РАХИМОВ ҒАНИШЕР БАХТИЁРОВИЧ**

**НОРДОН ГАЗЛАР БИЛАН ТЎЙИНГАН АБСОРБЕНТЛАРНИ  
РЕГЕНЕРАЦИЯ ҚИЛИШ ЖАРАЁНИДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН  
ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАСИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**02.00.08 - Нефть ва газ кимёси ва технологияси**

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

**Тошкент - 2023**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси В2022.4.PhD/Т3423 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация иши Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти ва ЎзРФА Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.fkti.uz](http://www.fkti.uz)) ва «Ziyonet» ахборот таълими порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Хурмаматов Абдугаффор Мирзабдуллаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Икрамов Абдувахоб Икрамович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Зиядуллаев Одилжон Эгамбердиевич**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**«ЎзЛИТИнефтгаз» АЖ**

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 рақамли Илмий кенгашининг 2023 йил « 22 » февраль соат 9<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20, факс: (99871) 244-79-17; e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz)).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин ( 417 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Навоий кўчаси, 32-уй.) Тел.: (99871)244-79-20; факс (99871) 244-79-17.

Диссертация автореферати 2023 йил «03» февраль куни тар қатилди.  
(2023 йил «03» февраль даги № 512 рақамли реестр баённомаси).

**ТуробжоновС.М.**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси т.ф.д., профессор

**Қодиров Х.И.**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби  
т.ф.д., профессор

**Раҳмонбердиев Г.Р.**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш ҳузуридаги илмий семинар  
раиси, к.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Бугунги кунда нефт ва табиий газ хомашёси энергия ишлаб чиқаришнинг асосий манбаи бўлиб, саноат барча тармоқларида кенг қўлланилади. Шу билан бирга, табиий газ ва нефт истеъмолининг барқарор ўсиши шароитида углеводородларни чуқур қайта ишлаш қурилмаларини модернизациялаш, хомашё оқимлари ҳаракатининг мақбул гидродинамик режимларини топиш билан таъмирлараро вақтини узайтириш ва халқаро стандарт талабларига мос келувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда табиий газни нордон компонентлардан тозалашда ишлатилган реагентларни регенерациялаш жараёнида иссиқлик алмашилиш қурилмаларини иш унумдорлигини ошириш ва энергия тежамкор технологияларини яратиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, иссиқлик алмашилиш жараёнини самарали ташкил этиш, қурилмалардаги углеводородлар оқимларининг гидродинамик режимларини назорат қилиш билан энергетик сарфини қисқартириш, ускуналар самарадорлигини ошириш ва хомашёларни чуқур қайта ишлаш технологияларини яратиш каби устувор йўналишларга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда углеводород хомашёсини технологик жараёнларга тайёрлаш ва қайта ишлаш тармоғини сифат жиҳатдан янги босқичга кўтаришда инновацион технологияларни жорий этиш, маҳсулот ҳажми ва сифатини ошириш, муқобил ёқилғи материаллари ишлаб чиқариш технологияларини яратишга алоҳида эътибор берилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида «миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, саноат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 бараварга ошириш»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада иссиқлик алмашилиш қурилмалари ва уларга туташган қувурларда нефт, газ ва газконденсат хомашёси оқимларининг мақбул гидродинамик режимларини ташкил этиш, табиий газни қайта ишлашда қўлланилаётган иссиқлик алмашилиш жараёнлари самарадорлигини оширишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022-йил 28-январдаги ПФ-60-сон “Янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017-йил 6-апрелдаги ПФ-4891-сон “Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида”ги фармонлари ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022-йил 7-июлидаги ПҚ-309-сон “Нефт ва газ соҳасида таълим-ишлаб чиқариш кластерини ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019-йил 3-апрелдаги ПҚ-4265-сон “Кимё

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида» фармони

саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги фармонлари ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. “Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Нефт-газни қайта ишлаш жараёнларининг назарий асосларини яратиш, углеводород хомашёсини қайта ишлаш қурилмаларини такомиллаштириш бўйича Barnes David, Besant Tanzi, Demargne Albert, Kawakubo Masaaki, Kawachi Norihide, Zhang Jian-Fei, Li Bin, Huang Wen-Jiang, Lei Yong-Gang, He Ya-Lingf, Too Wen-Quan, С.А. Ахмедов, А.И. Владимиров, О.Ф. Глаголева, А.Л. Лапидус, Ф.Г. Жағфаров, З.С. Салимов, Н.Р. Юсупбеков, С.М. Турабжонов, А.Икрамов, А. Артиков, С.А. Абдурахимов, Т.З. Рахмонов, С.Г. Закиров, Ш.М. Гулямов, Н.У. Ризаев, Х.С. Нурмухамедов, Ш.М. Сайдахмедов, А.М.Хурмаматов, О.Ю.Исмаилов ва бошқалар илмий тадқиқот ишлари олиб боришган.

Улар томонидан нефт ва газни қайта ишлаш жараёнлари, жумладан технологик жиҳозларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш асослари яратилган, табиий газни нордон компонентлардан тозалашда ишлатилган реагентларини регенерациялаш жараёнининг иссиқлик алмашилиш қурилмалари иш унумдорлиги оширилган, энергия тежамкор технологиялари жорий қилинган.

Шу билан бирга, қувурлар ва турлича тузилишдаги конструкцияларнинг гидравлик қаршиликлари ва технологик суюқликларни узатувчи насослар қувватини ҳисоблашда уларда амалга оширилаётган жараёнлар гидродинамикасини ўрганиш, табиий газ оқимларининг гидродинамик режимларини иссиқлик алмашилиш жараёни самарадорлигига ва хомашёни узатишда энергия сарфини камайтиришга таъсирини ўрганиш борасида тадқиқотлар олиб борилмоқда.

**Диссертация тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ФА-А13-140 “Гидродинамик режимларни оптималлаштириш орқали углеводородли хомашёларни бирламчи қиздириш жараёнларининг энергия тежовчи технологиясини ишлаб чиқиш” (2014-2017йй.) мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** табиий газни тозалашда нордон газ билан тўйинган абсорбентни регенерация қилиш жараёнида қўлланиладиган қобик қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмасини хомашёни ички қувурларга тақсимланиш даражасини оширишга орқари такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

газни қайта ишлаш корхоналаридаги иссиқлик алмашилиш қурилмаларини такомиллаштириш ва режим-конструктив кўрсаткичларини мақбуллаштириш;

тўйинган ва регенерацияланган диэтаноламиннинг сувли эритмаларининг қовушқоқлигини, зичлигини ва сарфини қувурдаги оқимнинг ҳаракат режимларига таъсирини аниқлаш;

иссиқлик алмашиниш қурилмасининг конструктив кўрсаткичларини хомашё сарфига таъсири ва хомашё хароратига боғлиқлигини тадқиқ қилиш;

қобиқ қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасида хомашё оқимини марказдан қочма куч таъсирида йўналтириш орқали иссиқлик бериш ва иссиқлик ўтказиш коэффициентларининг самарадорлигини аниқлаш;

ишлаб чиқилган иссиқлик алмашиниш қурилмасида оқим ҳаракатини марказдан қочма тарзда ташкил этиш орқали эришиладиган ижобий режим кўрсаткичларини: иссиқлик бериш коэффициенти; иссиқлик ўтказиш коэффициенти; узатилаётган иссиқлик миқдори; ишлатиладиган сув буғи сарфини ҳамда иссиқлик балансини ҳисоблаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида табиий газ, диэтаноламин эритмаси, тўйинган диэтаноламин аралашмалари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** тўйинган ва регенерацияланган диэтаноламинни қиздириш жараёнида қўлланиладиган қобиқ қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда тажрибаларни режалаштириш, экспериментал натижаларни статистик қайта ишлаш, регенерацияланган ва тўйинган диэтаноламиннинг физик ва иссиқлик-физик хоссаларини аниқлаш, ўхшашлик назарияси ва моделлаштириш ҳамда тажриба натижаларини компьютерда қайта ишлаш усулларида фойдаланилди.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:**

диэтаноламин хомашёсини қиздириш учун такомиллаштирилган конструкцияли иссиқлик алмашиниш қурилмаси ишлаб чиқилган ҳамда мақбул кўрсаткичлари (оқим тезлиги – 0,17 м/с,  $Re$  – 5146, иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha_1$  – 3167 Вт/(м<sup>2</sup>К), иссиқлик ўткатиш коэффициенти  $K$  – 376В т/(м<sup>2</sup>К); қурилманинг гидравлик қаршилиги  $P$  – 8941 кПа) ҳисоблаб топилган;

иссиқлик алмашиниш қурилмасининг тақсимлаш камерасида хомашё билан таъминланиш даражаси кўшимча тарзда 7,4 % га ортиши ҳамда қувурлар узунлиги бўйича ҳароратнинг 23,5 дан 39 °С гача кўтарилиши исботланган;

марказдан қочма куч таъсирида иссиқлик ташувчидан қувур ташқи деворига берилаётган иссиқлик бериш коэффициентининг ортиши ҳамда қувур деворидан қиздирилаётган суюқликка узатилаётган иссиқлик бериш коэффициенти ҳам ортиши ( $\alpha_2$  = 321 Вт/(м<sup>2</sup>К)) исботланган;

иссиқлик алмашиниш қурилмаси тақсимлаш камерасида оқимни айланма ҳаракатини таъминлаш натижасида иссиқлик бериш коэффициентини 1,05 маротабага, иссиқлик ўткатиш коэффициенти 1,2 маротабага, узатилаётган иссиқлик миқдори эса 1,21 маротабагача ҳамда иссиқлик ва электр энергиясига қилинаётган сарф - ҳаражатларни 12 % га камайиши асосланган;

табиий газни тозалашда нордон газлар билан тўйинган абсорбентларни регенерация қилиш жараёнида қўлланиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмасини тақсимлаш камераси қисмидаги оқим ҳаракатига марказдан қочма

куч таъсир эттириш натижасида хомашёни қувурларга тақсимланиш даражасини ошириш орқали такомиллаштирилган.

#### **Тадқиқотнинг амалий натижалари:**

иссиқлик алмашиниш қувури узунлиги бўйича ҳароратни ўзгариб бориш кўрсаткичи аниқланди, хомашё сарфи  $1 \div 10$  л/мин оралиғида ўзгариши билан қиздирувчи агентнинг босими  $50 \div 200$  кПа бўлганда хомашёнинг ўртача ҳарорати  $23,5$  дан  $39$  °С гача кўтарилиши тажрибалар орқали аниқланган;

иссиқлик ташувчи босимининг қурилмадаги иссиқлик самарадорлигига таъсири жумладан, ҳароратни ортиши натижасида босимни  $50$  кПа дан  $200$  кПа гача кўтарилиши билан, иссиқлик бериш коэффиценти  $\alpha_1$   $2167$  дан  $3416$  Вт/(м<sup>2</sup>К) гача ортиши аниқланган. Босимни  $5$  мартаба ортиши натижасида иссиқлик ташувчининг ички қувур деворига бераётган иссиқлик бериш коэффиценти  $1,6$  мартабага ортиши ҳисобланган;

тақсимлаш камерасида хомашё оқими ҳаракатини марказдан қочма куч таъсирида йўналтирилган қобиқ қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг технологик тизими ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** ўтказилган тажрибалар ҳисоблаш натижаларига мослиги ва унинг тадқиқотлари асосида ҳисобланган ҳамда такомиллаштирилган технологик жараёнлар саноат корхонасида муваффақиятли синовдан ўтганлиги билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, диэтанолламин эритмаларининг физик-кимёвий хоссаларини эътиборга олган ҳолда уларни иссиқлик алмашиниш қурилмасига киришдаги ҳаракатини марказдан қочма куч таъсири остида йўналтирган ҳолда, қиздириш жараёнининг илмий асосланган усули аниқланганлиги ва шу асосида ресурс тежамкор технология ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти қобиқ қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасида хомашё оқимини марказдан қочма тарзда ҳаракатлантириш орқали қувурда хомашё оқимининг тенг тақсимланиши, иссиқлик бериш ва ўтказиш кўрсаткичлари ошиши натижасида қурилмадаги иссиқлик миқдорининг самарадорлиги ортиши билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Газларни нордон компонентлардан тозалаш технологиясида тўйинган абсорбентни регенерациялашда қўлланилаётган қобиқ қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасида оқим ҳаракатини марказдан қочма куч таъсирида йўналтириш орқали такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

газларни нордон компонентлардан тозалашда тўйинган абсорбентни регенерациялаш қобиқ қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасини, марказдан қочма ҳаракатни ҳосил қилувчи кўзғалмас конструкция ўрнатиш орқали такомиллаштириш технологияси “Шўртан нефт ва газ қазиб чиқариш бошқармаси”нинг 2022-2025-йиллардаги амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхатига киритилган (“Шўртан нефт ва газ қазиб чиқариш бошқармаси” 2022-йил 4-мартдаги Ф06/ЭМ-807-сон маълумотномаси). Натижада, иссиқлик алмашиниш қурилманинг тақсимлаш

камерасида оқим ҳаракатини айланма тарзда амалга ошириш орқали ички қувурларида диэтанолламин оқимининг бир ҳил тақсимлаш имконини беради;

газларни нордон компонентлардан тозалашда тўйинган абсорбентни регенерациялаш қобик қувурли қурилмаси қувурлардаги иссиқлик алмашилиш жараёнини жадаллаштириш орқали такомиллаштириш технологияси “Шўртан нефт ва газ қазиб чиқариш бошқармаси”нинг “2022-2025-йиллардаги амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Шўртан нефт ва газ қазиб чиқариш бошқармаси” 2022 йил 4-мартдаги Ф06/ЭМ-807-сон маълумотномаси). Натижада, оқим ҳаракатининг турбулент режими таъминланиб, қувур юзалари билан оқим таъсирини ошириш, иссиқлик ва электр энергиясига сарфланаётган сарф-ҳаражатларни камайтириш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 7 та халқаро ва 3 республика миқёсида ўтказилган илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этириш учун тавсия этган илмий нашрларда 4 мақола, 2 таси хорижий ва 2 таси республика журналларида, нашр этилган.

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

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ**

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, тадқиқотнинг объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўриб чиқилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари, уларнинг амалиётга жорий этилиши баён қилинган.

Диссертациянинг **“Нефт ва газни қайта ишлаш технологиясида иссиқлик алмашилиш самарадорлигини ошириш муаммосининг ҳозирги ҳолати”** деб номланган биринчи бобида нефтни ва газни қайта ишлаш саноатининг қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмаларида иссиқлик ўтказиш жараёнлари назарияси ва амалиёти таҳлиллари, иссиқлик алмашилиш қурилмаларнинг конструктив ва гидродинамик тузилиши таҳлиллари, газни қайта ишлаш корхоналарида қўлланилаётган иссиқлик алмашилиш қурилмаларини самарадорлигини қиёсий таҳлил натижалари, газни қайта ишлаш корхоналарининг қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг гидродинамик шароитларни яхшилашга мўлжалланган иссиқлик алмашилиш жараёнининг интенсивлашнинг замонавий усулларини таҳлил қилиш натижалари келтирилган ҳамда тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг “Қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаси ишини тадқиқ қилиш ва хомашёни физик-кимёвий, иссиқликлик-физик хоссаларини ўрганиш” деб номланган иккинчи бобида нефт ва газни қайта ишлаш корхоналарида ректификацион колонналардан чиқаётган фракциялар, адсорбцион ва абсорбцион колонналардан чиқаётган иссиқ технологик оқимлар билан бирламчи хомашё ёки ҳарорати паст бўлган оқимлар ҳароратини кўтариш, аксинча технологик оқимларни совитиш, буғларни конденсациялашда кенг кўламда қўлланилаётган иссиқлик алмашиниш қурилмаларидан фойдаланиш бўйича маълумотлар келтирилган (1-жадвал).

#### 1-жадвал

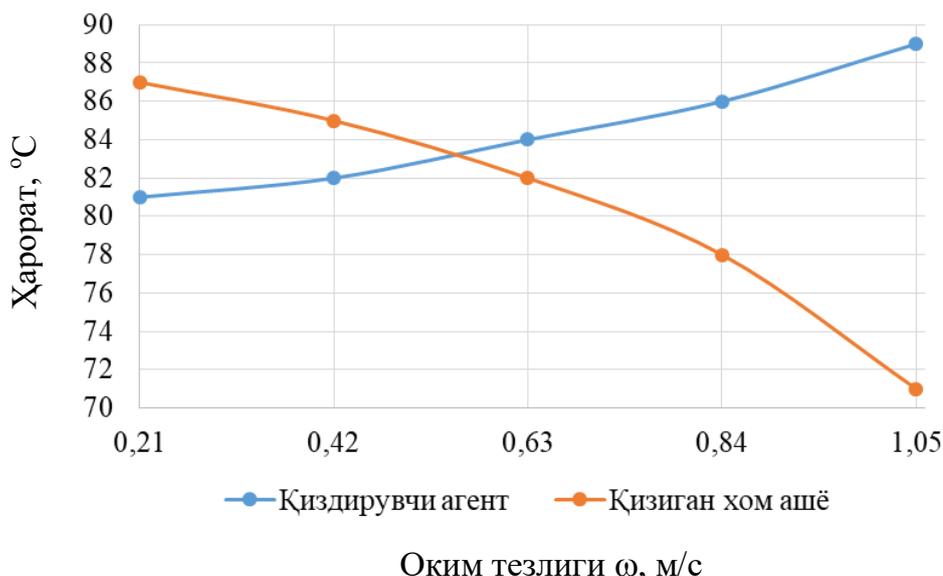
#### Қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги иссиқлик алмашувчи оқимлар ҳароратини хомашё сарфига боғлиқлиги

Хомашё сарфи $V$ , л/мин	Қиздирилувчи агент ҳарорати, °C		Қиздирувчи агент ҳарорати, °C	
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
1	25	87	108	81
2	25	85	108	82
3	25	82	108	84
4	25	78	108	86
5	25	71	108	89

Жадвалда келдирилган катталиклар шуни кўрсатадики, қиздирилувчи агент (тўйинган диэтанолламин) нинг қобик қувурли қурилманинг ички қувурига киришдаги ҳарорати  $t_1=25^\circ\text{C}$  бўлиб, қиздирувчи агент (регенерация қилинган диэтанолламин) нинг қиздириш қозонидан чиқишдаги ҳарорати  $t_4=108^\circ\text{C}$  ни ташки этади. Ушбу ҳарорат чегараларида қиздирилувчи хомашёнинг турли сарфларда 1÷5 л/мин ҳароратининг ўзгариши қуйидагича намоён бўлди. Қиздирилаётган хомашёнинг сарфи 1 л/мин бўлганда ҳарорат  $t_1=25^\circ\text{C}$  дан  $t_2=87^\circ\text{C}$  гача кўтарилиши қиздирувчи агент ҳароратини  $t_3=108^\circ\text{C}$  дан  $t_4=81^\circ\text{C}$  гача тушишига олиб келди. Хомашё сарфини 5 л/мин гача ортиши қиздирилувчи агент ҳароратини  $71^\circ\text{C}$  га ортишига қиздирувчи агент ҳароратини  $89^\circ\text{C}$  гача тушишига олиб келиши аниқланди.

1-расмда совуқ ва иссиқ иссиқлик ташувчиларнинг қобик қувурли иссиқликлик алмашиниш тажриба қурилмасидан чиқиш ҳароратларини қиздирилаётган хомашёнинг қурилмадаги оқим тезлигига боғлиқлик графиги келтирилган. Бунда келтирилган эгри чизиқли графикдан шуни кўриш мумкинки, қувурдаги қиздирилаётган хомашёнинг 0,21 м/с оқим тезлигида ҳарорат 25 дан  $87^\circ\text{C}$  гача кўтарилган бўлса, хомашё тезлигининг ортиши сарфнинг ортишига олиб келиши ва натижада хомашёнинг қизиш самарадорлиги камаяди. Унга кўра, хомашёни қувурга кириш ҳарорати доимий  $25^\circ\text{C}$  эканлигини инобатга олсак, тезликни 2 маротабага оширганимизда ҳарорат  $85^\circ\text{C}$  гача, 3 маротаба оширганимизда  $82^\circ\text{C}$  гача 4 маротаба оширганимизда  $78^\circ\text{C}$  гача ва 5 маротаба (1,06 м/с) оширганимизда эса  $71^\circ\text{C}$  гача тушиши тажрибалар натижасида аниқланди. Берилган тезликларга мос

равишда қиздирувчи агент ҳарорати ҳам 81, 82, 84, 86 ва 89 °С гача ортиши аниқланди.



1-расм. Иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги иссиқлик ташувчиларнинг ҳароратни оқимларнинг тезлигига боғлиқлиги

Концентрацияси 25% бўлган тўйинган, 26 % концентрацияга эга тўйинмаган ва 85 % концентрациядаги диэтанолламинларнинг 60÷120 °С ҳароратлардаги зичлигини ҳисоблаш бўйича олиб борилган натижалар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

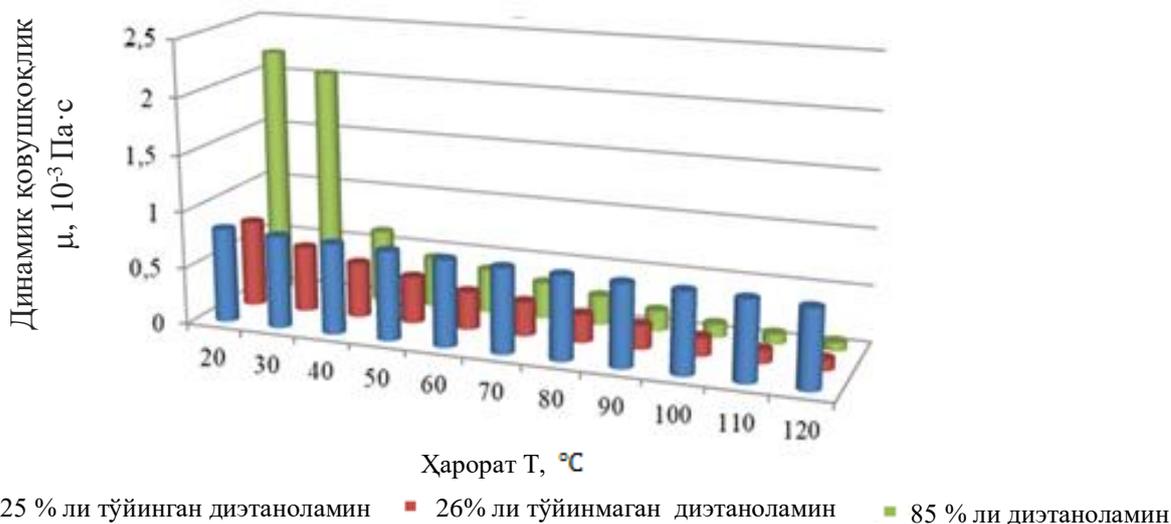
Тадқиқ қилинаётган диэтанолламинларнинг 60÷120 °С ҳароратлардаги зичлиги ҳисоблаш натижалари

Ҳарорат, °С	25 % ли тўйинган диэтанолламин	26 % ли тўйинмаган диэтанолламин	85 % ли тоза диэтанолламин
60	1091	1069	1070
70	1084	1061	1066
80	1079	1055	1061
90	1072	1049	1057
100	1067	1041	1053
110	1060	1033	1049
120	1053	1025	1045

Тадқиқ қилинаётган суюқликнинг зичлигини аниқлаш бўйича олиб борилган ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатадики, ҳароратнинг 60 °С дан 120 °С гача ортиши билан 25 % ли тўйинган диэтанолламин зичлиги 1091 кг/м<sup>3</sup> дан 1053 кг/м<sup>3</sup> гача яъни 1,03 маротаба, ушбу ҳарорат чегараларида 26 % ли тўйинмаган диэтанолламиннинг зичлиги 1069 кг/м<sup>3</sup> дан 1025 кг/м<sup>3</sup> гача яъни, 1,04 маротаба ва 85 % ли диэтанолламин зичлиги эса 1070 кг/м<sup>3</sup> дан 1045 кг/м<sup>3</sup> гача яъни, 1,02 маротаба пасайиши аниқланди.

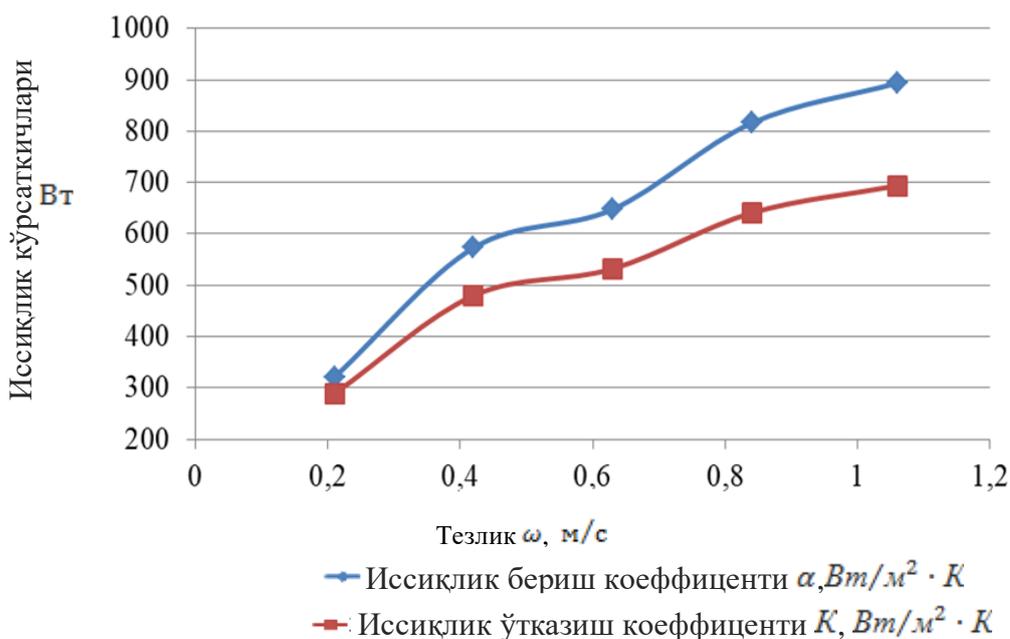
2-расмда берилган диаграммадаги маълумотлардан, ҳисоблаш усули билан бажарилган динамик қовушқоқлик коэффициентининг ўзгариши шуни

кўрсатадики, 20÷120 ҳароратлар оралиғида 25 % ли тўйинган диэтанолламиннинг динамик қовушқолиги  $0,83 \cdot 10^{-3}$  дан  $0,68 \cdot 10^{-3}$  Па·с гача, 26 % ли тўйинмаган диэтанолламиннинг динамик қовушқолиги  $0,76 \cdot 10^{-3}$  дан  $0,09 \cdot 10^{-3}$  Па·с гача, 85 % ли диэтанолламиннинг динамик қовушқоқлик кўрсаткичи эса,  $2,20 \cdot 10^{-3}$  дан  $0,075 \cdot 10^{-3}$  Па·с гача тушиши аниқланди.



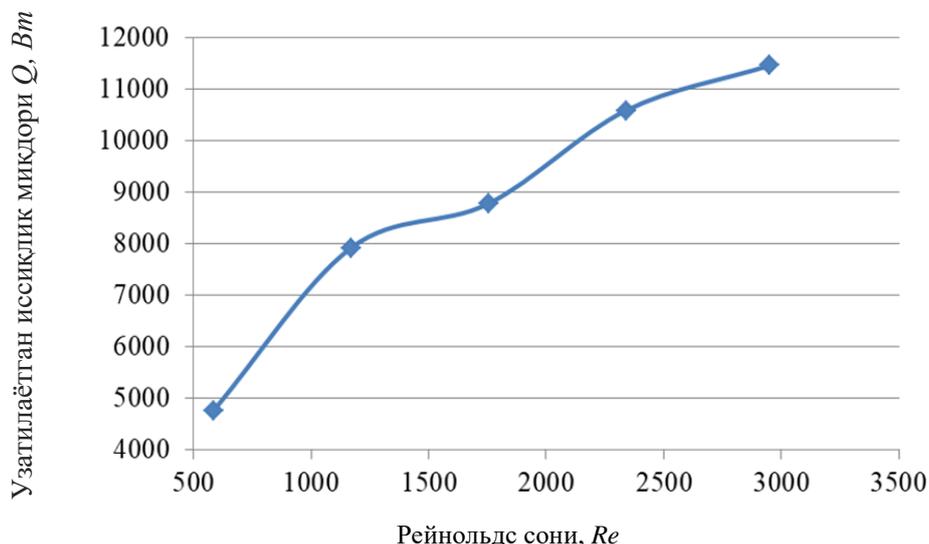
**2-расм. 20÷120 °C ҳароратлар оралиғида динамик қовушқоқлик ўзгариши**

3-расмда берилган графикдаги эгри чизикли ўзгаришлар шуни кўрсатадики, хомашё оқими тезлигини 0,21÷1,06 м/с га ортиши қувурнинг ички деворидан хомашёга ўтаётган иссиқлик бериш коэффициентлари 2,78 маротабага ортиши, қурилмадаги иссиқлик ўтказиш коэффициентлари 2,4 маротабага ортиши аниқланди.



**3-расм. Қиздирилаётган хомашё оқими тезлигини иссиқлик бериш ва ўтказиш коэффициентларига таъсири**

Қобик қувурли тажриба иссиқлик алмашиниш қурилмасида узатилаётган иссиқлик миқдорини Рейнольдс сонига боғлиқлиги бўйича олиб борилган тажриба ва ҳисоблаш натижалари 4-расмда келтирилган.



4-расм. Узатилаётган иссиқлик миқдорини Рейнольдс сонига боғлиқлиги

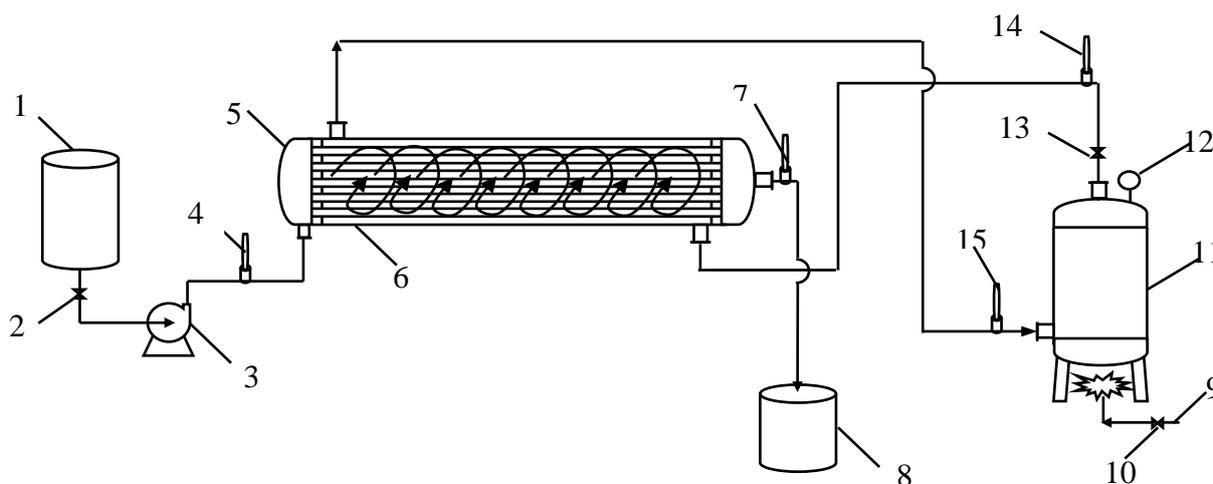
Графикдаги эгри чизиқли ўзгаришлардан, Рейнольдс сонининг ламинар режимида ( $584 \div 2339$ ) узатилаётган иссиқлик миқдори 2,22 мартаба яъни, ( $4766 \div 10582$  Вт) оралиғида ўзгарган бўлса, режим кўрсаткичларини ўтиш режимида ўтиши ( $2952$ ) узатилаётган иссиқлик миқдорини 11456 Вт гача яъни, 2,4 мартаба ортишига олиб келади.

Диссертациянинг “Қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасида қиздириш жараёнини тажриба йўли орқали ўрганиш” деб номланган учинчи бобида хомашёни қиздириш учун такомиллаштирилган конструкцияли иссиқлик алмашиниш тажриба қурилмасида олиб борилган тажриба натижалари, марказдан қочма куч ҳисобига хомашёнинг ортиши, иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкцияларини иситиш самарадорлигига таъсири ҳамда хомашёнинг физик-кимёвий таҳлил натижалари келтирилган.

Қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг тақсимлаш камерасидаги оқимни марказдан қочма куч таъсирида қобик ичида жойлашган қувурлар бўйлаб тенг тақсимланишини ўрганиш мақсадида иссиқлик алмашиниш қурилмаси тайёрланди (5-6-расм).

Қиздириш жараёни қиздирувчи агентнинг  $50 \div 200$  КПа босимларида, хомашёнинг  $1 \div 5$  л/мин сарфида амалга оширилди.

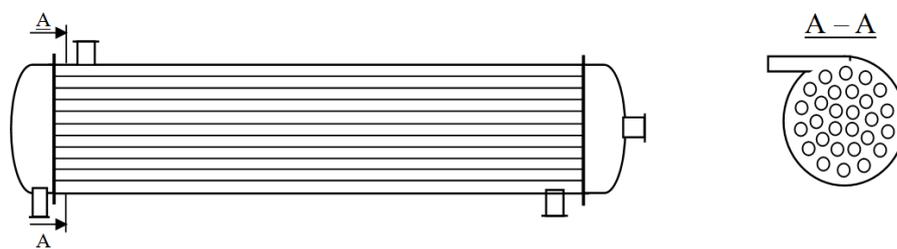
Қиздириш жараёнидаги оқим ҳароратларининг ўзгариши қиздирувчи агент (регенерация қилинган диэтанолламин)нинг қиздириш қозонидан чиқишдаги ҳарорати узатилаётган  $P$  босимнинг  $50 \div 200$  кПа оралиғида ўзгаришига мос равишда  $t_1 = 86-114$  °C ўзгариб борди.



**5-расм. Тақсимлаш камерасида оқим ҳаракати марказдан қочма куч таъсирида йўналтирилган конструкцияли қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг технологик схемаси.**

1 - хомашё учун идиш; 2 - хомашё сарфини бошқариш жўмраги; 3 - марказдан қочма насос; 4,7 - хомашёнинг иссиқлик алмашиниш қурилмасига кириш ва чиқишдаги ҳарорати; 5 - марказдан қочма ҳаракатни таъминловчи камера; 6 - қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 8 - идиш; 9 - табиий газ; 10 - газ учун жўмрак; 11 - қиздирувчи агент учун генератор; 12 - муҳит босимини ўлчаш учун манометр; 13 - иссиқлик ташувчи сарфини ростлаш учун жўмрак; 14, 15 - қиздирувчи агентнинг қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасига кириш ва чиқишдаги ҳароратларни ўлчаш учун термометрлар.

Қиздирувчи агентнинг иссиқлик алмашиниш қурилмасидан чиқишдаги ҳарорати  $t_2 = 45-76\text{ }^\circ\text{C}$  ни ташкил этди. Натижада,  $t_3 = 20\text{ }^\circ\text{C}$  бошланғич ҳароратга эга регенерацияланган диэтанолминнинг иссиқлик алмашиниш қурилмаси ички қувурида қизиб ўтишдаги охириги ҳарорати унинг ҳажмий сарфининг ( $V=1\div 10$  л/мин) ўзгаришига мос равишда  $t_4 = 60-94\text{ }^\circ\text{C}$  гача қизиши тажрибалар натижасида аниқланди.

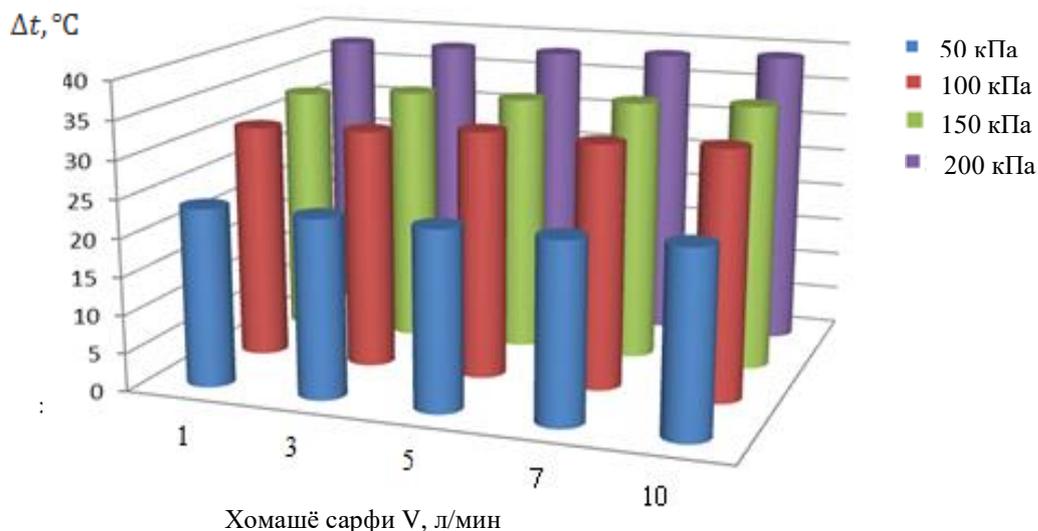


**6-расм. Марказдан қочма куч таъсирида ишловчи қобик қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаси**

Иссиқлик алмашиниш қурилмасида ҳаракатланаётган иссиқлик ташувчининг ўртача иссиқлик кўрсаткичи  $\Delta t_{\text{ўр}}$ , қиздирувчи агентнинг қурилмадаги босимини  $P$ , Па ўзгаришига ва қиздирилаётган хомашёнинг сарфига  $V$ , л/мин боғлиқлиги ҳисобланди ва диаграммаси тузилди (7-расм).

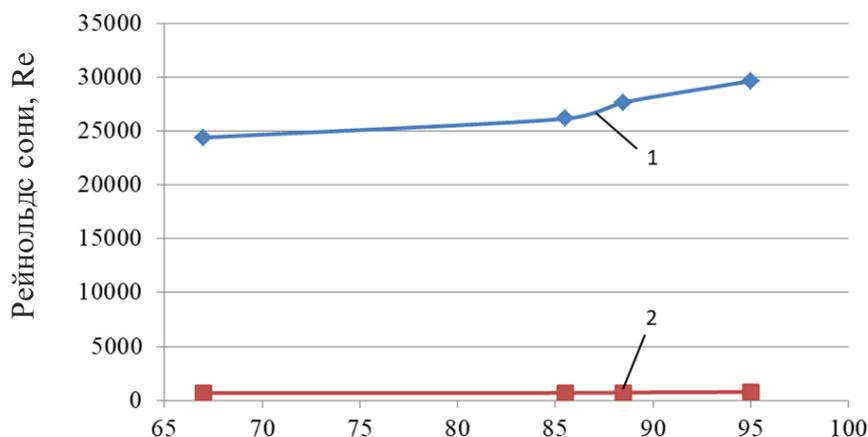
7-расмда келтирилган диаграммада қиздирилаётган хомашё сарфини  $1\div 10$  л/мин оралиғида ўзгариши иссиқлик алмашиниш қурилмаси ички қувурларидан

оқиб ўтаётган қиздирилатган ҳом ашёни тезлигини, қиздирувчи агентнинг қурилма қобиғидаги босимини 50÷200 кПа гача ошири қурилмадаги ўртача ҳарорат  $\Delta t$  нинг ортишига олиб келиши кузатилди. Жумладан, хомашё сарфи 1÷10 л/мин оралиғида ўзгариши билан қиздирувчи агентнинг босими 50 кПа бўлганда ўртача ҳарорат 23,5÷24 °С ни ташкил этган бўлса, 100 кПа ушбу кўрсаткич 31÷32,5 °С ни, 150 кПа да 33÷35 °С ни, 200 кПа босимда эса 38÷39 °С ни ташкил этиши кузатилди. Бундан кўриниб турибдики, қиздирувчи агентнинг босими ва хомашё сарфини ортишида қувурлардаги суюқликнинг хаотик ҳаракати кузатилади, қурилмадаги иссиқлик алмашиниш жараёни жадаллашади.



7-расм. Қиздирувчи агентнинг турли босимларида қиздирилатган хомашё сарфини қурилмадаги ўртача иссиқлик кўрсаткичига таъсири

Иссиқ муҳитнинг ўртача ҳарорати  $\Delta t$  ни 67 °С дан 95 °С гача ортиб бориши билан иссиқлик алмашиниш қувури ички қувурининг ташқи деворига иссиқ иссиқлик ташувчи томонидан берилаётган иссиқлик миқдори  $\alpha_1$ , 2167 дан 3416 Вт/(м<sup>2</sup>К) гача ортди (8-расм).



1-Рейнольдс критерийси, 2-Нуссельткритерийси

8-расм. Муҳит ҳароратининг ўртача фарқини Рейнольдс ва Нуссельт критерийларининг ўзгаришига таъсири

100 кПа босимга эга регенерация қилинган диэтанолламин ҳарорати 103 °С бўлганда иситилаётган хомашёни қувурдаги тезлиги 0,017÷0,176 м/с тезликгача ортиши натижасида, ҳарорати 89÷78 °С гача ўзгариб, Рейнольдс сони 10 мартабага, иссиқлик бериш коэффициентини 3,5 мартабага ортиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини 3,0 мартабагача кўтарилди. Узатилаётган иссиқлик миқдори 3,2 мартабагача ортиши кўриш мумкин бўлади (3-жадвал).

### 3-жадвал

**Тўйинган диэтанолламиннинг иссиқлик кўрсаткичлари**  
(регенерация қилинган диэтанолламин ҳарорати 103 °С, босими 100 кПа)

Хомашёнинг ички қувурларнинг ҳар биридаги тезлиги $\omega$ , м/с	Хомашёнинг қурилмага киришдаги ҳарорати $t_{н}$ , °С	Хомашёнинг қурилмадан чиқишдаги ҳарорати $t_{к}$ , °С	Рейнольдс критерийси $Re$	Иссиқлик бериш коэффициентини $\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Иссиқлик ўтказиш коэффициентини $K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Иссиқлик ташувчилар ўртасидаги ўртача ҳароратлар фарқи $\Delta t_{ср}$ , °С	Узатилаётган иссиқлик миқдори $Q$ , (Вт)
0,017	20	89	242	198	185	31	3241
0,053	20	86	754	354	314	31,5	5590
0,088	20	82	1253	489	417	32	7542
0,124	20	81	1766	574	477	32,5	8762
0,176	20	78	2507	703	563	32,5	10341

Иссиқ иссиқлик ташувчининг буғ қозонидан чиқишдаги ҳарорати 105 °С, босими 150 кПа етганда иситилаётган хомашё ҳарорати қувурдаги оқим тезлигига мос равишда 91÷80 °С гача ўзгариб, муҳитнинг ўртача ҳароратлар фарқи 33,5 дан 35 °С гача ортиши аниқланди. Рейнольдс критерийси 258 дан 2587 гача яъни, ламинар режимдан турбулент режимга ўтиши билан иссиқлик бериш коэффициентини 212 дан 814 Вт/(м<sup>2</sup>·К) гача ортиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини 198 дан 645 Вт/(м<sup>2</sup>·К) гача ортиб, узатилаётган иссиқлик миқдори 3748 дан 12759 Вт га ортиши аниқланди (4-жадвал).

### 4-жадвал

**Тўйинган диэтанолламиннинг иссиқлик кўрсаткичлари**  
(регенерация қилинган диэтанолламин ҳарорати 105 °С, босими 150 кПа)

Хомашёнинг ички қувурларнинг ҳар биридаги тезлиги $\omega$ , м/с	Хомашёнинг қурилмага киришдаги ҳарорати $t_{н}$ , °С	Хомашёнинг қурилмадан чиқишдаги ҳарорати $t_{к}$ , °С	Рейнольдс критерийси $Re$	Иссиқлик бериш коэффициентини $\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Иссиқлик ўтказиш коэффициентини $K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Иссиқлик ташувчилар ўртасидаги ўртача ҳароратлар фарқи $\Delta t_{ср}$ , °С	Узатилаётган иссиқлик миқдори $Q$ , (Вт)
0,017	20	91	258	212	198	33,5	3748
0,053	20	89	763	397	352	33,5	6664
0,088	20	86	1294	543	462	34	8878
0,124	20	83	1821	668	550	34,5	10724
0,176	20	80	2587	814	645	35	12759

Регенерацияланган диэтаноламиннинг иссиқлик алмашиниш қурилмаси кожухига киришдаги ҳароратини 114 °С га ва босимини 200 кПа ортиши натижасида иситилаётган хомашёнинг ҳарорати 20 °С дан 94 °С гача ортиши аниқланди. Хомашёни қурилма ички қувуридаги ҳароратини 0,017 м/с дан 0,176 м/с гача ортиши натижасида, Рейнольдс сони 10 мартаба ортиб, қувур ички деворидан иситилаётган хомашёга берилаётган иссиқлик бериш коэффиценти 3,4 мартаба, иссиқлик ўтказиш коэффиценти эса 2,9 мартаба, узатилаётган иссиқлик миқдори 3,0 мартабага ортиши аниқланди (5-расм).

**5-жадвал**

**Тўйинган диэтаноламиннинг иссиқлик кўрсаткичлари**  
(регенерация қилинган диэтаноламин ҳарорати 114 °С, босими 200 кПа)

Хомашёнинг ички қувурларнинг ҳар биридаги тезлиги $\omega$ , м/с	Хомашёнинг қурилмага киришдаги ҳарорати $t_{и}$ , °С	Хомашёнинг қурилмадан чиқиб аги ҳарорати $t_{с}$ , °С	Рейнольдс критерийси Re	Иссиқлик бериш коэффиценти $\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Иссиқлик ўтказиш коэффиценти K, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Иссиқлик ташувчилар ўртасидаги ўртача ҳароратлар фарқи $\Delta t_{ср}$ , °С	Узатилаётган иссиқлик миқдори $Q_2$ (Вт)
0,017	20	94	282	268	248	38	5326
0,053	20	91	803	425	378	38	8118
0,088	20	88	1426	617	522	38	11211
0,124	20	85	2031	748	613	38	13165
0,176	20	80	2869	916	722	39	15914

Диссертациянинг “Ишлаб чиқариш шароитида иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг иссиқлик бериш самарадорлигини ошириш натижалари” деб номланган тўртинчи бобида “Шўртан нефт ва газ қазиб чиқариш бошқармаси”да тўйинган диэтаноламиннинг регенерацияланган диэтаноламин иссиқлиги билан иситиш жараёнида қўлланиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмалари қувури ва қувурлараро қисмидаги гидравлик қаршиликларни аниқлаш натижалари, иссиқлик алмашиниш қурилмасининг тақсимлаш камерасида оқимни айланма ҳароратини таъминлаш натижасида иссиқлик бериш коэффицентларини, узатилаётган иссиқлик миқдорини ҳисоблаш натижалари ҳамда таклиф этилаётган қурилмани жорий қилишдан кутилаётган иқтисодий самарадорликлари келтирилган.

Иссиқлик алмашиниш қурилмаси қувурининг гидравлик қаршилиги қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$\Delta P_q = \left( \lambda \cdot \frac{\ell \cdot z}{d_{иқ}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\omega_q^2}{2} \cdot \rho, \text{ Па} \quad (1)$$

бу ерда  $\omega_q$  – иссиқлик ташувчининг қувурдаги тезлиги, м/с;  $\lambda$  – ишқаланиш коэффиценти;  $\sum \xi$  – умумий маҳаллий қаршиликлар коэффиценти.

Иссиқлик ташувчи оқимни қувурдаги тезлиги қуйидаги формуладан аниқланди:

$$\omega_q = \frac{G_{mp} \cdot z}{0,785 \cdot d_{uc}^2 \cdot n \cdot \rho}, \quad (2)$$

бу ерда  $G_{mp}$  – қурилманинг қувур қисмига узатилаётган иссиқлик ташувчининг масса сарфи (кг/с).

$Re_{uu} > 2300$  бўлганда ишқаланиш коэффициентини қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин:

$$\lambda = 0,25 \cdot \left\{ \lg \left[ \frac{e}{3,7} + \left( \frac{6,81}{Re_{tp}} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}, \quad (3)$$

бу ерда  $e = \frac{\Delta}{d_{BH}}$  – қувурнинг нисбий ғадир-будурлиги;  $\Delta$  – ғадир-будурлик

проекцияларининг баландлиги (пўлат қувурлар учун  $\Delta = 0,2$  қабул қилинади).

Қувурда ҳаракатланаётган оқимга маҳаллий қаршилик коэффициентлари:  $\xi_{uu1} = 1,5$  – кириш ва чиқиш камераси;  $\xi_{uu2} = 2,5$  – ҳаракатлар орасидаги бурилиш;  $\xi_{uu3} = 1,0$  – қувурларга кириш ва чиқиш.

Тарқатиш камерасига киришдаги ва ундан чиқишдаги маҳаллий қаршиликлар қувур оқим тезлиги бўйича  $\omega_{uu}$  бўйича ҳисобланади.

$$\omega_{uu} = \frac{G_{uu}}{0,785 \cdot d_k^2 \cdot \rho_{uu}}, \text{ м/с}$$

бу ерда  $d_k$  – ички қувур диаметри, м.

Юқоридаги тенгламани ҳисобга олган ҳолда 4-тенглама қуйидагича шакллантирилади.

$$\Delta P_{uu} = \lambda \cdot \frac{\ell \cdot z}{d_{uu}} \cdot \frac{\omega_{uu}^2}{2} \cdot \rho_{uu} + [2,5 \cdot (z-1) + 2 \cdot z] \cdot \frac{\omega_{uu}^2}{2} \cdot \rho_{uu} + 3 \cdot \frac{\omega_{uu}^2}{2} \cdot \rho_{uu}, \quad (4)$$

Тўйинган диметаноламинни регенерацияланган диэтанолламин иссиқлиги билан қиздириш жараёнида ишлатилаётган қобик қувурли иссиқлик алмашниш қурилмасини қувурларида ҳаракатланаётган тўйинган диэтанолламиннинг гидравлик қаршилигини ҳисоблаш натижалари б-жадвалда келтирилган.

**б-жадвал**

### Иссиқлик алмашиниш қурилмаси ички қувуридаги гидравлик қаршилик кўрсаткичлари

Иссиқлик алмашиниш қурилмаси	Иситилаётган хомашёнинг ўртача ҳарорати $\Delta t_{\text{ур}}$ , °C	Кинематик қовушқоқлиги $\nu$ , $10^6 \text{ мм}^2/\text{с}$	Зичлиги $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Хомашёнинг масса сарфи $G$ , кг/с	Иссиқлик ташувчининг қувурдаги тезлиги $\omega$ , м/с	Қувурлардаги гидравлик қаршилик $P$ , кПа
T-1/1	66,5	0,691	1088	60,44	0,129	6577
T-1/1 <sup>1</sup>	78,5	0,686	1081	60,05	0,132	6949
T-1/2	90,5	0,677	1072	59,55	0,138	7570
T-1/2 <sup>1</sup>	100,5	0,669	1066	59,22	0,144	7942

Тўйинган диэтанолламинни иситишда кетма-кет уланган тўртта қобик қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмаларидан фойдаланилган бўлиб, маҳсулот қурилманинг қувурларида ҳаракатланади. Т-1/1 иссиқлик алмашилиш қурилмасидаги ҳомашёнинг кириш ҳарорати 61 °С бўлиб, 72 °С гача иситилади ва маҳсулотнинг ўртача ҳарорати 66,5 °С, қувурдаги ҳаракат тезлиги 0,129 м/с да қувурдаги гидравлик қаршилиқ 6577 кПа ташкил этди.

7-жадвалда келтирилган маълумотлардан, қобик қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмаси қувурлараро қисмидаги ҳаракатланаётган регенерацияланган диэтанолламин Т-1/1 иссиқлик алмашилиш қурилмасига 120°С ҳароратда кириб, қурилмадан чиқишда ҳарорати 109°С га пасаяди ва қувурлараро бўшлиқдаги гидравлик қаршилиқ 2186 кПа га етади. Т-1/1<sup>1</sup> қурилмада иситувчи агентнинг ҳарорати 99°С гача пастлаб, гидравлик қаршилиқ 2143 кПа гача кўтарилади.

**7-жадвал**

**Иссиқлик алмашилиш қурилмаси қувурлараро бўшлиқ қисмидаги гидравлик қаршилиқ кўрсаткичлари**

Иссиқлик алмашилиш қурилмаси	Иситилаётган ҳомашёнинг ўртача ҳарорати $\Delta t_{\text{ўр}}$ , °С	Кинематик қовушқоқлиги $\nu$ , $10^6 \text{ мм}^2/\text{с}$	Зичлиги $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Ҳомашёнинг масса сарфи $G$ , кг/с	Иссиқлик ташувчининг қувурдаги тезлиги $\omega$ , м/с	Қувурлардаги гидравлик қаршилиқ $P$ , кПа
Т-1/1	114,5	0,103	1030	57,2	0,365	2186
Т-1/1 <sup>1</sup>	104	0,151	1039	57,7	0,364	2143
Т-1/2	94,5	0,176	1044	58,0	0,363	2078
Т-1/2 <sup>1</sup>	85,5	0,228	1051	58,4	0,361	2002

Т-1/2 иссиқлик алмашилиш қурилмасида оқим ҳароратини 90°С гача тушиши кузатилиб, 2078 кПа гача ортади. Т-1/2<sup>1</sup> ҳарорат 81 °С гача пасайиб, оқимнинг қувурлараро ҳаракатидаги гидравлик қаршилиқ кўрсаткичи 2002 кПа гача ортади.

Корхона шароитида қўлланилиб келинаётган иссиқлик алмашилиш қурилмаларида иситилаётган маҳсулотни иссиқлик алмашилиш қурилмасининг тақсимлаш камерасига 90 градус бурчак остида йўналтириш натижасида тақсимлаш камерасида жойлашган ички қувурларнинг кириш йўлларида маҳсулотни нотекис тақсимланиши кузатилиши натижасида қурилмадаги иссиқ оқимдан ички қувурларнинг ташқи деворига узатилаётган иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_1=2924 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  ни ташкил этган бўлса, қурилмадаги қувурдан иситилаётган маҳсулотга ўтаётган иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_2=359 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  га тенг бўлиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини 8763 Вт/(м<sup>2</sup>К), узатилаётган иссиқлик миқдори  $Q$  эса 5726162 Вт ни ташкил этади.

Тўйинган диэтанолламинни регенерация қилиш жараёнида иссиқлик ташувчи сифатида ишлатиладиган сув буғи сарфини йилига 12% га камайтириш орқали корхонада йиллик 355,8 (уч юз эллик беш миллион саккиз юз минг) млн.сўм иқтисодий самарадорликка эришиш имконияти яратилади.

## Хулосалар

1. Диэтанолламин хомашёсини қиздириш учун янги такомиллаштирилган иссиқлик алмашилиниш қурилмаси ишлаб чиқилди ҳамда оптимал режим-конструктив кўрсаткичлари ҳисоблаб топилди: оқим тезлиги – 0,17 м/с, – 5146, иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_1$  – 3167 Вт/(м<sup>2</sup>К), иссиқлик ўткатиш коэффициентини – 376 Вт/(м<sup>2</sup>К); қурилманинг гидравлик қаршилиги – 8941 кПа.

2. Тадқиқ қилинаётган хомашёнинг 20 °С даги зичлиги, кинематик ва динамик қовушқоқликлари ўрганиб чиқилди, яъни, 25% ли тўйинган диэтанолламиннинг зичлиги 1112 кг/м<sup>3</sup>, кинематик қовушқоқлиги 0,748 мм<sup>2</sup>/с, динамик қовушқоқлиги 0,83·10<sup>-3</sup> Па·с ни ташкил этди, 26 % ли тўйинмаган диэтанолламиннинг зичлиги 1091 кг/м<sup>3</sup>, кинематик қовушқоқлиги 0,697 мм<sup>2</sup>/с, динамик қовушқоқлиги 0,76·10<sup>-3</sup> Па·с, 85% концентрацияга эга диэтанолламиннинг зичлиги 1092 кг/м<sup>3</sup>, кинематик қовушқоқлиги 2,02 мм<sup>2</sup>/с, динамик қовушқоқлиги 2,20·10<sup>-3</sup> Па·с эканлиги аниқланди.

3. Марказдан қочма куч таъсирида қобик қувурли иссиқлик алмашилиниш қурилмасининг тақсимлаш камерасида оқим ҳаракатини марказдан қочма куч таъсирида ҳаракатланиши натижасида ички қувурларни хомашё билан таъминланиш даражаси қўшимча тарзда 7,4 % га ортишига эришилди.

4. Иссиқлик ташувчи босимининг қурилмадаги иссиқлик самарадорлигига таъсири ўрганилди: ҳароратни ортиши натижасида босимни 50 кПа дан 200 кПа гача кўтарилиши билан, иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_1$ , 2167 дан 3416 Вт/(м<sup>2</sup>К) гача ортиши аниқланди, босимни 5 маротаба ортиши натижасида иссиқ иссиқлик ташувчи томонидан ички қувур деворига берилаётган иссиқлик бериш коэффициентини 1,6 маротабага ортишига эришилди.

5. Иссиқлик алмашилиниш қурилмасининг тақсимлаш камерасида оқимни айланма ҳаракатини таъминлаш натижасида иссиқлик бериш коэффициентини 1,05 маротабага, иссиқлик ўткатиш коэффициентини 1,2 маротабага, узатилаётган иссиқлик миқдори эса 1,21 маротабагача ортиши аниқланди.

6. “Шўртан нефт ва газ қазиб чиқариш бошқармаси”да тўйинган диэтанолламиннинг регенерацияланган диэтанолламин иссиқлиги билан иситиш жараёнида қўлланиладиган иссиқлик алмашилиниш қурилмалари қувури ва қувурлараро қисмидаги гидравлик қаршилиқлар аниқланди. Унга кўра, ички қувурдаги қаршилиқ кўрсаткичи иситилаётган диэтанолламиннинг ҳарорати ортиб бориши билан 1,2 маротаба ортади.

7. Тўйинган диэтанолламинни регенерация қилиш жараёнида иссиқлик ташувчи сифатида ишлатиладиган сув буғи сарфини йилиги 12 % га камайтириш орқали корхонада йиллик 355,8 млн. сўм иқтисодий самарадорликка эришиш имконияти яратилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГИЧЕСКОЙ ХИМИИ АНРУз**

**РАХИМОВ ГАНИШЕР БАХТИЁРОВИЧ**

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА  
ПРИМЕНЯЕМОГО В ПРОЦЕССЕ РЕГЕНЕРАЦИИ АБСОРБЕНТОВ  
НАСЫЩЕННЫМИ КИСЛОТЫМИ ГАЗАМИ**

**02.00.08 – Химия и технология нефти и газа**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ  
(PhD) ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

**Ташкент – 2023**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2022.4.PhD/T3423**

Докторская диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте и институт Общей и неорганической химии АН РУЗ

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tkti.uz](http://www.tkti.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** Хурмаматов Абдугаффор Мирзабдуллаевич  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Икрамов Абдувахоб Икрамович  
доктор технических наук, профессор

Зиядуллаев Одилжон Эгамбердыевич  
доктор химических наук, профессор

**Ведущая организация:** АО УзЛИТИнефтьгаз

Защита диссертации состоится «22» февраль 2023 года в 9<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета по присуждению учёной степени DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, ул. Навоий, 32. Тел.: (99871) 244-79-20, факс: (+99871) 244-79-17, e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 417 (Адрес: 100011, г. Ташкент, ул. Навоий, 32. Тел.: (+99871) 244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «03» февраль 2023 года.  
(протоколреестра рассылки №512 от «03» февраль \_ 2023 года.)

**Туробжонов С.М.**

Председатель Научного совета по присуждению  
ученой степени, д.т.н., проф.

**Қодиров Х.И.**

Ученый секретарь Научного совета по присуждению  
ученой степени, д.х.н., проф.

**Рахмонбердиев Г.Р.**

Председатель Научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученой степени, д.х.н. проф.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Сегодня нефтегазовое сырье является основным источником производства энергии и широко используется во всех отраслях промышленности. При этом в условиях неуклонного роста потребления природного газа и нефти особое внимание уделяется модернизации объектов глубокой переработки углеводородов, поиску оптимальных гидродинамических режимов потоков сырья, увеличению межремонтного периода, выпуску продукции соответствующей требованиям международных стандартов.

В мире ведутся научные исследования по повышению производительности теплообменных устройств и созданию энергоэффективных технологий регенерации реагентов, используемых при очистке природного газа от кислых компонентов. В связи с этим особое внимание уделяется таким приоритетам, как эффективная организация процесса теплообмена, снижение энергозатрат за счет управления гидродинамическими режимами потоков углеводородов в аппаратах, повышение эффективности оборудования, создание технологий глубокой переработки сырья.

В нашей республике особое внимание уделяется внедрению инновационных технологий при подготовке углеводородного сырья к технологическому процессу и поднятие на новый уровень процесс переработки, уделяется особое внимание увеличению объёма и качества продукции, созданию технологий производства альтернативных топливных материалов и достигаются при этом определенные результаты. В стратегии развития Нового Узбекистана поставлены важные задачи «увеличение промышленного производства в 1,4 раза путем продолжения промышленной политики, направленной на обеспечение устойчивости национальной экономики и увеличение доли промышленности в ВВП»<sup>1</sup>. В связи с этим важное значение имеют научные исследования, направленные на организацию оптимальных гидродинамических режимов потоков нефти, газа и газоконденсатного сырья в теплообменных аппаратах и прилегающих к ним трубопроводах, на повышение эффективности теплообменного оборудования, применяемого на предприятиях по переработке природного газа.

Настоящее диссертационное исследование в определенной мере служит реализации задач, поставленных Указом Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и другие соответствующие нормативные акты.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Это исследование выполнено в соответствии с приоритетами направления VII «Химические технологии и нанотехнологии» в развитии науки и техники республики.

**Степень изученности проблемы.** По существующим проблемам в области нефтехимии и технологии, процессов и установок

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

нефтегазопереработки в мире вели научно-исследовательские работы Barnes David, Besant Tanzi, Demargne Albert, Kawakubo Masaaki, Kawachi Norihide, Zhang Jian-Fei, Li Bin, Huang Wen-Jiang, Lei Yong-Gang, He Ya-Lingf, Too Wen-Quan, С.А. Ахмедов, А.И. Владимирова, О.Ф. Глаголева, А.Л. Лapidус, Ф.Г. Жагфаров, З.С. Салимов, Н.Р. Юсупбеков, М.П. Юнусов, С.М. Турабжонов, А. Икрамов, Б.Н. Хамидов, А. Артиков, С.А. Абдурахимов, Т.З. Рахмонов, А.А. Худайбердиев, Р.Р. Хайитов, С.Г. Закиров, Ш.М. Гулямов, Н.У. Ризаев, Х.С. Нурмухамедов, Ш.М. Сайдахмедов, А.М.Хурмаматов, О.Ю.Исмаилов др.

Созданы основы расчета и проектирования процессов переработки нефти и газа, в том числе технологического оборудования, теплообменных аппаратов регенерирующих реагентов, используемых при очистке природного газа от кислых компонентов, повышена производительность, внедрены энергосберегающие технологии.

Одновременно проводятся исследования по изучению гидравлических сопротивлений труб и устройств различной конструкции, расчёт производительности насосов для технологических жидкостей и изучение протекающих в них гидродинамических процессов, а также влияние гидродинамических режимов потока природного газа на эффективность теплообмена в трубопроводах и на снижение энергозатрат при транспортировке сырья.

**Связь исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, в котором была выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-практического проекта Института общей и неорганической химии ФА-А13-140 «Разработка энергосберегающей технологии первичного подогрева углеводородного сырья путем оптимизации гидродинамических режимов» (2014-2017 гг).

**Целью исследования** является совершенствование кожухотрубного теплообменника, используемого в процессе регенерации абсорбента, насыщенного сернистым газом при очистке природного газа за счет увеличения уровня распределения сырья по внутренним трубам.

**Задачи исследования:**

совершенствование теплообменников на газоперерабатывающем заводе и оптимизация расчетных параметров режима;

определить влияние вязкости, плотности и расхода водной смеси регенерированного и насыщенного диэтанолamina на режимы движения потока в трубе;

исследовать влияние конструктивных параметров теплообменника на расход сырья и зависимость от температуры сырья;

определить изменение эффективности коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи сырьевого потока при направлении его под воздействием центробежных сил в кожухотрубчатом теплообменнике;

определить в усовершенствованном теплообменнике показатели режима, которые были достигнуты за счет вращательного движения потока под

воздействием центробежных сил - коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопередачи, количество переданного тепла, а также определить расход водяного пара и рассчитать тепловой баланс.

**Объектом исследования** были природный газ, раствор диэтанолamina, штуцер ввода сырья, расположенный на крышке кожухотрубчатого теплообменника, используемого при регенерации насыщенного диэтанолamina, и распределительная камера устройства.

**Предметом исследования** является кожухотрубчатый теплообменник, применяемый для нагрева насыщенного и регенерированного диэтанолamina.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использовались методы планирования экспериментов, статистической обработки результатов экспериментов, определение физических и теплофизических свойств регенерированного и насыщенного диэтанолamina, теория подобия и моделирования, а также использовались способы компьютерной обработки результатов экспериментов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработан теплообменник новой конструкции для нагрева диэтанолaminового сырья и рассчитаны оптимальные показатели: скорость потока – 0,17 м/с, критерий Рейнольдса  $Re$  – 5146, коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  – 3167 Вт/(м<sup>2</sup>К), коэффициент теплопередачи  $K$  – 376 Вт/(м<sup>2</sup>К); гидравлическое сопротивление аппарата  $P$  – 8941 кПа.

доказано дополнительное увеличение степени распределения сырья в распределительной камере на 7,4% в предложенном теплообменнике, а также повышение температуры по всей длине трубопровода с 23,5 до 39 °С;

доказано, что под действием центробежной силы коэффициент теплопередачи от теплоносителя к наружной стенке трубы увеличивается, а также увеличивается коэффициент теплопередачи от стенки трубы к нагретой жидкости ( $\alpha_2 = 321$  Вт/(м<sup>2</sup>К));

было определено, что в результате создания вращательного движения потока в распределительной камере теплообменника коэффициент теплоотдачи уменьшается в 1,05 раза, коэффициент теплопередачи – в 1,2 раза, а количество переданного тепла – в 1,21 раз, а потребление тепла и электроэнергии снижается на 12%;

увеличена степень распределения сырья в трубах под воздействием центробежной силы на движение потока в распределительной части камеры теплообменника, используемого при регенерации абсорбентов, насыщенных кислым газом.

**Практические результаты исследования:**

определен показатель изменения температуры по длине теплообменной трубы, опытным путём установлено, что при изменении расхода сырья в пределах 1÷10 л/мин и при давлении теплоносителя 50÷200 кПа средняя температура сырья увеличивается от 23,5 до 39°С;

установлено влияние давления теплоносителя на тепловую эффективность установки, в том числе повышение температуры, при

повышении давления с 50 кПа до 200 кПа коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  увеличивается с 2167 до 3416 Вт/(м<sup>2</sup>К). Определено, что в результате увеличения давления в 5 раз коэффициент теплопередачи к внутренней стенке трубы теплоносителя увеличивается в 1,6 раза;

разработана технологическая система кожухотрубного теплообменного аппарата, направляющая поток сырья в распределительную камеру под действием центробежной силы.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается соответствием результатов экспериментов, выполненным расчетам и успешным применением рассчитанного и усовершенствованного технологического процесса на промышленном предприятии.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что с учётом физико-химических свойств растворов диэтанолamina был разработан научно-обоснованный способ процесса нагрева потока при движении его под воздействием центробежных сил на входе в теплообменник и на основе этого разработан ресурсосберегающий технология.

Практическая значимость результатов исследований - это увеличение тепловой эффективности аппарата, являющаяся следствием центробежного движения потока сырья в кожухотрубчатом теплообменнике, которая приводит к равномерному распределению потока в трубе и повышению теплоотдачи и теплопередачи.

**Внедрение результатов исследования** результаты исследований по улучшению движения потока под воздействием центробежной силы в кожухотрубном теплообменнике, применяемом при регенерации насыщенного абсорбента в технологии очистки газов от кислых компонентов, позволили:

технология совершенствования регенерации насыщенного абсорбента при очистке газов от кислых компонентов за счет установки кожухотрубчатого теплообменника неподвижной конструкции и создающая центробежное движение, включена в перечень перспективных разработок для реализации на «Шуртанском нефтегазодобывающем управлении» в 2022-2025 гг («Шуртанское нефтегазодобывающее управление» 2022 г. справка за № Ф06/ЭМ-807 от 4 марта). В результате, за счёт вращательного движения потока в распределительной камере теплообменника, поток диэтанолamina во внутренних трубах также распределяется равномерно;

оптимизация регенерации насыщенного абсорбента при очистке газов от кислых компонентов за счет ускорения процесса теплообмена в трубах кожухотрубчатого теплообменника включена в перспективный план реализации «Шуртанского нефтегазодобывающего управления» на 2022-2025 годы («Шуртанское нефтегазодобывающее управление» 2022 г. справка за № Ф06/ЭМ-807 от 4 марта). В результате был установлен турбулентный режим движения потока, который позволил увеличить эффект обтекания потоком поверхности труб и снизить расход тепла и электроэнергии.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на 6 международных и 2 республиканских научных конференциях.

**Публикация результатов исследований.** Всего по теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них 4 статьи опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК РУз для публикации основных научных результатов, 7 в зарубежных и 3 в отечественных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 114 страниц.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** описывается актуальность работы, цели и задачи исследования, объект и предметы исследования, соответствие исследования приоритетам отечественной науки и техники, научная новизна и практические результаты исследований, их внедрение.

В первой главе диссертации «**Современное состояние проблемы повышения эффективности теплообмена в технологии переработки нефти и газа**» приведены результаты сравнительного анализа теории теплообменного процесса и практического применения промышленных теплообменных аппаратов, анализ различных конструкций, результаты сравнительного анализа эффективности процесса теплообмена газоперерабатывающих заводов, а также результаты анализов современных методов интенсификация теплопередачи для улучшения гидродинамического режима.

Во второй главе диссертации «**Исследование работы кожухотрубного теплообменника и изучение физико-химических, теплофизических свойств сырья**» приведены данные о фракциях, выходящих из ректификационных колонн нефти - и газоперерабатывающих предприятий, о высокотемпературных тепловых технологических потоках из адсорбционной и абсорбционной колонн, а также об увеличении температуры первичного сырья или низкотемпературных потоков, и наоборот, о широком использовании теплообменных аппаратов при охлаждении технологических потоков, конденсации паров (табл. 1).

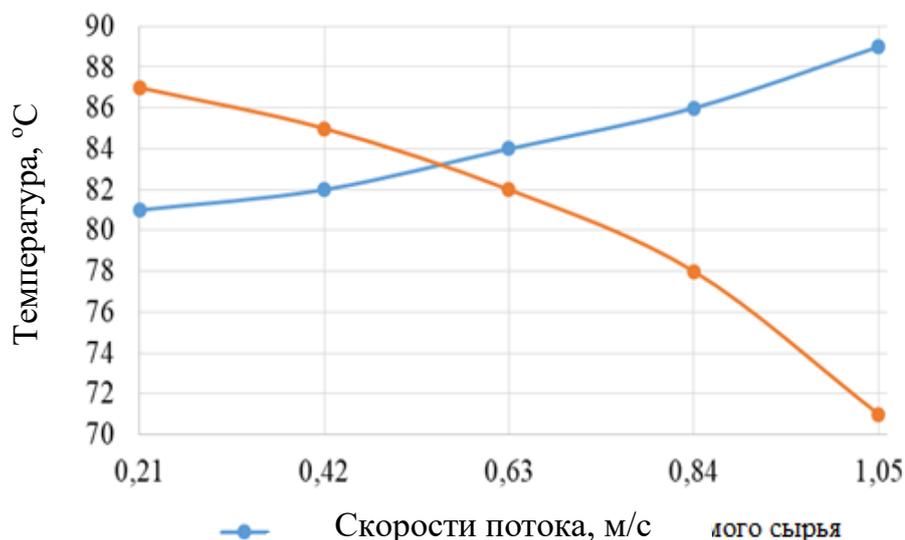
**Таблица 1**

**Зависимость температуры теплообменных потоков в кожухотрубном теплообменнике от расхода сырья**

Расход сырья $V$ , л/мин	Температура нагреваемого агента, °С		Температура теплоносителя, °С	
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
1	25	87	108	81
2	25	85	108	82
3	25	82	108	84
4	25	78	108	86
5	25	71	108	89

Значения, приведенные в таблице, показывают, что температура нагреваемого агента (насыщенного диэтанолamina), поступающего во внутреннюю трубу кожухотрубчатого теплообменника, составляет  $t_1=25^\circ\text{C}$ , а температура теплоносителя (регенерированного диэтанолamina), выходящего из нагревательного котла, составляет  $t_4=108^\circ\text{C}$ . Изменение температуры в этих пределах при различных расходах  $1\div 5$  л/мин нагреваемого сырья проявляется следующим образом. При расходе нагреваемого сырья 1 л/мин повышение температуры от  $t_1 = 25^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 87^\circ\text{C}$  приводит к снижению температуры теплоносителя с  $t_3=108^\circ\text{C}$  до  $t_4=81^\circ\text{C}$ . При увеличении расхода сырья до 5 л/мин приводит к повышению температуры нагреваемого реагента до  $71^\circ\text{C}$  и снижению температуры теплоносителя до  $89^\circ\text{C}$ .

На рис. 1 представлен график зависимости температуры холодного и горячего теплоносителей на выходе из экспериментального кожухотрубчатого теплообменника от скорости потока нагреваемого сырья в аппарате. Из графика видно, что при повышении температуры нагреваемого сырья в трубе с 25 до  $87^\circ\text{C}$  при скорости потока  $0,21$  м/с увеличение скорости движения сырья приводит к увеличению потребления и, как следствие, снижению эффективности нагрева сырья. Результаты испытаний показали, что если температура, при которой сырье поступает в трубу равна  $25^\circ\text{C}$  и является постоянной, то при увеличении скорости в 2 раза температура изменяется до  $85^\circ\text{C}$ , а при увеличении скорости в 3 раза – до  $82^\circ\text{C}$ , а при увеличении в 4 раза – до  $78^\circ\text{C}$  и  $71^\circ\text{C}$  при увеличении скорости 5 раз ( $1,06$  м/с). Соответственно, при этих скоростях наблюдалось повышение температуры нагреваемого реагента до  $81, 82, 84, 86$  и  $89^\circ\text{C}$ .



**Рисунок 1. Зависимость температуры теплоносителя и нагреваемого агента от скорости потока.**

В таблице 2 представлены результаты расчета плотности диэтанолamina при температуре  $60\div 120^\circ\text{C}$  различной концентрацией: 25 % насыщенного, 26 % ненасыщенного и 85 % (табл.1).

Таблица 2

**Результаты расчета плотности исследуемых диэтаноломинов в интервале температур 60 ÷ 120 °С**

Температура, °С	25% насыщенный диэтанолламин	26% ненасыщенный диэтанолламин	85% чистого диэтанолламина
60	1091	1069	1070
70	1084	1061	1066
80	1079	1055	1061
90	1072	1049	1057
100	1067	1041	1053
110	1060	1033	1049
120	1053	1025	1045

Результаты математических расчетов по определению плотности исследуемой жидкости показывают, что при повышении температуры от 60 °С до 120 °С плотность 25 % - насыщенного диэтанолламина увеличилась с 1091 кг/м<sup>3</sup> до 1053 кг/м<sup>3</sup>, т.е. в 1,03 раза, в этих температурных пределах плотность 26%ненасыщенного диэтанолламина уменьшилась с 1069 кг/м<sup>3</sup> до 1025 кг/м<sup>3</sup>, т.е. в 1,04 раза, а плотность 85% диэтанолламина уменьшилась с 1070 кг/м<sup>3</sup> до 1045 кг/м<sup>3</sup>, т.е. 1,02 раза.

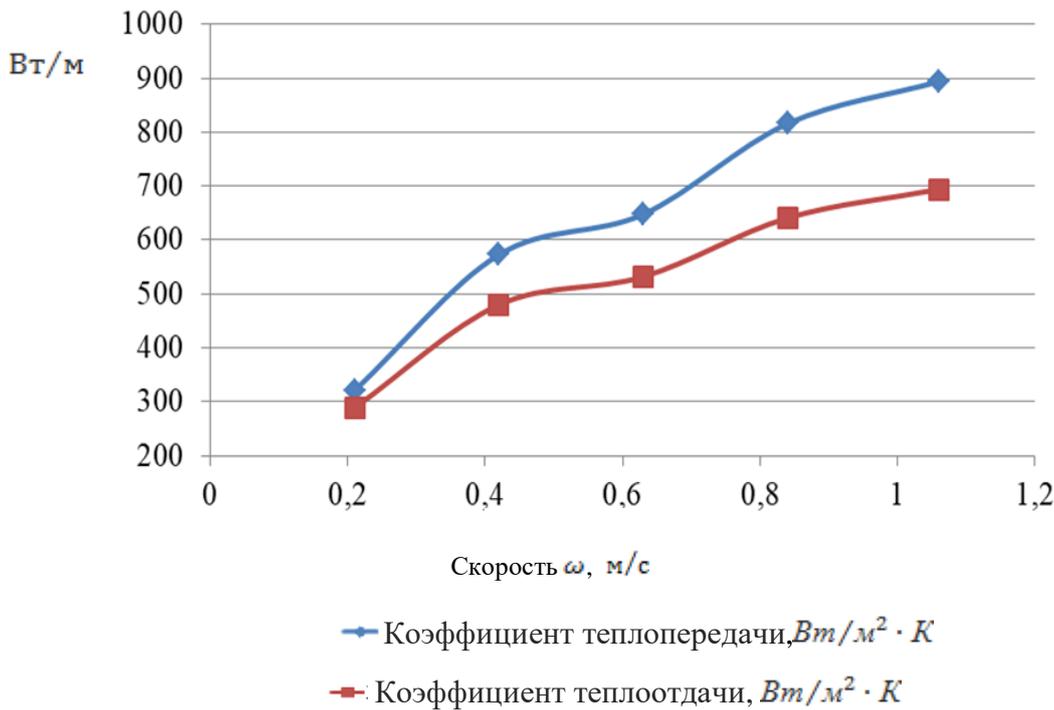
По данным диаграммы, представленной на рисунке 2 видно, что коэффициент динамической вязкости 25 % - ного насыщенного диэтанолламина, который определен расчётным путём колеблется от  $0,83 \cdot 10^{-3}$  до  $0,68 \cdot 10^{-3}$  Па·с; 26%-ного ненасыщенного диэтанолламина от  $0,76 \cdot 10^{-3}$  до  $0,09 \cdot 10^{-3}$  Па·с; а 85 % - ного диэтанолламина от  $2,20 \cdot 10^{-3}$  до  $0,075 \cdot 10^{-3}$  Па·с.



**Рисунок 2. Изменение динамической вязкости в диапазоне температур 20 ÷ 120 °С.**

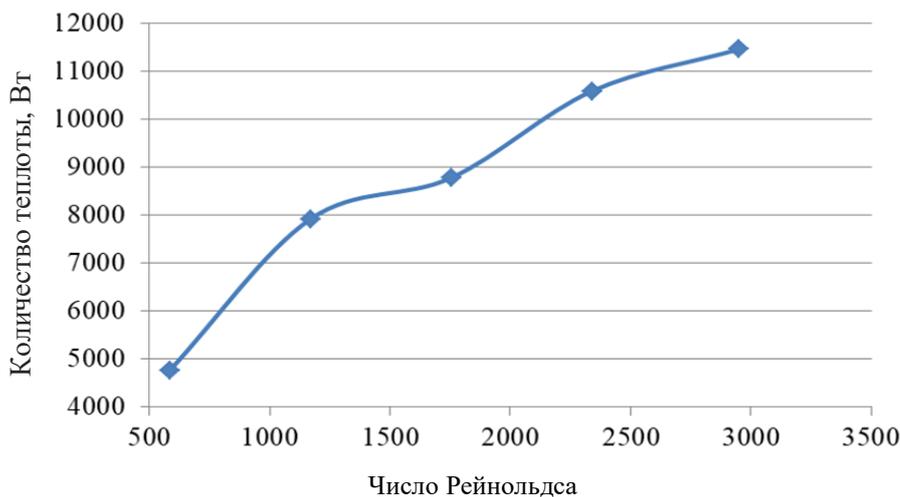
На рисунке 3 представлены кривые, которые показывают, что с увеличением скорости потока сырья на 0,21÷1,06 м/с увеличивается

коэффициент теплопередачи от внутренней стенки трубы к сырью в 2,78 раза, а коэффициент теплоотдачи в аппарате – в 2,4 раза.



**Рисунок 3. Влияние расхода нагретого сырья на коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи.**

На рисунке 4 представлены результаты экспериментов и расчёты по определению количества тепла, передаваемого в экспериментальном кожухотрубчатом теплообменнике в зависимости от числа Рейнольдса.

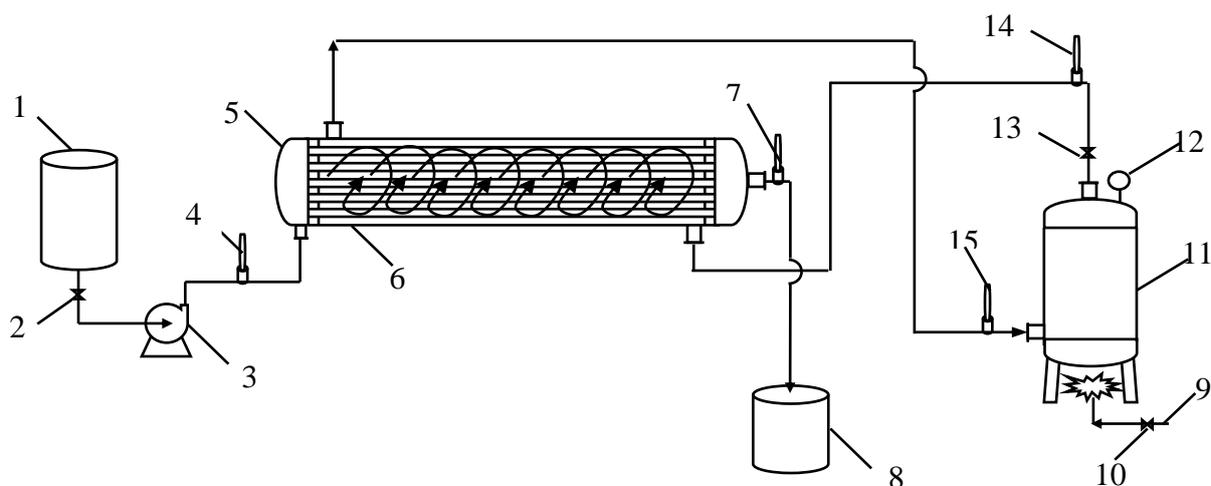


**Рисунок 4. Зависимость количества переданного тепла от числа Рейнольдса.**

Из графика видно, что количество тепла, передаваемое в ламинарном режиме, (584 ÷ 2339) изменяется в 2,22 раза, т. е. (4766 ÷ 10582 Вт); количество переданного тепла в переходном режиме (2920) составляет 11456 Вт, т. е. увеличивается в 2,4 раза.

В третьей главе диссертации «Экспериментальное исследование процесса нагрева в кожухотрубном теплообменнике» приведены результаты опытов нагрева сырья, которые проводились в усовершенствованном теплообменнике, увеличение расхода сырья за счет центробежной силы, зависимость эффективности нагрева от конструкции теплообменника и анализ физико-химических свойств сырья.

Конструкция теплообменника была разработана для изучения равномерного распределения потока в распределительной камере по трубам, расположенные внутри кожуха под действием центробежной силы (рис. 5-6).

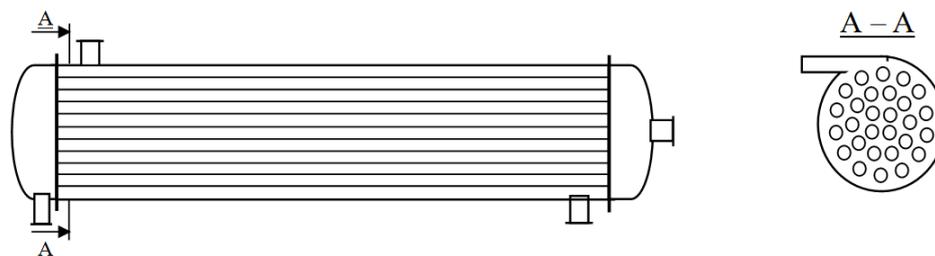


**Рисунок 5. Технологическая схема кожухотрубчатого теплообменника центробежно направляющая поток теплоносителя в распределительной камере:**

1-ёмкость для сырья; 2- кран контроля расхода сырья; 3 центробежный насос; 4, 7-датчики для определения температуры сырья на входе и выходе из теплообменника; 5 - камера, обеспечивающая центробежное движение; 6-корпус теплообменника; 8 – ёмкость; 9-вход для подачи природного газа; 10- регулировочный вентиль газа; 11 - генератор для теплоносителя; 12 - манометр для измерения атмосферного давления; 13 - кран регулировки расхода теплоносителя; 14, 15 - Термометры для измерения температуры теплоносителя на входе и выходе из теплообменника.

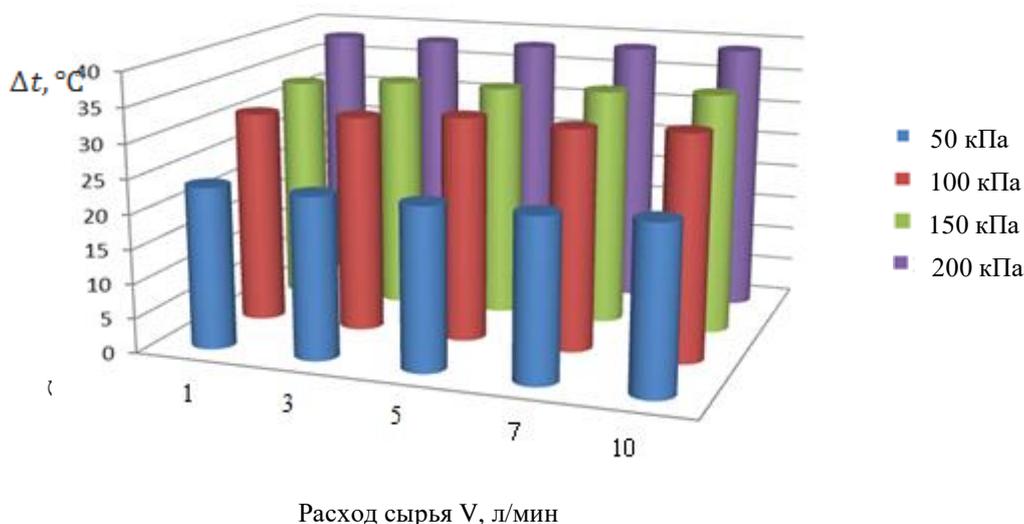
Процесс нагрева был осуществлен при давлениях теплоносителя  $50 \div 200$  кПа и расходе сырья  $1 \div 5$  л/мин.

В процессе нагрева температура нагреваемого реагента (регенерированный диэтаноламин) при выходе из котла изменяется в интервале  $t_1 = 86 \div 114$  °С в соответствии с изменением подаваемого давления  $P_v$  в диапазоне  $50 \div 200$  кПа. Температура теплоносителя на выходе из теплообменника составила  $t_2 = 45 \div 76$  °С. Таким образом, на основе опытов установлено, что регенерированный диэтаноламин нагреваясь, проходя по внутренней трубе теплообменника и имеющий начальную температуру  $t_3 = 20$  °С, имеет конечную температуру  $t_4 = 60 \div 94$  °С в соответствии с изменением объемного расхода ( $1 \div 10$  л/мин).



**Рисунок 6. Кожухотрубный теплообменник, работающий под действием центробежных сил.**

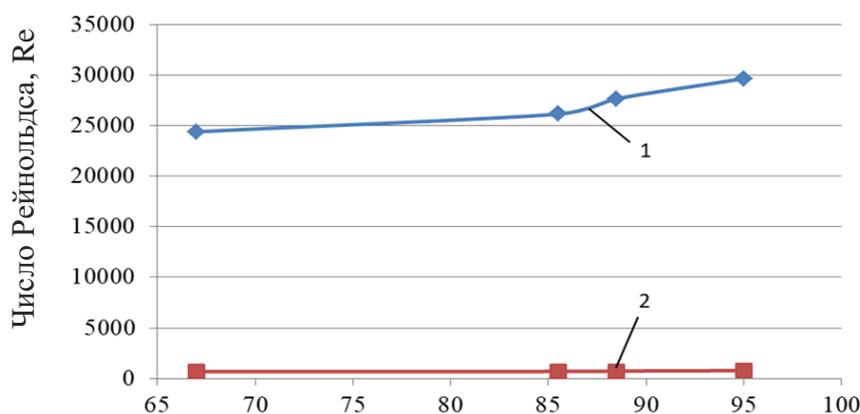
Рассчитана и построена диаграмма зависимости средней температурной разницы  $\Delta t_{\text{ср}}$ , °С теплоносителя, движущегося в теплообменнике, давления теплоносителя  $P$ , Па и расхода нагреваемого сырья  $V$ , л/мин (рис. 7).



**Рисунок 8. Влияние расхода сырья, нагретого при различных давлениях теплоносителя, на средний температурный показатель.**

На диаграмме, представленной на рисунке 7 показано, что изменение расхода нагретого сырья в диапазоне 1÷10 л/мин приводит к увеличению скорости сырьевого потока движущего по внутренним трубам, а увеличение давления  $P$  внутри аппарата 50÷200 кПа приводит к увеличению среднего температурного показателя. В частности, если с изменением расхода сырья пределах 1÷10 л/мин давление составляет 50 кПа, средняя температура 23,5 ÷ 24 °С, то при давлении 100 кПа этот показатель составляет 31 ÷ 35 °С, при давлении 150 кПа – 31 ÷ 35 °С, при 200 кПа – 38 ÷ 39 °С. Из этого видно, что по мере увеличения давления теплоносителя и расхода сырья наблюдается хаотичное движение жидкости в трубах, процесс теплообмена в аппарате ускоряется.

При увеличении средней температуры горячей среды  $\Delta t$  с 67 °С до 95 °С количество теплоты, отдаваемой горячим теплоносителем внешней стенке внутренней трубы теплообменной трубы, увеличивалась с  $\alpha_1$  равном 2167 Вт/(м<sup>2</sup>·К) до 3416 Вт/(м<sup>2</sup>·К) (рис. 8).



1- критерий Рейнольдса, 2- критерий Нуссельта

**Рисунок 8. Влияние средней разницы температуры среды на изменение критериев Рейнольдса и Нуссельта**

При давлении регенерированного диэтанолamina 100 кПа и температуре 103 °C скорость нагреваемого сырья в трубе повышается до 0,017÷0,176 м/с, в результате температура изменяется до 89÷78°С, а число Рейнольдса увеличивается в 10 раз, коэффициент теплоотдачи увеличивается в 3,5 раза, коэффициент теплопередачи увеличивается в 3,0 раза. Количество переданного тепла увеличивается в 3,2 раза (табл. 3).

**Таблица 3**

**Тепловые характеристики насыщенного диэтанолamina**

(температура регенерированного диэтанолamina 103 °C, давление 100 кПа)

Скорость сырья в каждой из внутренних труб $\omega$ , м/с	Температура сырья на входе в аппарат, $t_{н}$ , °C	Температура сырья на выходе из аппарата $t_{к}$ , °C	Критерий Рейнольдса Re	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Коэффициент теплопередачи К, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Средняя разница температур между теплоносителями $\Delta t_{ср}$ , °C	Количество переданного тепла Q, (Вт)
0,017	20	89	242	198	185	31	3241
0,053	20	86	754	354	314	31,5	5590
0,088	20	82	1253	489	417	32	7542
0,124	20	81	1766	574	477	32,5	8762
0,176	20	78	2507	703	563	32,5	10341

При температуре горячего теплоносителя на выходе из парового котла 105 °C и давлении 150 кПа температура нагреваемого сырья изменяется от 91 до 80 °C в соответствии с изменением скорости в трубе, а средняя разница температуры среды увеличивается от 33,5 до 35 °C. Критерий Рейнольдса колеблется от 258 до 2587, т. е. при переходе от ламинарного к турбулентному режиму коэффициент теплоотдачи увеличивается с 212 Вт/(м<sup>2</sup>·К) до 814 Вт/(м<sup>2</sup>·К), коэффициент теплопередачи увеличивается со 198 Вт/(м<sup>2</sup>·К) до 645 Вт/(м<sup>2</sup>·К). К), а количество переданного тепла увеличивается с 3748 до 12759 Вт (табл. 3).

Таблица 4

**Тепловые характеристики насыщенного диэтанолamina**  
(температура регенерированного диэтанолamina 105 °С, давление 200 кПа)

Скорость сырья в каждой из внутренних труб $\omega$ , м/с	Температура сырья на входе в аппарат, $t_{in}$ , °С	Температура сырья на выходе из аппарата $t_k$ , °С	Критерий Рейнольдса Re	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Средняя разница температур между теплоносителями и $\Delta t_{ср}$ , °С	Количество переданного тепла Q, (Вт)
0,017	20	91	258	212	198	33,5	3748
0,053	20	89	763	397	352	33,5	6664
0,088	20	86	1294	543	462	34	8878
0,124	20	83	1821	668	550	34,5	10724
0,176	20	80	2587	814	645	35	12759

Установлено, что в результате повышения температуры регенерируемого диэтанолaminового на входе в теплообменник до 114 °С и давления 200 кПа, температура нагретого сырья увеличилась с 20 °С до 94 °С. В результате увеличения скорости сырья во внутренней трубе аппарата с 0,017 м/с до 0,176 м/с число Рейнольдса увеличилось в 10 раз, коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки трубы к нагреваемому сырью увеличился в 3,4 раза, коэффициент теплопередачи – в 2,9 раза, а количество переданного тепла увеличивается в 3,0 раза (табл. 4).

Таблица 5

**Тепловые характеристики насыщенного диэтанолamina**  
(регенерированный диэтанолamin, температура 114 °С, давление 200 кПа)

Скорость сырья в каждой из внутренних труб $\omega$ , м/с	Температура сырья на входе в аппарат, $t_{in}$ , °С	Температура сырья на выходе из аппарата $t_k$ , °С	Критерий Рейнольдса Re	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Средняя разница температур между теплоносителями $\Delta t_{ср}$ , °С	Количество переданного тепла Q, (Вт)
0,017	20	94	282	268	248	38	5326
0,053	20	91	803	425	378	38	8118
0,088	20	88	1426	617	522	38	11211
0,124	20	85	2031	748	613	38	13165
0,176	20	80	2869	916	722	39	15914

В четвертой главе диссертации «**Результаты повышения эффективности теплоотдачи теплообменных аппаратов в промышленных условиях**» приведены результаты расчетов гидравлического сопротивления в трубе и межтрубном пространстве при нагреве насыщенного диэтанолamina теплом регенерированного диэтанолamina, коэффициенты теплоотдачи при вращательном движении потока в распределительной камере теплообменного аппарата, количество переданного тепла, а также ожидаемый экономический

эффект от внедрения представленного аппарата в условиях «Шуртанского нефтегазодобывающего управления».

Гидравлическое сопротивление трубы теплообменника определяется по следующему уравнению:

$$\Delta P_c = \left( \lambda \cdot \frac{\ell \cdot z}{d_{\text{вн}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\omega_c^2}{2} \cdot \rho, \text{ Па} \quad (1)$$

где  $\omega_c$  – скорость теплоносителя в трубе, м/с;  $\lambda$  – коэффициент трения;  $\sum \xi$  – суммарный коэффициент местных сопротивлений.

Скорость потока теплоносителя в трубе определяется по следующему уравнению:

$$\omega_c = \frac{G_{\text{мп}} \cdot z}{0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n \cdot \rho}, \quad (2)$$

где  $G_{\text{мп}}$  – массовый расход теплоносителя в трубной части аппарата, кг/с.

При  $Re_{\text{мп}} > 2300$  коэффициент трения рассчитывается по следующему уравнению:

$$\lambda = 0,25 \cdot \left\{ \lg \left[ \frac{e}{3,7} + \left( \frac{6,81}{Re_{\text{тр}}} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}, \quad (3)$$

где  $e = \frac{\Delta}{d_{\text{вн}}}$  – относительная шероховатость трубы;  $\Delta$  – высота выступов

шероховатости (для стальных труб допускается  $\Delta = 0,2$ ).

Коэффициенты местного сопротивления потоку, протекающего в трубе. Принимаем следующие значения:  $\xi_{\text{мп}1} = 1,5$  – на входе и выходе из распределительной камеры;  $\xi_{\text{мп}2} = 2,5$  – угол поворота между движениями;  $\xi_{\text{тр}3} = 1,0$  – вход и выход из трубы.

Местные сопротивления на входе и выходе из распределительной камеры рассчитываются в соответствии со скоростью потока:

$$\omega_c = \frac{G}{0,785 \cdot d_c^2 \cdot \rho}, \text{ м/с}$$

где  $d_c$  – внутренний диаметр трубы, м.

Принимая во внимание приведенное выше уравнения, уравнение 4 принимает следующий вид:

$$\Delta P_{\text{мп}} = \lambda \cdot \frac{\ell \cdot z}{d_{\text{мп}}} \cdot \frac{\omega_{\text{мп}}^2}{2} \cdot \rho_{\text{мп}} + [2,5 \cdot (z-1) + 2 \cdot z] \cdot \frac{\omega_{\text{мп}}^2}{2} \cdot \rho_{\text{мп}} + 3 \cdot \frac{\omega_{\text{мп}.c}^2}{2} \cdot \rho_{\text{мп}}, \quad (4)$$

В табл. 6 приведены результаты расчета гидравлического сопротивления насыщенного диэтанолamina, движущегося в трубах кожухотрубчатого теплообменника, используемого в процессе нагрева насыщенного диэтанолamina теплом регенерированного диэтанолamina.

**Таблица 6**

**Показатели гидравлического сопротивления во внутренней трубе теплообменника**

Теплообменные аппараты	Средняя температура нагреваемого сырья $\Delta t_{ср}$ , °С	Кинематическая вязкость $\nu$ , $10^6 \text{ мм}^2/\text{с}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Массовый расход сырья $G$ , $\text{кг}/\text{с}$	Скорость теплоносителя в трубе $\omega$ , $\text{м}/\text{с}$	Гидравлическое сопротивление в трубах $P$ , $\text{кПа}$
T-1/1	66,5	0,691	1088	60,44	0,129	6577
T-1/1 <sup>1</sup>	78,5	0,686	1081	60,05	0,132	6949
T-1/2	90,5	0,677	1072	59,55	0,138	7570
T-1/2 <sup>1</sup>	100,5	0,669	1066	59,22	0,144	7942

Насыщенный диэтаноламин, перетекая из одного в другой, нагревается в трубном пространстве четырех корпусного кожухотрубчатого теплообменника, соединенного последовательно. Температура сырья на входе в теплообменник T-1/1 равна 61 °С, затем оно нагревается до 72 °С и средняя температура продукта 66,5 °С, при этом гидравлическое сопротивление в трубе равна 6577 кПа, а скорость 0,129 м/с (табл. 7).

**Таблица 7**

**Показатели гидравлического сопротивления в межтрубном пространстве теплообменника**

Теплообменное аппараты	Средняя температура нагреваемого сырья $\Delta t_{ср}$ , °С	Кинематическая вязкость $\nu$ , $10^6 \text{ мм}^2/\text{с}$	Плотность $\rho$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Массовый расход сырья $G$ , $\text{кг}/\text{с}$	Скорость теплоносителя в трубе $\omega$ , $\text{м}/\text{с}$	Гидравлическое сопротивление в межтрубном пространстве $P$ , $\text{кПа}$
T-1/1	114,5	0,103	1030	57,2	0,365	2186
T-1/1 <sup>1</sup>	104	0,151	1039	57,7	0,364	2143
T-1/2	94,5	0,176	1044	58,0	0,363	2078
T-1/2 <sup>1</sup>	85,5	0,228	1051	58,4	0,361	2002

Из данных табл. 7 видно, что температура регенерированного диэтанолamina на входе в теплообменник T-1/1 равна 120 °С, а на выходе его температура снижается до 109 °С, при этом гидравлическое сопротивление в межтрубном пространстве равно 2186 кПа. В аппарате T-1/1<sup>1</sup> температура теплоносителя снижается до 99 °С, а гидравлическое сопротивление возрастает до 2143 кПа. В теплообменнике T-1/2 температура снижается до 90 °С, а гидравлическое сопротивление повышается – 2078 кПа. Температура в T-1/2<sup>1</sup> снижается до 81 °С, а гидравлическое сопротивление в межтрубном пространстве увеличивается до 2002 кПа.

В промышленных теплообменных аппаратах в результате направления нагретого продукта к распределительной камере под углом 90 градуса и неравномерного распределения продукта на входе коэффициент теплоотдачи от горячего потока в аппарате к наружной стенке внутренних труб равен 2924 Вт/(м<sup>2</sup>К), коэффициент теплоотдачи от трубы к нагретому продукту равен 359 Вт/(м<sup>2</sup>К), коэффициент теплопередачи равен 8763 Вт/(м<sup>2</sup>К), а количество переданного тепла – 5726162 Вт.

За счет снижения расхода водяного пара, используемого в качестве теплоносителя в процессе регенерации насыщенного диэтанолamina, на 12% в год экономической эффект составляет 355800000 (триста пятьдесят пять миллионов восемьсот тысяч) сумов в год.

### Заклучение

1. Разработан теплообменник новой усовершенствованной конструкции для нагрева диэтанолaminового сырья и рассчитаны оптимальные режимно-конструктивные параметры: расход - 0,17 м/с, - 5146, коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  - 3167 Вт/( м<sup>2</sup>К), коэффициент теплопередачи - 376 Вт/(м<sup>2</sup>К); гидравлическое сопротивление устройства - 8941 кПа.

2. Изучены плотность, кинематическая и динамическая вязкости исследуемого сырья при 20 °С: плотность 25% насыщенного диэтанолamina составила 1112 кг/м<sup>3</sup>; кинематическая вязкость 0,748 мм<sup>2</sup>/с; динамическая вязкость 0,83·10<sup>-3</sup> Па·с; плотность 26% ненасыщенного диэтанолamina – 1091 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость – 0,697 мм<sup>2</sup>/с, динамическая вязкость – 0,76·10<sup>-3</sup> Па·с; плотность диэтанолamina с концентрацией 85% составила – 1092 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость – 2,02 мм<sup>2</sup>/с, динамическая вязкость – 2,20·10<sup>-3</sup> Па·с.

3. В результате действия центробежной силы потока в распределительной камере кожухотрубчатого теплообменника уровень сырьевого обеспечения внутренних труб увеличился дополнительно на 7,4%.

4. Исследовано влияние давления теплоносителя на тепловую эффективность устройства: установлено, что при увеличении температуры вместе с повышением давления от 50 кПа до 200 кПа повышается и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$ , от 2167 Вт/(м<sup>2</sup>К) до 3416 Вт/(м<sup>2</sup>К), а при увеличении давления в 5 раз коэффициент теплоотдачи к внутренней стенке трубы увеличивается в 1,6 раза.

5. В результате циркуляционного движения потока в распределительной камере теплообменника установлено, что коэффициент теплоотдачи увеличивается в 1,05 раза, коэффициент теплопередачи – в 1,2 раза, а количество переданного тепла – в 1,21 раза.

6. Определены гидравлические сопротивления в трубном и межтрубном пространстве теплообменного аппарата при нагреве насыщенного диэтанолamina теплом регенерированного диэтанолamina в «Шуртанском нефтегазодобывающем управлении». В соответствии с исследованиями при повышении температуры нагреваемого диэтанолamina гидравлическое сопротивление во внутренней трубе повышается в 1,2 раза и, наоборот,

снижение температуры горячего диэтанолamina уменьшает общее гидравлическое сопротивление в межтрубном пространстве аппарата в 1,09 раза.

7. В результате уменьшения расхода водяного пара, используемого в качестве теплоносителя при регенерации насыщенного диэтанолamina на 12%, годовой экономический эффект предприятия составит 355,8 млн. сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.04.01 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT TASHKENT CHEMICAL TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE**

---

**KARSHI ENGINEERING ECONOMIC INSTITUTE  
INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY OF  
THEASRUZ**

**RAKHIMOV GANISHER BAXTIYOROVICH**

**IMPROVEMENT OF THE HEAT EXCHANGER USED IN THE PROCESS  
OF REGENERATION OF ABSORBENTS WITH SATURATED WITH ACID  
GASES**

**02.00.08 – Chemistry and technology of oil and gas**

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

**Tashkent -2023**

**The Theme of the doctor of philosophy (PhD) dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.4.PhD/T3423**

The dissertation has been prepared at Karshi Engineering-economics institute and Institute of General and inorganic chemistry of the ASRUZ.

The abstract of the dissertation is posted in two (Uzbek, Russian, English (summary)) languages on the website of the Scientific Council ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) and on the website of «ZiyoNET» information and educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Khurmamatov Abdugaffor Mirzabdullayev**  
doctor of technical science, professor

**Official opponents:** **Ikramov Abduvahob Ikramovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Ziyadullaev Odiljon Egamberdievich**  
doctor of chemical sciences, professor

**Leading organization:** **JSC “UZLITINEFTGAZ”**

The defence of the dissertation will be held at «22» 02 2023 at «9<sup>00</sup>» at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent chemical technological institute (Address: 32, Navoiy street, 100011, Tashkent, Uzbekistan. Phone (+99871) 244-79-20, fax: (+99871) 244-79-17, e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz)).

The dissertation is registered in the Information Resource Center of the Tashkent chemical-technological institute for №\_417, which can be found in the IRC. Address: 100011, Tashkent, Navoiy street, 32 Tel. (+99871) 244-79-20

Abstract of dissertation sent out «03» 02 2023 y.  
(mailing report № 512 from «03» 02\_2023 y).

**S.T.Turobjonov**  
Chairman of the Scientific Council  
on awarding of scientific degree,  
doctor of technical science, professor

**X.I.Kodirov**  
Scientific secretary of the scientific  
council on awarding scientific degree,  
doctor of Chemical science, Senior Researcher

**G.R. Raxmanberdiyev**  
Chairman of scientific seminar at the scientific council  
on awarding scientific degree,  
doctor of chemical science, professor

## **Introduction (abstract of PhD dissertation)**

**The aim of the study is** improvement of the shell-and-tube heat exchanger used in the process of regeneration of an absorbent saturated with acid gas during natural gas purification by increasing the level of distribution of raw materials into internal pipes.

**The objects of study are** the inlet fitting of raw materials, the distribution chamber of the device located in the cover part of the casing of a tubular heat exchanger used for the regeneration of natural gas, diethanolamine solution, saturated diethanolamine.

### **The scientific novelty of the dissertation research is as follows:**

A heat exchanger of a new design was developed for heating diethanolamine raw materials and the optimal design parameters were calculated: flow rate - 0.17 m/s, - 5146, heat transfer coefficient  $\alpha_1$  - 3167 W/(m<sup>2</sup>·K), thermal transfer coefficient - 376 W/(m<sup>2</sup>·K); hydraulic resistance of the device - 8941 kPa.

in the distribution chamber of the proposed heat exchanger, an increase in the level of supply of raw materials by 7,4%, as well as an increase in temperature along the length of the pipes from 23,5 to 39 ° C was additionally proved;

it has been proven that the heat transfer coefficient from the coolant to the outer wall of the pipe increases under the action of centrifugal force, and the heat transfer coefficient from the pipe wall to the heated liquid also increases ( $\alpha_2= 321$  W/(m<sup>2</sup> K));

As a result of ensuring the circulation flow in the distribution chamber of the heat exchanger, it was studied that the heat transfer coefficient is 1,05 times, the heat transfer coefficient is 1,2 times, and the amount of heat transferred is 1,21 times, and the consumption of heat and electricity is reduced by 12%.

the heat exchanger used in the process of regeneration of absorbents saturated with acid gases during natural gas purification has been improved by increasing the degree of distribution of raw materials through pipes as a result of the centrifugal force acting on the flow movement in part of the distribution chamber.

### **Implementation of the research results.**

Based on the results obtained to improve the flow movement in the shell-and-tube heat exchanger, which is used in the regeneration of a saturated absorber in the technology of gas purification from acidic components by directing the flow movement under the influence of centrifugal force:

The improvement of the pipeline heat exchange device for the regeneration of the absorbent saturated during the purification of gases from oxygen components by installing a fireproof structure that creates a cursory movement from the center is included in the practical plan “Shurtanoil and gas production department” for 2022-2025 (handbook  $\Phi 06/\text{ЭМ}-807$  of March 4, 2022 “Shurtan oil and gas production department”). As a result, heat exchange allowed the distribution chamber of the device to distribute the flow of diethanolamine through internal pipelines by circular motion;

regeneration of the saturated absorber during gas purification from acidic components of the shell tubular device is included in the long - term plan “Shurtan oil and gas production department” for implementation in practice in 2022-2025 by

accelerating the process of heat exchange in pipelines (handbook  $\Phi 06/\Xi M-807$  of March 4, 2022 “Shurtan oil and gas production department”). As a result, a turbulent flow regime was provided, which allowed to increase the effect of the flow around the pipe surfaces, as well as to reduce the cost of heat and electricity.

**The structure and scope of the dissertation.** The content of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. 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. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Calculation of heat transfer and heat transfer in a pipe apparatus in heating gas condensate// Scientific and technical journal of Namangan institute of engineering and technology. - Наманган, VOL 6 - Issue (1) 2021.- 187-191. (05.00.00, №33).

2. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б., Муртазаев Ф.И. Интенсификации процессов теплообмена в трубчатых теплообменниках// Международный научный журнал «Universum: технические науки». - Москва, 2021. - № 11 (92). - С. 11-15. (02.00.00; №1).

3. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Расчет гидравлического сопротивления при плавном расширении и сужении горизонтальной трубы// Международный научный журнал «Технологии нефти и газа». - Москва, 2021. - №6<sup>(137)</sup>. - С. 62-64. (05.00.00; №80).

4. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б., Дўстов Ҳ.Б., Паноев Е.Р. Регенерация газларини нордон компонентлардан абсорбция усули орқали тозалаш технологиясида қўлланиладиган қобик қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмасининг иш самарадорлигини ошириш// Фан ва технологиялар таррақиёти. - Бухро, 2021. - №4. - 48-58 б. (05.00.00; №24).

**II бўлим (II часть, II part)**

5. Khurramatov A.M., G.B.Rakhimov, Murtazayev F.I. Intensifications of heat exchange processes in pipe heat exchangers/ AIP Conference Proceedings **2432**, 050021 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0096336> Published Online: 16 June 2022.

6. Khurramatov A.M., Rakhimov G.B., Sayfullaev T.K. Improving the efficiency of heat exchange by improving the design of the shell tubular heat exchanger/ XX Международная научно-практическая конференция «Problems of science and practice, tasks and ways to solve them» (Online) Varshava, Polsha. May 2022. - p. - 722-724.

7. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Повышение эффективности теплообмена путем совершенствования конструкции трубного теплообменного аппарата/ XXI International Scientific and Practical Conference «Actual priorities of modern science, education and practice». (Online) Parij, France. May 2022. - p. - 854-854.

8. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Тўйинган диэтанолмининг регенерацияланган диэтанолмин иссиқлиги билан иситиш жараёнида қўлланиладиган иссиқлик алмашилиш қурилмалари конструкциясини такомиллаштириш орқали иссиқлик алмашилиш самарадорлигини ошириш/

“Нефть ва газ соҳасида таълим-ишлаб чиқариш кластерини ривожлантиришда инновацион ёндашувлар” халқаро конференция. - Тошкент, 2022. - 104-107 б.

9. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Нордон газлар билан тўйинган абсорбентларни регенерация қилиш жараёнида қўлланиладиган иссиқлик алмашилиш қурилмасини такомиллаштириш/ “Нефть ва газ соҳасида таълим-ишлаб чиқариш кластерини ривожлантиришда инновацион ёндашувлар” халқаро конференцияси. - Тошкент, 2022. - 293-296 б.

10. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Қобик қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмасини конструкциясини такомиллаштириш орқали иссиқлик алмашилиш самарадорлигини ошириш/ “Нефть ва газ соҳасида таълим-ишлаб чиқариш кластерини ривожлантиришда инновацион ёндашувлар” халқаро конференция. - Тошкент, 2022. - 183-185 б.

11. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Қобик қувурли иссиқлик алмашилиш қурилмаларида иссиқлик алмашилиш самарадорлигини ошириш/ «Кимёвий технологиялар ва нанотехнология – юқори молекуляр бирикмалар кимёси ҳамда органик моддалар ва композицион материаллар йўналишидаги илмий тадқиқотлар - муаммолар ва ечимлар» халқаро конференция. - Тошкент, 2022.- 19-23 б.

12. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Ускорение процесса теплообмена в трубчатых теплообменниках/ “Нефть ва газ саноатида замонавий технологиялар ва инновациялар” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. - Тошкент, 2021. -19-23 б.

13. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Повышение эффективности теплообмена путем изменения конструкции трубчатого теплообменного аппарата, применяемого в технологии абсорбционной очистки регенерационного газа/ “Ўзбекистоннинг инновацион тараққиётида ёшларнинг ўрни” мавзусидаги ёш олимлар ва иқтидорли талабаларнинг республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. - Қарши, 2022. - 218-223 б.

14. Хурмаматов А.М., Рахимов Ғ.Б. Абсорбентларни регенерация қилиш жараёнида қўлланиладиган иссиқлик алмашилиш қурилмасини ишлаш самарадорлигини ошириш/ “Қорақалпоғистон республикасида ишлаб чиқариш саноат соҳалари ривожининг долзарб муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. - Нукус, 2021. -146-149 б.

Автореферат «Кимё ва кимёвий технология» журнали тахририятида тахрирдан утказилиб, узбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар узаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 84x60<sup>1</sup>/16. «Times New Roman» гарнитураси. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100. Буюртма №\_\_.

Гувоҳнома № \_\_\_\_\_

“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.

Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.





