

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

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

АУЕСБАЕВ АЛИШЕР УСНАТДИНОВИЧ

**ТАБИИЙ ГАЗНИ CO₂ ДАН ТОЗАЛАШ УЧУН
ИШЛАТИЛАДИГАН АБСОРБЦИОН-ДЕСОРБЦИОН
КОЛОННАСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

02.00.08 - Нефть ва газ кимёси ва технологияси

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

Тошкент - 2024

**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**

Ауесбаев Алишер Уснатдинович Табиий газни CO ₂ дан тозалаш учун ишлатиладиган абсорбцион-десорбцион колоннасини такомиллаштириш	3
Ауесбаев Алишер Уснатдинович Усовершенствования абсорбционно- десорбционной колонны для очистки природного газа от CO ₂	21
Auesbaev Alisher Usnatdinovich Improvement of the absorption-desorption column for the purification of natural gas from CO ₂	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works	42

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

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

АУЕСБАЕВ АЛИШЕР УСНАТДИНОВИЧ

**ТАБИИЙ ГАЗНИ CO₂ ДАН ТОЗАЛАШ УЧУН
ИШЛАТИЛАДИГАН АБСОРБЦИОН-ДЕСОРБЦИОН
КОЛОННАСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

02.00.08 - Нефть ва газ кимёси ва технологияси

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

Тошкент - 2024

Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузурдаги Олий аттестация комиссиясида В2023.3PhD/Г3809 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида www.tkti.uz ва «Ziyounet» ахборот таълими порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Хурмаматов Абдугаффор Мирзабдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Икрамов Абдувахоб
техника фанлари доктори, профессор

Менглиев Шерзод Шоимович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

УзЛИТИНефтегаз АЖ

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузурдаги DSc.03/30.12.2019.T.04.01 рақамли Илмий кенгашнинг «5» 03 2024 йил соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (99871) 244-79-20; факс: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz. Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжумалар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (681 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (99871) 244-79-20).

Диссертация автореферати 2024 йил «3» 02 кунни тарқатилди.
(2024 йил «3» 02 №269 рақамли реестр баённомаси).



Туробжонов С.М.

Илмий даража берувчи илмий
кенгаш раиси, т.ф.д., академик

Кадиров Х.И.

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

Раҳмонбердиев Г.Р.

Илмий даража берувчи илмий
кенгаш котиби илмий семинар
раиси, к.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Бугунги кунда нефть ва табиий газ энергия ва ёқилғиларнинг асосий манбаи бўлиб, улар асосида олинган маҳсулотлар саноатнинг барча тармоқларида кенг қўлланилмоқда. Табиий газни углеводород диоксида ва водород сульфидли агрессив компонентлардан тозалаш, чуқур қайта ишлаш технологияларини ишлаб чиқиш, абсорбентларнинг ишчи эритмаларини регенерациялашда аминларнинг дастлабки фаоллигини тиклаш билан абсорбцион-десорбцион ускуналар конструкциясини такомиллаштириш ва экологик кўрсаткичлари жаҳон талабларига мос юқори сифатли маҳсулотлар олиш тизимини яратиш устувор вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда табиий газни тозалаш учун адсорбцион, абсорбцион ва комбинацияланган усуллардан фойдаланилиб, энергия тежамкор технологияларини яратиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада табиий газни тозалаш жараёнлари юқори самарали технологик ускуналарда амалга ошириш, масса алмашинувчи аппаратларни ҳисоблаш ва юқори самарали контакт элементларини ишлаб чиқиш, мавжудларини унумдор ва самарали намуналар билан алмаштириш ва синовдан ўтказишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамиз нефть ва газ саноатида ишлаб чиқариш сифати, модернизацияси ва хилма-хиллигини оширишга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «саноатни сифат жиҳатдан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш»¹ каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада маҳсулот сифатини ошириш, энергия сарфини камайтириш имконини берувчи массаалмашиниш аппаратларида самарали контакт элементларини ўрнатиш, табиий газни адсорбцион ва абсорбцион тозалашнинг такомиллашган технологияларини яратиш муҳим илмий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сонли «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 24 ноябрдаги ПҚ-4029-сонли ««Ўзбекнефтгаз» акционерлик жамиятини давлат томонидан қўллаб-қувватлашнинг биринчи галдаги чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 1 майдаги ПҚ-4302-сонли «Саноат кооперациясини янада ривожлантириш ва талаб юқори бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2022 йил 10 октябр-даги ПҚ-388-сонли «Кимё ва газ-кимё саноатини стратегик ривожлантиришнинг мақсадли дастурини тасдиқлаш

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги фармони

тўғрисида»ги ва 2022 йил 6 июлдаги ПҚ-307-сонли «2022-2026 йилларда Ўзбекистон Республикасида инновацион ривожланиш стратегияси тўғрисида»ги фармон ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Массалашинув қурилмаларини ҳисоблаш ва юқори самарали контакт элементларини ишлаб чиқиш бўйича W. Baker, K. Lokhandwala, U. Desideri, R. Corbelli, M.M. Abu-Khader, B.V. Кафаров, А.Г. Касаткин, Н.И. Гельперин, А.Н. Плановский, Н.М. Жаворонков, Марушкин Б.К., Александров И.А., В.М. Рамм, Л.В. Алекперова, Ю.В. Аксельрод, В.В. Дильман, А.В. Тимофеев, В.С. Леонтьев, А.М. Каган, Л.А. Юдина, З. Салимов, О.Ю. Исмаилов, А.А. Худайбердиев, М.М. Сайидмуродов, А.М. Хурмаатов ва бошқалар илмий тадқиқот ишлари олиб боришган.

Улар томонидан масса алмашинув жараёнларини интенсификация қилиш муаммосини аниқлаш билан, жараёнлар интенсивлашувининг турли параметрларга боғлиқлигини тавсифловчи эмпирик тенгламалар ишлаб чиқилган, газ-сууюқлик тизимларида массани самарали узатишга ҳисса қўшадиган массалашинув жараёнлари учун насадка дизайнлари яратилган, абсорбция-десорбция аппаратлари ва қурилмалари тавсифланган, табиий газни нордон компонентлардан тозалаш технологиялари жорий қилинган.

Шу билан бирга, табиий газни CO_2 дан тозалаш жараёнларининг самарали усулларини ишлаб чиқиш, абсорбция ва десорбция қурилмаларини такомиллаштириш, самарадор, паст гидравлик қаршилик ва металл истеъмолига эга қурилмаларнинг конструктив элементлари конфигурациясини такомиллаштириш бўйича илмий ишлар олиб борилмоқда.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация ишининг мавзуси «Умумий ва ноорганик кимё» институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг № 17-20 сонли «Пиролиз дистилятидан бензин олишнинг янги технологияларини ишлаб чиқиш ва жорий этиш» (2017-2018 йй.) мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади табиий газни CO_2 дан тозалаш жараёнининг самарадорлигини ошириш ва тўйинган амин эритмаларини регенерация қилиш учун ишлатиладиган десорбцион қурилмаларни такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

амин эритмасининг физик-кимёвий ва термофизик хусусиятларини ўрганиш;

конструктив модификация ва параметрларининг табиий газдан карбонат ангидридни ажратиш даражасига таъсирини таҳлил қилиш билан янги десорбтерни ишлаб чиқиш;

табiiй газни CO_2 дан ажратиш жараёнига зичлик, қовушқоқлик, термофизик хусусиятлар, амин эритмасининг сувга нисбати ва бошқаларнинг таъсирини аниқлаш;

тўйинган эритманинг регенерация жараёнидаги гидродинамик параметрларини ўрганиш;

тўйинган эритманинг регенерация жараёнини оптималлаштириш;

саноатдаги регенерация аппаратининг асосий ўлчамларини ҳисоблаш;

табiiй газни CO_2 дан тозалаш учун насадкалар ёрдамида такомиллаштирилган десорбернинг ишлаб чиқаришда синовларини ўтказиш ва тадқиқот натижаларини амалга оширишнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини баҳолаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида аминнинг тўйинган ва тўйинмаган эритмаси, десорбердаги регенерация жараёнлари ва CO_2 газининг ажралиши олинган.

Тадқиқотнинг предмети мавжуд десорбер ва қўшимча конструктив элементлар (Рашиг насадкалари) билан жиҳозланган такомиллаштирилган десорбер (амин регенератори) қурилмалари ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Диссертация ишини бажариш мобайнида кимёвий-технологик жараёнларни моделлаштириш ва оптималлаштириш усуллари, тажрибаларни экстремал режалаштириш, экспериментал маълумотларни қайта ишлашнинг статистик усуллари, тажриба ўтказишнинг тасдиқланган ва умум эътироф этилган усуллари, аниқ ўлчаш усуллари ва замонавий асбоб-ускуналар қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бор $20\div 150$ °С ҳароратлар оралиғида N-метилдиэтаноламин ва уларнинг аралашмаларининг физик ва термофизик хоссалари ҳисоб ва тажриба йўли билан аниқланган;

регенерация колоннасида тўйинган амин эритмаси тақсимланиш зонасида конструктив ўзгаришлар амалга оширилди ва табiiй газни CO_2 дан 96,5 % гача ажратиш самарадорлиги исботланган;

тўйинган амин эритмасининг тарқалиш зонасига оптимал оқим тезлиги 0,745 м/с бўлган тўйинган амин эритмасини етказиб беришнинг янги марказдан қочма усули асосланган;

130-132°С ҳароратларда газ-суюқлик қатлами туфайли регенерация колоннасидаги ҳосил бўлган босимлар фарқининг 4 бараваргача камайтиришнинг максимал самарадорлиги аниқланган;

тоза амин суюқликлари ва амин эритмаларнинг зичлигини аниқ ҳисоблашга қодир иккинчи тартибли полином ҳарорат моделини ҳисоблаш функцияси исботланган;

насадкалар билан такомиллаштирилган десорберда регенерация жараёнининг мақбул параметрлари: тўйинган амин эритмасининг оқим тезлиги 0,22 кг/с, аппарат ичидаги газ тезлиги 2,51 м/с, жараён ҳарорати 129,25 °С, колоннадаги пастги ва устки босимлар фарқини 6,46 кПа, регенерацияланган эритмадаги карбонат ангидриди концентрацияси 0,27 масса улуши аниқланган;

табий газни CO_2 дан тозалашнинг самарадор усули асосланиб, тўйинган амин эритмаларини регенерациялаш десорбцион қурилмаси такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

регенерация колоннасида аминнинг тўйинган эритмасини рационал ва гидродинамик режимлари аниқланиб, ҳарорат режимини тартибга солишнинг мақбул параметрлари ишлаб чиқилган;

Рашиг насадкасидадан фойдаланиб тўйинган амин эритмасини тақсимлаш зонасини такомиллаштириш орқали регенерация колоннаси самарадорлигини оширишнинг техник ечими ишлаб чиқилган;

регенерация колоннаси параметрларининг оптимал режимлари аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий физик-кимёвий усуллар, лаборатория стендидаги тажрибалар натижаларининг мавжуд ва амалдаги фундаментал назарияга мантқан мувофиқ келиши, ишлаб чиқариш корхоналаридан олинган ижобий натижалари ва ГОСТ талабларига мос равишда синовдан ўтганлиги, тажриба натижалари қурилиш меъёри ва қоидалари асосида амалга оширилганлиги, ҳисоблашлар компьютер дастури ёрдамида бажарилганлиги ҳамда тажриба ва назарий тадқиқот натижаларининг ўзаро муносиблиги ва амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Амалга оширилган тадқиқотнинг илмий аҳамияти турли хил технологик ва конструктив параметрларининг тўйинган амин эритмасининг регенерация жараёни самарадорлигига таъсири тўғрисида батафсил маълумот олиш, насадка билан такомиллаштирилган десорберда регенерация жараёнининг самарадорлигини баҳолаш методологиясини ишлаб чиқиш, бу эса массаалмашилиш аппарати параметрларини оқилона танлаш имконини бериши, тўйинган амин эритмасини регенерация қилиш учун юқори самарали массаалмашилиш аппаратини ишлаб чиқиш ва регенерация жараёнида оптимал иш параметрларини аниқлаш билан изоҳланади.

Диссертациянинг амалий аҳамияти насадка билан такомиллаштирилган десорберни ишлаб чиқишдан иборат бўлиб, бу еса аппаратдаги гидравлик қаршилиқни 4 баробар камайтиришга ёрдам беради. График ва жадвал шаклида тақдим этилган экспериментал тадқиқотлар натижалари, шунингдек олинган ҳисоб-китоблар ва тенгламалар турли соҳалардаги муҳандислар, тадқиқотчилар ва дизайнерлар учун газни тозалаш учун технологик қурилмаларни ишлаб чиқиш ва лойиҳалашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши. Табий газни CO_2 дан тозалаш жараёнининг самарадорлигини ошириш ва тўйинган амин эритмаларини регенерация қилиш учун ишлатиладиган десорбцион қурилмаларни ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

технологик газни карбонат ангидридидан тозалаш жараёнида фойдаланиладиган десорберни такомиллаштириш йўли билан ишлаб чиқилган регенератор Устюрт ГКК ҚК «Uz-Kor Gas Chemical» МЧЖда ишлаб чиқариш

амалиётига жорий қилинган (ҚК «Uz-Kor Gas Chemical» МЧЖнинг 2023 йил 10 февралдаги 01-4/24-43-сон маълумотномаси). Натижада, тўйинган аминнинг тақсимланиш зонасида насадка ёрдамида гидравлик қаршилиқни ошириш, кўпикланишни камайтириш билан тўйинган амин эритмасини регенерациялаш самарадорлиги ошириш имконини берган;

табиий газни тозалашнинг такомиллашган технологияси Устюрт ГКК ҚК «Uz-Kor Gas Chemical» МЧЖда ишлаб чиқариш амалиётига жорий қилинган (ҚК «Uz-Kor Gas Chemical» МЧЖнинг 2023 йил 10 февралдаги 01-4/24-43-сон маълумотномаси). Натижада, табиий газни CO₂ дан тозалаш билан корхонанинг иқтисодий самарадорлигини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 4 республика миқёсида ўтказилган илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий ишлар чоп этилган, шундан 7 та мақола. Шу жумладан 3 та хорижий мақола, шулардан 2 си Web of science ва Scopus маълумотлар базасига ва Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари (PhD) асосий илмий натижаларини чоп этириш учун тавсия этган республика илмий нашрларда 4 та мақола нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўрт боб, хулоса, 166 номдан иборат фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 115 бет, 34 та расм ва 10 та жадвалдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ

Кириш қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги ва зарурати тавсифланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари таърифланган, тадқиқот объекти ва предмети очиқ берилган, тадқиқот усуллари тақдим этилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, тажриба натижаларининг аниқлиги асосланиб, уларнинг илмий ва амалий аҳамияти очилган, тажриба-саноат синовларини ўтказиш шартлари аниқланган ва уларнинг амалга ошириш бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Абсорбция ва десорбция жараёни назарияси ва амалиётининг ҳозирги ҳолати**» биринчи бобида нефт ва газни қайта ишлашда газни нордон компонентлардан тозалаш назарияси ва амалиётининг асослари, технологик параметрларнинг абсорбция ва десорбция самарадорлигига таъсири, амин эритмаси ва унинг аралашмалари хоссаларининг асосий кўрсаткичларини аниқлашнинг аналитик боғлиқликлари, абсорбция-десорбция аппаратли конструкциялаш хусусиятлари ва уни амалга ошириш усуллари асосий илмий-техникавий адабиётларда берилган ва таҳлил қилинган. Адабиёт маълумотларини танқидий таҳлил қилиш натижаларига кўра тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг «**Ўрганилаётган абсорбентнинг физик-кимёвий ва термофизикавий хоссаларини ўрганиш**» номли иккинчи бобида метилдиэтанолламин ва уларнинг аралашмаларининг физик ва термофизик

хоссаларини аниқлаш ва ўлчаш усуллари ҳамда МДЭА+сув иккилик аралашмаларининг регрессия параметрларини аниқлаш усуллари ҳақида маълумотлар келтирилган. Абсорбент ва улар аралашмаларининг зичлигини аниқлаш натижалари, иккинчи тартибли полиномли ҳарорат моделини ҳисоблаш функцияси графикда келтирилган (1-расм), МДЭА+сувнинг иккилик аралашмаларининг регрессия параметрлари 1-жадвалда келтирилган.

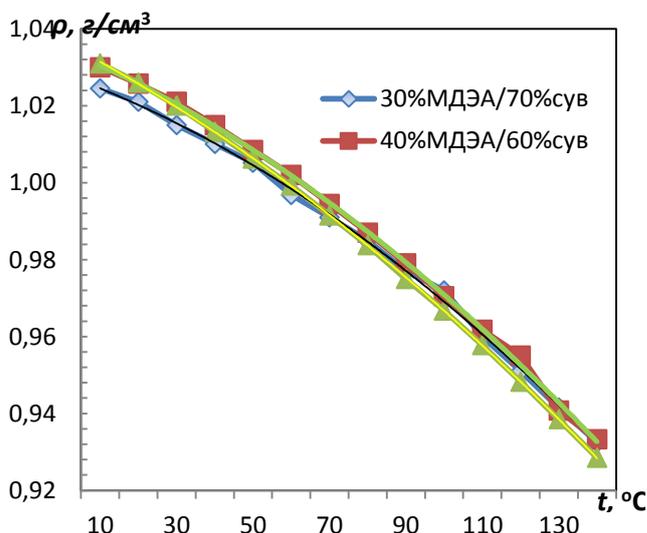
МДЭА+сувнинг иккилик аралашмаларининг зичлигини моделлаштириш учун иккинчи тартибли полином ҳарорат модели (1-тенглама) ишлатилган.

$$\rho_i = a + bT(^{\circ}\text{C}) + cT^2(^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

1-жадвал

10^oC дан 140^oC гача бўлган ҳароратда турли масса нисбатларида МДЭА+сувнинг иккилик аралашмасининг регрессия параметрлари

МДЭА/сув эритмасининг таркиби	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Манба
30/70	-0,00030325	-0,0005816	1,02864118	Ушбу ишда
40/60	-0,0003	- 0,001	1,0358	Ушбу ишда
50/50	-0,000279	- 0,001875	1,039273	Ушбу ишда



1-расм. МДЭА+сув 30/70, 40/60, 50/50 масса нисбатларида ҳароратга боғлиқ зичликлар графиги

1-расмдан кўриниб турибдики, берилган ҳарорат диапазонларида 30%МДЭА/70%сув аралашмасининг зичлиги 1,098 марта, 40%МДЭА/60%сув аралашмасининг зичлиги 1,11 марта ва 50%МДЭА/50%сув аралашмасининг зичлиги 1,115 марта камайади. МДЭА+сув аралашмасининг зичлиги $\rho_{см}$, унинг таркибий қисмларининг улушига қараб, 30%МДЭА/70%сув аралашмаси учун $1,0245 \pm 0,9325$ г/см³, 40%МДЭА/60%сув аралашмаси

учун $1,033 \pm 0,93325$ г/см³ ва 50%МДЭА/50%сув аралашмаси учун $1,035 \pm 0,9285$ г/см³ деб ҳисобланган. 1-расмдан кўриниб турибдики, барча МДЭА+сув тизимларида аралашманинг зичлиги графиги полином (аникроғи, параболик) аминнинг ҳар қандай берилган масса улушларида ҳароратнинг ошиши билан камайган. Шунинг учун экспериментал маълумотларга кўра, (1) тенгламадан фойдаланиб, ушбу турдаги аралашманинг (МДЭА+сув) зичлигини турли масса нисбатларида аниқлаш учун математик модел ишлатилган.

Абсорбент ва уларнинг аралашмаларининг қовушқоқлигини аниқлаш натижалари графикда келтирилган (2-расм).

Аниқланишича, ҳарорат ошиши билан 30%МДЭА/70%сув аралашмасининг динамик қовушқоқлиги 6,6803 дан 0,5765 Па·с гача,

40%МДЭА/60%сув аралашмаси 8,9024 дан 0,6764 Па·с гача ва 50%МДЭА/50%сув аралашмаси 23,4694 дан 0,7761 Па·с гача камаяди.

МДЭА+сув аралашмасининг иссиқлик сиғимини ҳисоблаш учун қуйидаги тенгламалардан (2) фойдаланилган.

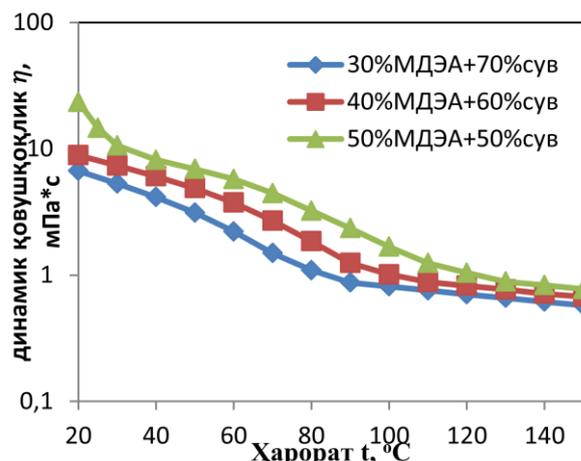
$$C_p = a_1 + a_2 t - a_3 C + a_4 C t \quad (2),$$

бу ерда t – ҳарорат, °С; C – амин концентрацияси, масса улуш %; a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициентлар. a_1, a_2, a_3, a_4 қийматлари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

МДЭА учун (2) тенгламадаги a_1, a_2, a_3, a_4 коэффициентларининг қийматлари

Физик хусусиятлари	a_1	$a_2 \cdot 10^{-3}$	$a_3 \cdot 10^3$	$a_4 \cdot 10^4$
C_p	4,103	1,05	15,5	1,26



2-расм. N-метилдиэтаноламиннинг сувли эритмасининг динамик қовушқоқлигининг ҳароратга боғлиқлиги

3-жадвал

МДЭА ва сув аралашмасининг иссиқлик сиғими 20°С дан 150°С гача бўлган ҳароратда концентрацияга қараб аниқлаш учун ҳисоблаш натижалари

Ҳарорат, °С	Аралашманинг иссиқлик сиғими 30%МДЭА/70%сув, кДж/кг*К	Аралашманинг иссиқлик сиғими 40%МДЭА/40%сув, кДж/кг*К	Аралашманинг иссиқлик сиғими 50%МДЭА/50%сув, кДж/кг*К
20	4,1201	4,11881	4,11751
30	4,13098	4,12981	4,12864
40	4,14186	4,14082	4,13977
50	4,15274	4,15182	4,1509
60	4,16362	4,16282	4,16203
70	4,1745	4,17383	4,17316
80	4,18537	4,18483	4,18429
90	4,19625	4,19584	4,19542
100	4,20713	4,20684	4,20655
110	4,21801	4,21784	4,21768
120	4,22889	4,22885	4,22881
130	4,23976	4,23985	4,23994
140	4,25064	4,25086	4,25107
150	4,26152	4,26186	4,2622

Аниқланишича, ҳароратнинг 20°С дан 150°С гача ошиши билан 0,3МДЭА+0,7Сув аралашмаси учун 4,120106 дан 4,26152 гача кДж/(кг·К), 0,4МДЭА+0,6Сув аралашмаси учун 4,118808 дан 4,26186 гача кДж/(кг·К), 0,5МДЭА+0,5Сув аралашмаси учун 4,11751 дан 4,2622 гача кДж/(кг·К) иссиқлик сиғимининг чизиқли ўсишига олиб келади. Аралашмаларнинг иссиқлик сиғимининг чегаравий қийматлари уларнинг таркибидаги амин

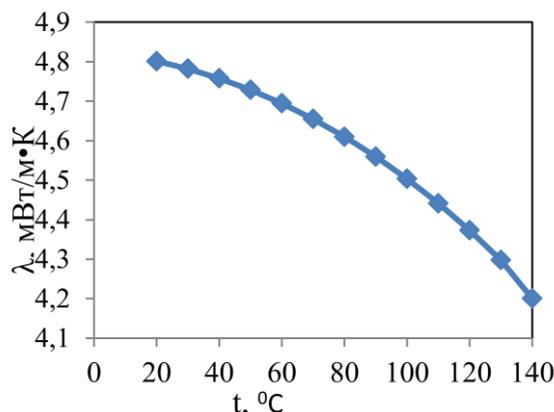
улушининг ортишига қараб: $4,120106 \div 4,11751$ кДж/(кг•К) - 20 °С ва $4,26152 \div 4,2622$ кДж/(кг•К) – мос равишда 150 °С да.

20÷140°С ҳароратда соф аминнинг (МДЭА) иссиқлик ўтказувчанлиги қийматларини ҳисоблаш натижалари 3-расмда келтирилган.

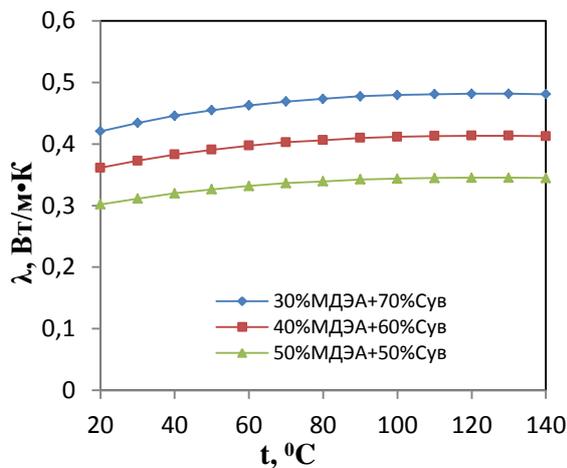
3-расмда ҳароратнинг 20 °С дан 140 °С гача кўтарилиши билан аминнинг иссиқлик ўтказувчанлиги кўрсаткичлари полиномили (параболик) камаяди. Текширилаётган суюқликнинг ўтказувчанлик коэффицентининг (мВт/м•К) бундай пасайиши чегараси 4,82 дан 4,2 гача.

Иккилик аралашмаларнинг 20°С÷140°С ҳароратдаги иссиқлик ўтказувчанлиги қийматини ҳисоблаш натижалари 4-расмда келтирилган.

Ҳароратнинг 20°С дан 140°С гача кўтарилиши билан 0,3МДЭА+0,7Сув, 0,4МДЭА+0,6Сув ва 0,5МДЭА+0,5Сув иккилик аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлигининг қийматлари параболик тарзда ўсиши аниқланди. Ўрганилаётган аралашмаларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентининг



3-расм. Соф МДЭА нинг иссиқлик ўтказувчанлигининг ҳароратга боғлиқлиги



4-расм. МДЭА иккилик аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлигининг ҳароратга боғлиқлиги

(Вт/м•К) бундай ўсишнинг чегараси мос равишда 0,3МДЭА+0,7Сув учун 0,40324 дан 0,48076 гача, 0,4МДЭА+0,6Сув учун 0,34632 дан 0,41268 гача, 0,5МДЭА+0,5Сув учун 0,28941 дан 0,3446 гача.

Шуни таъкидлаш керакки, бир хил ҳароратда иккилик аралашмаларнинг иссиқлик ўтказувчанлигининг қиймати сув таркибига боғлиқ. Юқори сув таркибига эга аралашмалар юқори иссиқлик ўтказувчанлик кўрсаткичларига эга.

Диссертациянинг «Абсорбцион-

десорбцион колоннасини такомиллаштириш ва десорбциянинг гидродинамик жараёнларини ўрганиш» деб номланган учинчи бобида десорбция жараёнини ўрганиш учун тўйинган амин эритмасини десорбциялаш жараёнида ишлатиладиган тажриба қурилмаси келтирилган. Десорбция қурилмасини такомиллаштириш ва регенерация жараёнини турли режим-конструктив кўрсаткичларига боғлиқлиги ўрганилган (5-расм).

Тажриба қурилмаси, асосан, қайта тиклаш колоннаси, конденсатор, суғориш сепаратори, ребойлер, иккита доимий сарфли насослари, тўйинган ва

регенерацияланган амин эритмаси бўлган иккита сақлаш баки, иссиқлик алмаштиргич, газ сарфини ўлчагич, ҳарорат ва манометрлардан иборат.

Экспериментал регенерация қурилмаси сифатида нефть-кимё корхоналарининг табиий газни тозалаш учун ишлатиладиган масса алмашиниш аппарати десорбер-1 (ба-расм, мавжуд қурилма) ва десорбер-2 (бб-расм, такомиллаштирилган қурилма) танланди. Экспериментал қурилманинг ўлчамлари 1:10 масштаб миқёсида саноат регенерация колоннасининг ўлчамларига нисбатан геометрик ўхшашлик ва яна газ ва суюқлик оқим тезлигининг физик ўхшашлиги (худди ўша масштабда) ва дастлабки дастлабки физик шароитларда аниқланди.

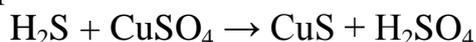
Ҳисоб-китоблар натижасида экспериментал қурилманинг қуйидаги геометрик ўлчамлари аниқланди: $l_2=0,03$ м, $l_3=0,16$ м, $l_4 = 0,12$ м, $l_5= 0,075$ м, $l_6=0,29$ м, $l_7 = 0,34$ м, $l_8 = 0,07$ м, $l_9 = 0,062$ м, $l_{10} = 0,08$ м, $l_{11} = 0,21$ м, $l_{12} = 0,12$ м, $l_{13} = 0,61$ м, $l_{14} = 0,14$ м, $l_{15} = 0,61$ м, $l_{16} = 0,21$ м, $l_{17} = 0,2$ м, $l_{18} = 0,06$ м, $l_{19} = 0,14$ м, $l_{20} = 0,12$ м, $l_{21} = 0,66$ м, $l_{22} = 0,18$ м.

Регенерация колоннаси металлдан тайёрланган бўлиб, диаметри 50×50 мм бўлган 316L зангламайдиган пўлатдан ясалган ҳалқа шаклидаги тасодифий Расшиг насадкалари билан тўлдирилган.

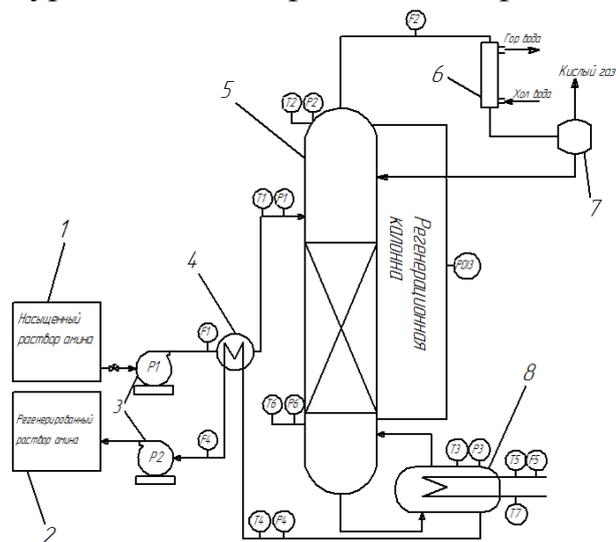
Расшиг насадкаси бир хил диаметрли ва баландликдаги металл тўрдан тайёрланади ва асосан юқори тоза маҳсулотларни лаборатория ва кам ҳажмли ажратиш жараёнлари учун ишлатилади. Ребойлер буғ билан иситиладиган металл иссиқлик алмаштиргич ҳисобланади. Тўйинган амин эритмасини циркуляция қилиш учун иккита насос қўйилган. Амин эритмасининг кириш ва чиқишидаги ҳарорат ва босимни ўлчаш учун турли жойларда электрон датчиклар ўрнатилган.

Таҷрибалар давомида тўйинган ва регенерация қилинган МДЭА эритмасидаги CO_2 концентрациясини 7-расмда кўрсатилган Орсат газ анализатори ёрдамида аниқланди.

CO_2 концентрациясини ўлчов усули карбонат ангидрид ва водород сулфидини ўз ичига олган амин эритмасининг кислотали муҳитда мис сулфат эритмаси билан ўзаро таъсирга асосланган:



Амин эритмасидаги CO_2 нинг масса улуши ҳисоблаш формуласи $X_2\%$:

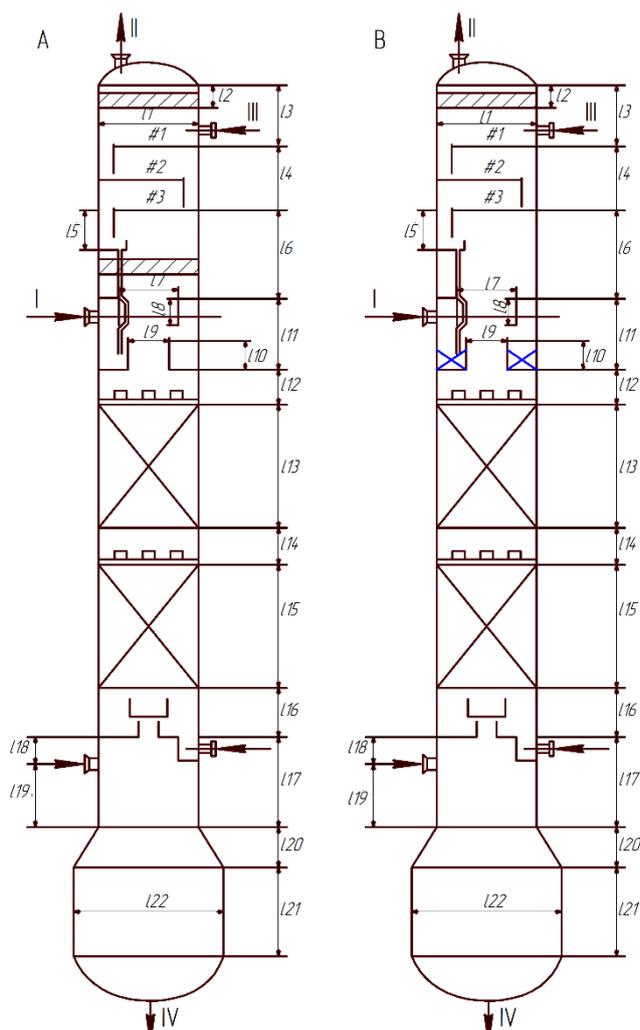


5-расм. Амин регенерацияси учун экспериментал лаборатория қурилмасининг принципал схемаси.

1-тўйинган амин эритмаси баки; 2-бак регенерация қилинган амин эритмаси; 3-насослар; 4-иссиқлик алмаштиргич; 5-регенерация колоннаси; 6-музлатгич; 7-сепаратор; 8-ребойлер;

$$X_2 = \frac{V_{CO_2} * M_{CO_2} * 100}{22400 * V_{PA} * P_{PA}} \quad (3),$$

бу ерда: V_{CO_2} – Газ фазасига чиқарилган карбонат ангидриднинг ҳажми, см³; M_{CO_2} – бир моль карбонат ангидриднинг массаси, 44 г га тенг; P_{PA} – амин эритмасининг зичлиги г/см³; 100-бирлик касрларини оғирлик бўйича фоизли концентрацияга айлантириш коэффициентлари.



А – десорбер-1 (мавжуд аппарат), В - десорбер-2 (такимиллаштирилган аппарат).

б-расм. Ички диаметрга қараб регенерация колоннасининг асосий ўлчамлари.

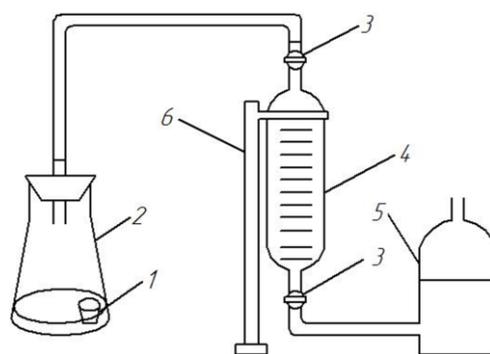
ρ – газнинг зичлиги (CO₂ + буғ), кг/м³.

Колоннадаги P ва T шароитларида газ зичлиги ρ (CO₂ + буғ) қуйидаги тенглама билан аниқланди, кг/м³:

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0}{T_0 + t} \frac{P}{P_0} \quad (6),$$

бу ерда: ρ_0 – н.ш.даги зичлик; T_0 – н.ш.даги ҳарорат; P_0 – н.ш.даги босим.

Колоннадаги ўртача газ тезлиги (CO₂ + буғ) w қуйидаги тенглама билан аниқланди, м/с:



1- Аминни тортиш учун стакан; 2- Реакцион колба; 3-Икки томонли кран; 4-Газ тупеткаси; 5-Даражали идиш; 6-Штатив;

7-расм. Газоанализатор Orsat.

Регенерация колоннасидаги буғ оқими миқдори:

$$G_{CO_2+h_2O} = G_{CO_2} + G_{H_2O} \quad (4),$$

бу ерда: G_{CO_2} – ажраладиган карбонат ангидрид сарфи, кг/с; G_{H_2O} – колоннани суғориш учун қайта оқим сарфи, кг/с.

Газ сиғими (CO₂ + буғ) ёки газ тезлигининг F коэффициенти (м/с)·(кг/м³)^{-0,5}, (5) тенглама билан аниқланади:

$$F = w\rho^{-0,5} \quad (5),$$

бу ерда: w – газнинг ўртача тезлиги (CO₂ + буғ), колоннанинг бўш қисми учун ҳисобланади, м/с;

$$w = \frac{4G_{CO_2+H_2O}}{\rho \pi d_{BH}^2} \quad (7),$$

бу ерда: d_{BH} – аппаратнинг ички диаметри.

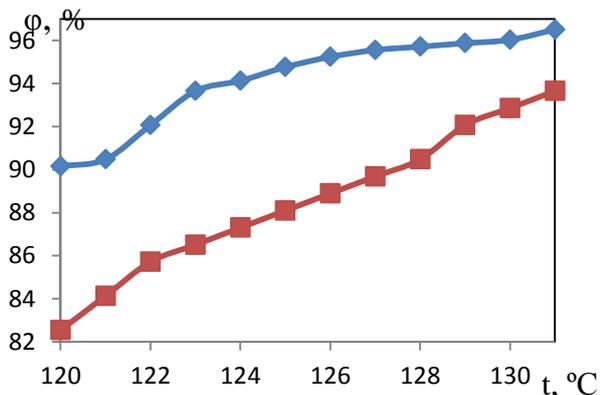
Суғориш зичлиги q қуйидаги формула бўйича ҳисобланди, $m^3/(m^2 \cdot c)$:

$$q = \frac{4Q}{\pi d_{BH}^2} \quad (8),$$

бу ерда: Q – тўйинган амин эритмасининг ҳажмли оқим тезлиги, m^3/c .

Колоннанинг гидравлик қаршилигининг қиймати унинг пастги ва юқорги қисмидаги статик босимлар фарқи билан аниқланди.

Фазаларнинг ўзаро таъсирининг самарадорлиги тикланиш коэффициенти

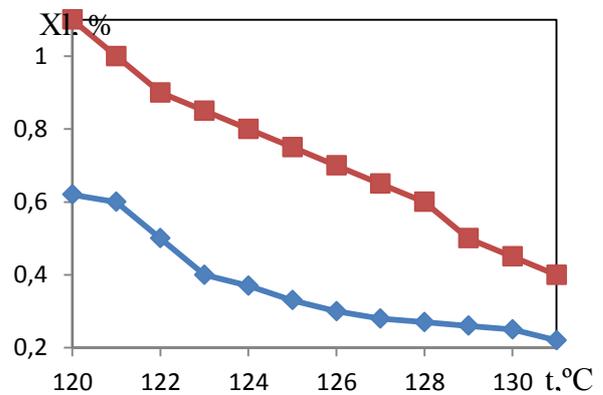


1- кизил чизик – мавжуд десорбер; 2- кўк чизик – такомиллаштирилган десорбер
9-расм. Регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг тикланиш коэффициентига таъсири

такомиллаштирилган десорберда эса регенерацияланган амин эритмасидаги карбонат ангидриднинг масса улуши $0,22 \div 0,62$ % га ўзгаради. Биринчи десорберда ҳароратининг ошиши билан эритманинг регенерацияси иккинчи (такомиллаштирилган) десорберга қараганда анча кам содир бўлади. Маълумки, амин эритмасининг чуқур регенерацияси табиий газни кислотали компонентлардан тозалаш жараёнида абсорбердаги абсорбентни карбонат ангидриди билан янада чуқурроқ тўйинтириш имконини буради.

Регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг тикланиш коэффициенти бўйича баҳоланган ва (9) формула бўйича ҳисобланган ўзаро таъсир самарадорлигига таъсирини ўрганиш натижалари 9-расмда келтирилган.

9-расмга қараб айтишимиз мумкинки, десорбер 1 да тикланиш коэффициенти 93,6% гача, десорбер-2 да эса 96,5% гача етади. Қурилмани такомиллаштириш тикланиш коэффицентининг деярли 3% га ошишига таъсир



1- кизил чизик – мавжуд десорбер; 2- кўк чизик – такомиллаштирилган десорбер
8-расм. Регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг карбонат ангидриднинг масса улушига таъсири билан баҳоланади.

$$\varphi = \frac{X_r - X_l}{X_r} \quad (9)$$

Регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг регенерация қилинган амин эритмасидаги карбонат ангидриднинг масса улушига таъсирини ўрганиш натижалари 8-расмда кўрсатилган.

Аниқланишича, мавжуд десорберда регенерацияланган амин эритмасидаги карбонат ангидриднинг масса улуши $0,4 \div 1,1$ % га,

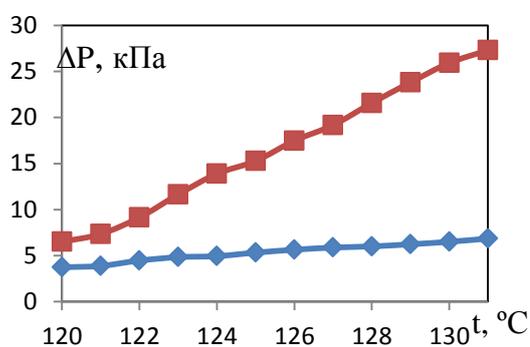
қилди. Маълумки, ишлаб чиқаришда тикланиш коэффициентининг 1% ўзгариши катта аҳамиятга эга. Бизнинг ҳолатларимизда колонна жуда самарали ишлайди.

Колоннанинг гидравлик қаршилигининг қиймати колоннанинг пастги ва юқорги қисмларидаги статик босимнинг фарқи билан аниқланади.

Ҳароратга қараб колоннадаги босимлар фарқининг экспериментал қийматлари натижалари 10-расмда кўрсатилган.

10-расмга асосланиб, колоннанинг босимлар фарқи ортиши аппаратнинг самарадорлигига таъсир қилади, деб айтиш мумкин. Регенерация қилинган амин эритмасининг ҳарорати кўтарилгач, кўпроқ CO_2 ва сув буғлари чиқади. Шунга кўра, газларнинг чиқиши қанчалик кўп бўлса, колоннанинг босимлар фарқи шунчалик кўп бўлади. Аниқланишича, регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг ошиши билан колоннанинг босимлар фарқи ортади.

Мавжуд десорберда босимлар фарқи $6,51 \div 27,3$ кПа, такомиллаштирилган десорберда эса $3,74 \div 6,86$ кПа га тенг. Маълумки, босимлар фарқи иссиқлик ва масса алмашилиш мосламаларида амин эритмасининг суғориш идишига тушишига кўпроқ таъсир қилади. Босимлар фарқининг 131°C ҳароратда $27,3$ кПага етиши амин эритмасининг суғориш идишига тушишига таъсир қилиши мумкин. Шунга кўра, бу аппаратнинг нормал ишлашига, шунингдек, абсорберда табиий газни тозалашнинг бутун жараёнига таъсир қилади. Шу сабабли, регенерация колоннасини тўйинган амин эритмаси тақсимланиш зонасини насадка ёрдамида такомиллаштирилди. Тажриба натижасида колоннадаги босимлар фарқи $6,86$ кПа эришилди. Колоннани такомиллаштирилгандан сўнг,



1- қизил чизик – мавжуд десорбер; 2- кўк чизик – такомиллаштирилган десорбер

10-расм. Регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг колоннадаги босимлар фарқига таъсири

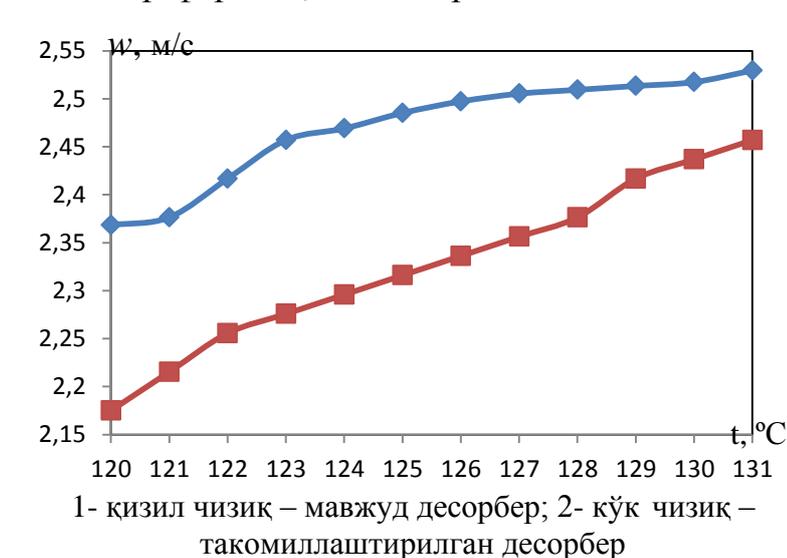


Рис.11. Регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг колоннадаги газ тезлигига таъсири

бараварга камайди.

(7) тенглама билан аниқланган колоннадаги газ тезлигига регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг таъсирини ўрганиш натижалари 11-расмда келтирилган.

Аниқланишича, десорбердаги амин эритмасини регенерация қилиш жараёнида ҳарорат ошиши билан газ ($\text{CO}_2 + \text{буғ}$)

чиқиши ортади ва (7) тенгламага кўра, колоннадаги газ оқими тезлигининг ошиши колоннадаги газ тезлигининг ошишига мос келади.

11-расмда келтирилган графикдан кўриниб турибдики, регенерация қилинган амин эритмаси ҳароратининг $120 \div 131^\circ\text{C}$ га ошиши билан колоннадаги газ тезлиги мавжуд десорбер учун $2,175023 \div 2,45967$ м/с гача ўзгарган, ва такомиллаштирилган десорбер учун $2,368358 \div 2,529471$ м/с гача ўзгарган. Шунингдек, графикдан шуни айтиш мумкинки, такомиллаштирилган десорберда ҳароратининг ошиши билан колоннанинг газ тезлиги чегаралари $1,088889 \div 1,029508$ марта ошди.

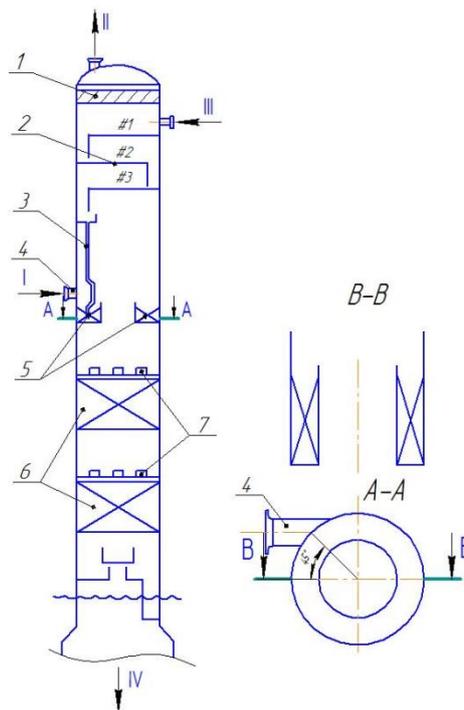
Экспериментал-статистик усул ёрдамида тажриба қурилмасида тўйинган амин эритмаси регенерацияси жараёнини моделлаштириш ва оптималлаштириш ишлари олиб борилди. Оптимал жараён қийматлари Симплекс усули ёрдамида топилди.

Тажриба натижалари шуни кўрсатдики, марказий минтақадаги қисман экстремумнинг тегишли координаталари $96,507$ қийматига эга. Шундай қилиб, амин эритмасининг регенерация жараёнида тикланиш коэффициентининг оптимал қиймати $96,5\%$ ни ташкил этиши аниқланди.

Диссертациянинг «Саноат шароитида CO_2 ни табиий газдан ажратиш жараёни натижаларини тадбиқ этиш» деб номланган тўртинчи бобда регенерация колоннасининг самарадорлигини ошириш, Расшиг насадкаси ёрдамида унинг конструкциясини такомиллаштириш бўйича тадқиқот натижаларини амалга ошириш жиҳатлари кўриб чиқилади ва саноат шароитида регенерация колоннасининг гидродинамик режимини такомиллаштириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилади.

Устюрт ГКК нинг газ ажратиш цехида метилдиэтанолламиннинг (МДЭА) тўйинган сувли эритмасининг регенерациясини ўрганиш ўтказилди. Тажрибалар саноат шароитида диаметри $\text{Ø}1100$ мм бўлган десорберда ўтказилди. Қурилмани модернизация қилиш учун тўйинган амин эритмасининг тақсимланиш зонасида контакт мосламаси сифатида насадкалар ишлатилган. Такومиллаштирилган қисмдаги насадкаларнинг баландлиги $0,4$ м.

Десорбер демистер 1, 3 дона ҳажмдаги клапанли тарелкалар 2, дренаж трубкаси 3, қурилма марказига нисбатан 45° бурчак остида тангенциал тарзда ўрнатилган, аминнинг тўйинган эритмасини қабул қилувчи камерага киритиш учун ишлатиладиган тармоқ



А-А, В-В – тўйинган эритмани тақсимлаш зонасининг юқоридан кўриниши ва ён томондан кесмалари. 1 - демистер; 2 – клапанли тарелкалар; 3 – дренаж трубкаси; 4 – тармоқ қувур; 5 и 6 Рашига насадкалари.

12-расм.

Такомиллаштирилгандан кейинги десорберини схемаси

кувур 4, тарелька шаклидан 0,4 м қатлам баландликдаги насадка билан такомиллаштирилган (12-расм) кирувчи тўйинган амин эритмасининг тарқалиш зонаси 5, шунингдек, 6 м³ ҳажмли 304 зангламайдиган пўлат материалдан икки қатламли RASCHIG SUPER-RING #2 насадкалари 6, иккита тақсимлаш тарелькалари ва колоннанинг пастки қисмида суяқ фазали дренаж 7 дан иборат.

12-расмдаги десорбернинг *A-A*, *B-B* кесимида технологик газни тозалаш жараёнида карбонат ангидридни ушлаш учун тавсия этилган такомиллаштирилган десорбер конструкцияси кўрсатилган.

Қурилманинг такомиллаштирилган конструкцияси N-метилдиэтанолламин эритмасидан карбонат ангидридни десорбциялаш жараёнида масса алмашилиш жараёнларининг юқори самарадорлигини таъминлайди. Шу билан бирга, карбонат ангидриднинг соф фракциясидаги ёнувчи компонентларнинг (асосан углеводородлар) миқдори ва гидравлик қаршилик мос равишда 0,1 % ҳажм ва 10 кПа дан ошмайди, десорберни такомиллаштирмасдан олдин бўлса 1 % ҳажм ва 30 кПа ортиқ эди.

4-жадвалда мавжуд ва тавсия этилган десорбцион колонналарнинг асосий параметрлари кўрсатилган.

4-жадвал

Мавжуд ва тавсия этилган десорбцион колонналарнинг асосий параметрлари

№	Кўрсаткични номи	Ўлчов бирлиги	Асосий аппарат	Тавсия этилган аппарат
1	Тўйинган амин эритмасида CO ₂ миқдори	Масса улш.%	6-7	6-7,5
2	Нордон газдаги CO ₂ миқдори	Моль.%	98,5	99,9
3	Тўйинган эритманинг сарфи	т/с	60-80	70-90
4	Эритманинг регенерация ҳарорати	°С	126-127	129,5-130,5
5	Тўйинган амин эритмасининг ҳарорати	°С	95-96	108-110
6	Тўйинган амин эритмасидаги CO ₂ миқдори	Масса улш.%	0,6-1,11	0,22-0,3
7	Десорбернинг юқори қисмидаги босим	кПа	138	130-132
8	Десорбернинг пастки қисмидаги босим	кПа	210	184-190
9	Демистердан билан 2-насадкали қатламнинг пастки қисми орасидаги босимлар фарқи	кПа	27-30	6,5-9

5-жадвалдан кўриниб турибдики, ишлаб чиқариш шароитида такомиллаштирилган десорбернинг синовлари абсорбердаги газ ва десорбердаги тўйинган амин учун турли хил сарфларда амалга оширилган. Олинган натижаларга кўра, тўйинган аминнинг десорберга киришдаги сарфи бўйича энг оптимал вариант 80 т/соат ни ташкил этади ва бу, ўз навбатида 0,745 м/с тезликга тенглиги кўрсатилган.

Табий газ, нордон газ, тўйинган ва регенерация қилинган амин эритмасидаги аралашмалар концентрациясини аниқлаш учун доимий аниқлаш усуллари – газ анализаторлари қўлланилди.

5-жадвал

Ишлаб чиқаришда синовдан ўтган такомиллаштирилган десорбернинг натижалари

Тажриба рақами	Абсорбердаги газ сарфи, т/с	Десорбердаги тўйинган амин сарфи, т/с	Десорберга киришдаги тўйинган амин ҳарорати °С	Регенерация қилинган эритманинг десорбердан чиқиш ҳарорати °С	Десорбернинг пастки қисмидаги босим, кПа	Абсорбернинг газ оқимидаги нордон газларининг улуши				Десорбернинг газ оқимидаги нордон газларининг улуши		Десорбердаги аминли эритмасидаги CO ₂ нинг масс улуш, %		Колоннадаги босимлар фарқи, кПа
						H ₂ S киришда, ҳаж.у.%	H ₂ S чиқишда, ҳаж.у.%	CO ₂ киришда, моль.%	CO ₂ чиқишда, ҳаж.у.%	H ₂ S чиқишда, ҳаж.у.%	CO ₂ чиқишда, моль.%	CO ₂ киришда	CO ₂ на чиқишда	
1	420	70	110	130,5	184	0,0022	< 0,0001	17,5	0,00032	0,000189	99,98	6,3	0,23	6,5
2	480	80	109	130	187	0,0025	< 0,0001	18,3	0,00068	0,000189	99,98	6,8	0,26	7,2
3	540	90	108	129,5	190	0,0028	< 0,0001	19,5	0,0009	0,000189	99,98	7,3	0,3	9

Тадқиқотлар тўйинган амин эритмасида 70-90 т/соат сарфларда ўтказилди. Тўйинган амин эритмасида CO₂ масса улуши 6-7,5 % оралигида бўлган. Саноат шароитида тадқиқотнинг бошқа дастлабки параметрлари ва натижалари 5-жадвалда келтирилган.

Таклиф этилаётган такомиллаштирилган десорберда синовдан ўтказилганда 5-жадвалда кўрсатилган натижаларга эришдик. Тўйинган амин эритмасини 70-90 т/соат сарфларда регенерациялаганда, кирувчи тўйинган амин эритмасининг тақсимланиш зонасида гидравлик қаршилик ошиши ва эритманинг кўпикланиши камайиши туфайли колоннадаги босимлар фарқи 6,5 ÷ 9 кПа камайди.

5-жадвалдан кўришиб турибдики, регенерация ҳарорати 129,5 ÷ 130,5 °С гача кўтарилди.

Устюрт ГKK ҚК «Uz-Kor Gas Chemical» МЧЖ газ ажратиш цехи таркибида муаллиф томонидан ишлаб чиқилган табиий газни водород сулфиди ва карбонат ангидриддан метилдиэтанолламин билан аминли тозалаш қурилмасининг такомиллаштирилган амин регенераторидан фойдаланишнинг йиллик иқтисодий самарадорлиги эксперт маълумотларга кўра 256,225 млн. сўмни ташкил қилди.

ХУЛОСА

1. Биринчи марта $20 \div 150$ °C ҳароратда МДЭА+Сув иккилик аралашмаларининг физик ва термофизик хусусиятларининг чегаравий қийматлари ҳисоблаш ва тажриба орқали аниқланди.

2. МДЭА нинг берилган масса улушларида соф МДЭА ва МДЭА эритмалари учун иккинчи тартибли полином ҳарорат моделини ҳисоблаш функцияси таклиф этилди. Модел тоза суюқликлар, иккилик тизимлар ва эритмаларнинг зичлигини аниқ кўрсатишга қодир.

3. Регенерация колоннасининг самарадорлигини ошириш учун тўйинган амин эритмасининг тақсимланиш зонасини конструктив ўзгартиришлар амалга оширилди.

4. Конструктив ўзгартиришлар ҳисобига десорбцион колонна такомиллаштирилди, бу амин эритмасини регенерация қилиш самарадорлигини 93,6 дан 96,5 % гача оширади. Насадкалар ҳисобига тўйинган амин эритмасининг тақсимланиш зонасида газ-суюқлик қатламининг шаклланишини камайтирди, колоннадаги босимлар фарқи 6,86 кПа гача пасайишига эришилди. Колоннани такомиллаштиригандан сўнг, 130-132°C да босимлар фарқи 4 бараварга қисқарди.

5. Насадка билан такомиллаштирилган десорберда регенерация жараёнининг оптимал параметрлари топилди: тўйинган амин эритмасининг оқим сарфи 0,22 кг/с, аппарат ичидаги газ тезлиги 2,51 м/с, жараён ҳарорати 129,25 °C, колоннадаги босимлар фарқи 6,46 кПа, регенерация қилинган эритмадаги карбонат ангидрид 0,27 масс.ул.%.

6. Такомиллаштирилган десорберда ҳароратнинг режим параметрларига таъсири ўрганилди, шу билан бирга СО₂нинг тикланиш коэффициенти 3% гача оширилди, 1 тонна маҳсулот учун умумий қувват олдинги десорберга нисбатан ўртача 4,5% га камайди.

7. Амалга оширилган ҳисоб-китобларга асосланган холда лаборатория аппаратидан саноат аппаратига кенг кўламли ўтиш амалга оширилди ва диаметри Ø1100 мм бўлган саноат ҳажмида такомиллаштирилган десорбернинг прототипи лойиҳалаштирилди, шунингдек таклиф этилаётган аппарат Устюрт ГКК ҚК “Uz-Kor Gas Chemical” МЧЖ да ишлаб чиқариш шароитида муваффақиятли синовдан ўтказилди.

8. Устюрт ГКК ҚК “Uz-Kor Gas Chemical” МЧЖ да ишлаб чиқилган регенерация аппаратини жорий этишдан кутилаётган йиллик иқтисодий самарадорлик 256,225 млн сўмни ташкил этади.

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

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ АКАДЕМИИ
НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

АУЕСБАЕВ АЛИШЕР УСНАТДИНОВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АБСОРБЦИОННО-ДЕСОРБЦИОННОЙ
КОЛОННЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ CO₂**

02.00.08 - «Химия и технология нефти и газа»

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

Ташкент - 2024

Тема диссертация доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В2023.3PhD/Т3809.

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии АН РУз.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу www.tkti.uz и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу www.ziynet.uz

Научный руководитель:

Хурмаматов Абдугаффор Мирзабдуллаевич
доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Икрамов Абдувахоб
доктор технических наук, профессор

Менглиев Шерзод Шоимович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

УзЛИТИНефтегаз АО

Защита диссертации состоится «5» 03 2024 г. в «11⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.03/30.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г.Ташкент, Шайхонтаурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-20; факс (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

Диссертация зарегистрирована в информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за 681, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г.Ташкент, Шайхонтаурский район, ул. А.Навои, 32. Тел: (99871) 244-79-21.

Автореферат диссертации разослан «3» 02.24 года
(реестр протокола рассылки № 269 от «3» 02.24 года)



С.М.Туробжонов
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней
д.т.н. академик

Кодиров Х.Н.
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученой степени,
д.т.н., профессор

Рахмонбердиев Г.Р.
Председатель Научного совета
по присуждению ученой степени,
д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Сегодня нефть и природный газ являются основными источниками энергии и топлива, а продукты, полученные на их основе, широко используются во всех отраслях промышленности. Одной из приоритетных задач является усовершенствование конструкции абсорбционно-десорбционного оборудования и создание система получения высококачественной продукции с экологическими показателями в соответствии с мировыми требованиями, с целью очистки природного газа от агрессивных компонентов углекислым газом и сероводородом, разработки технологий глубокой переработки, восстановления первоначальной активности амины при регенерации рабочих растворов абсорбентов.

В мировой промышленной практике для очистки природного газа используются адсорбционные, абсорбционные и комбинированные методы, проводятся научные исследования по созданию энергоэффективных технологий. В связи с этим особое внимание уделяется внедрению процессов очистки природного газа на высокопроизводительном технологическом оборудовании, расчету массообменных аппаратов и разработке высокопроизводительных контактных элементов, замене и испытанию существующих на плодородных и эффективных образцах.

В нефтегазовой отрасли республики проводятся исследования, направленные на повышение качества, модернизацию и разнообразие производства. В стратегии действий Республики Узбекистан по дальнейшему развитию обозначены такие важные задачи, как «дальнейшей усовершенствовании и диверсификации отраслей путем перевода их на качественно новый уровень, нацеленный на быстрое развитие высокотехнологичных перерабатывающих производств, в первую очередь по производству высококачественной готовой продукции на основе глубокой переработки местного сырья в материальные ресурсы»¹. В связи с этим важно установить эффективные контактные элементы в массообменных аппаратах, что позволяет повысить качество продукции, снизить энергопотребление, а также создать технологию так называемой адсорбционной и абсорбционной очистки природного газа.

Представленная диссертационная работа в определенной мере способствует выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О новой стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы», № ПП-4029 от 24 ноября 2018 года «О первых мерах государственной поддержки акционерного общества «Узбекнефтегаз», № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности», № ПП-4302 от 1 мая 2019 года «О мерах по дальнейшему развитию промышленной кооперации и расширению производства востребованной продукции», ПК-388 от 10 октября 2022 года «Об утверждении Целевой программы стратегического развития химической и газохимической промышленности» и ПП-307 от 6 июля 2022 года «Стратегия

инновационного развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы» и выполнение указов и постановлений и задач, определенных в других нормативно-правовых хозяйствах, относящихся к данной деятельности.

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

Степень изученности проблемы. W. Baker, K. Lokhandwala, U. Desideri, R. Corbelli, M.M. Abu-Khader, В.В. Кафаров, А.Г. Касаткин, Н.И. Гельперин, А.Н. Плановский, Н.М. Жаворонков, Марушкин Б.К., Александров И.А., В.М. Рамм, Л.В. Алекперова, Ю.В. Аксельрод, В.В. Дильман, А.В. Тимофеев, В.С. Леонтьев, А.М. Каган, Л.А. Юдина, З. Салимов, О.Ю. Исмаилов, А.А. Худайбердиев, М.М. Сайидмуродов, А.М. Хурмамаатов и другие провели научные исследования по расчету массообменных аппаратов и разработке высокоэффективных контактных элементов.

Ими были разработаны эмпирические уравнения, описывающие зависимость интенсификации процессов от различных параметров, при выявлении проблемы интенсификации массообменных процессов были созданы конструкции насадок для массообменных процессов, способствующих эффективному массопередаче в газожидкостных системах, абсорбционно-десорбционных аппаратах и описаны устройства, внедрены технологии очистки природного газа от кислых компонентов.

В то же время ведутся научные работы по разработке эффективных методов процессов очистки природного газа от CO_2 , усовершенствованию абсорбционных и десорбционных устройств, улучшению конфигурации конструктивных элементов устройств с эффективным, низким гидравлическим сопротивлением и металлоемкостью.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Тема диссертационной работы была выполнена в рамках плана по хоздоговору Института общей и неорганической химии АН РУз №17-20 на тему «Разработка и внедрение новой технологии получения бензина из пиролизного дистиллята» (2017-2018).

Целью исследования является повышение эффективности процесса очистки природного газа от CO_2 и усовершенствования десорбционных аппаратов, используемых для регенерации насыщенных растворов аминов.

Задачи исследования:

изучение физико-химических и теплофизических свойств раствора амина;
разработка нового десорбера с конструктивной модификацией и анализ влияния его параметров на степень отделения диоксида углерода от природного газа;

определение влияния плотности, вязкости, теплофизических свойств, соотношения раствора амина и др. на процесс разделения природного газа от CO_2 ;

исследование гидродинамических параметров процесса регенерации насыщенного раствора;

оптимизация процесса регенерации насыщенного раствора;

расчет основных величин промышленного регенерационного аппарата;

проведение производственных тестов усовершенствованного десорбера с использованием насадок для удаления CO_2 из природного газа и оценка технико-экономических показателей внедрения результатов исследования.

Объектом исследования являются насыщенный и регенерационный раствор амина, процессы регенерации в десорбере и выделение CO_2 .

Предметом исследования являются существующий десорбер и усовершенствованный десорбер (регенератор амина), снабженный с дополнительными конструктивными элементами (насадки Рашига)

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы методы математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов, экстремального планирования экспериментов, статистические методы обработки экспериментальных данных, апробированные и общепринятые методики проведения опытов, с использованием точных методов измерения и современных контрольно-измерительных приборов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Впервые расчётно-экспериментальным путем были определены физические и теплофизические свойства N-метилдиэтанолamina и их смесей при температурах $20 \div 150^\circ\text{C}$;

осуществлен конструктивное изменение регенерационной колонны в зоне распределения насыщенного раствора амина и была доказана эффективность разделения природного газа от CO_2 до 96,5%;

обоснован новый центробежный способ подачи насыщенного раствора амина с оптимальной скоростью потока 0,745 м/с в зону распределения раствора амина;

выявлен максимальный эффект снижения перепада давления в регенерационной колонне (до 4 раза), образовавшейся за счёт газожидкостного слоя при температурах $130\text{-}132^\circ\text{C}$;

доказана функция вычисления полиномиальной модели температуры второго порядка, которая способна точно отображать плотность чистых жидкостей и растворов;

выявлены оптимальные параметры процесса регенерации в усовершенствованном десорбере с насадками: расход насыщенного раствора амина 0,22 кг/с, скорость газа внутри аппарата 2,51 м/с, температура процесса $129,25^\circ\text{C}$, перепад давления в колонне 6,46 кПа, содержание диоксида углерода в регенерированном растворе 0,27 масс.%;

на основе эффективного метода очистки природного газа от CO_2 было усовершенствовано десорбционное устройство для регенерации насыщенных растворов аминов.

Практические результаты исследования:

в регенерационной колонне были определены рациональный и гидродинамический режимы насыщенного раствора амина, а также разработаны оптимальные параметры регулирования температурного режима;

разработано техническое решение для повышения эффективности регенерационной колонны путем улучшения зоны распределения насыщенного раствора амина с помощью насадки Рашига;

определены оптимальные режимы работы параметров регенерационной колонны.

Достоверность результатов исследований объясняется современными физико-химическими методами, логическим соответствием существующей и актуальной фундаментальной теории результатов экспериментов на лабораторном стенде, положительными результатами, полученными на предприятиях-производителях и испытаниями в соответствии с требованиями ГОСТ, результаты экспериментов, проведенные на основе строительных норм и правил, расчетами, выполненными с использованием компьютерного программного обеспечения.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость выполненного исследования состоит в получении подробные данные о воздействии различных технологических и конструктивных параметров на эффективность процесса регенерации насыщенного раствора амина, разработке методики для оценки эффективности процесса регенерации в улучшенном десорбере с насадкой, позволяющая обоснованно подбирать параметры массообменного аппарата, разработке высокоэффективного массообменного аппарата для регенерации насыщенного раствора амина, и выявлении оптимальные режимные параметры в процессе регенерации.

Практическая значимость данной диссертации заключается в разработке улучшенного десорбера с насадкой, который способствует снижению гидравлического сопротивления в аппарате в 4 раза. Результаты экспериментальных исследований, представленные в графическом и табличном виде, а также полученные расчеты и уравнения, служат инженерам, научным исследователям и проектировщикам в различных отраслях промышленности при разработке и проектировании технологических установок для очистки газов.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных при разработке десорбционных устройств, используемых для повышения эффективности процесса очистки природного газа от CO_2 и регенерации насыщенных растворов аминов:

регенератор, разработанный путем усовершенствования десорбера, используемого в процессе очистки технологического газа от диоксида углерода, внедрен в производственную практику на Устюртском ГХК СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical» (справка СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical» № 01-4/24-43 от 10 февраля 2023 г.). Результатом стало увеличение гидравлического сопротивления при использовании насадки в зоне распределения насыщенного

амин, что позволило повысить эффективность регенерации насыщенного раствора амина за счет уменьшения пенообразования;

усовершенствованная технология подготовки природного газа внедрена в производственную практику на Устюртском ГХК СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical» (справка СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical» № 01-4/24-43 от 10 февраля 2023 г.). В результате это позволило повысить экономическую эффективность предприятия за счет очистки природного газа от CO₂.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты данного исследования были обсуждены в 5 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основное содержание диссертации отражено в 16 опубликованных работах, из них 7 статей, в том числе 3 зарубежных две из которых входят в базу Web of science и Scopus и 4 республиканских журнала, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, состоящей из 166 наименований, и приложения. Диссертационная работа изложена на 115 страницах машинописного текста, включает 34 рисунков и 10 таблиц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации описывается актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, объекты и предметы исследования, приведены методы исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследований, раскрыта их научная и практическая значимость, определены условия проведения опытно-промышленных испытания и приведены их внедрение.

В первой главе диссертации **«Современное состояние теории и практики процесса абсорбции и десорбции»** проанализированы приведенные в научно-технической литературе основы теории и практики очистки газа от кислых компонентов в нефтегазопереработке, влияния технологических параметров на эффективность абсорбции и десорбции, аналитические зависимости для определения основных показателей свойств раствора амина и его смесей, особенности аппаратного оформления процесса абсорбции-десорбции и способы его осуществления. По результатам критического анализа литературных данных сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Изучение физико-химических и теплофизических свойств исследуемого абсорбента»** представлены методы определения и измерения физических и теплофизических свойств метилдиэтанолamina и их смесей, а также приведены методы определения регрессионных параметров бинарных смесей МДЭА+вода. На рис. 1 представлены результаты определения плотности абсорбента и их смесей, функция вычисления полиномиальной модели температуры второго порядка, а

в табл. 1 представлены регрессионные параметры бинарных смесей МДЭА+вода.

Для моделирования плотности смеси МДЭА+вода использовалась полиномиальная модель температуры второго порядка (уравнение 1).

$$\rho_i = a + bT(^{\circ}\text{C}) + cT^2(^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

Таблица 1.

Регрессионные параметры бинарной смеси МДЭА+вода в разных массовых соотношениях при температуре от 0 до 140^oC

Состав раствора МДЭА/вода		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Источник
30/70		-0,00030325	-0,00058168	1,02864118	В этой работе
40/60	-0,0003	- 0,001	1,0358	В этой работе	
50/50	-0,000279	- 0,001875	1,039273	В этой работе	

Из рис. 1 видно, что в заданных температурных диапазонах плотность смеси 30%МДЭА/70%вода уменьшается в 1,098 раза, плотность смесей 40%МДЭА/60%вода в 1,11 раза, а 50%МДЭА/50%вода в 1,115 раза. Плотность $\rho_{см}$ смеси МДЭА+вода в зависимости от доли составляющих ее компонентов была рассчитана как $1,0245 \div 0,9325$ г/см³ для смеси 30%МДЭА/70%вода, $1,033 \div 0,93325$ г/см³ для 40%МДЭА/60%вода и $1,035 \div 0,9285$ г/см³ для смеси 50%МДЭА/50%вода.

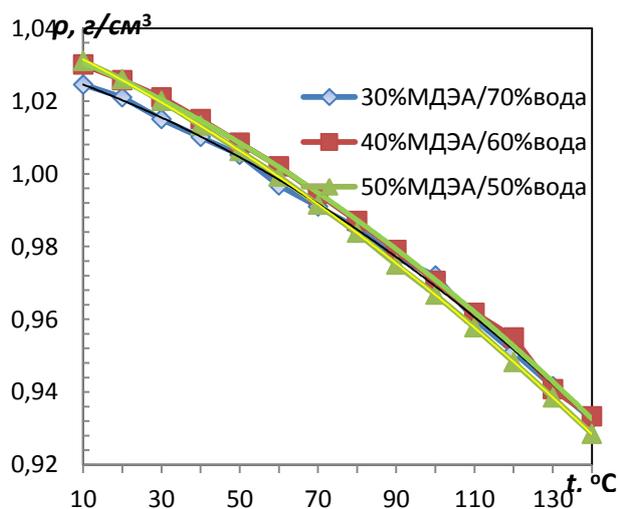


Рис.1. График плотностей в зависимости от температуры при массовых соотношениях МДЭА+вода 30/70, 40/60 50/50.

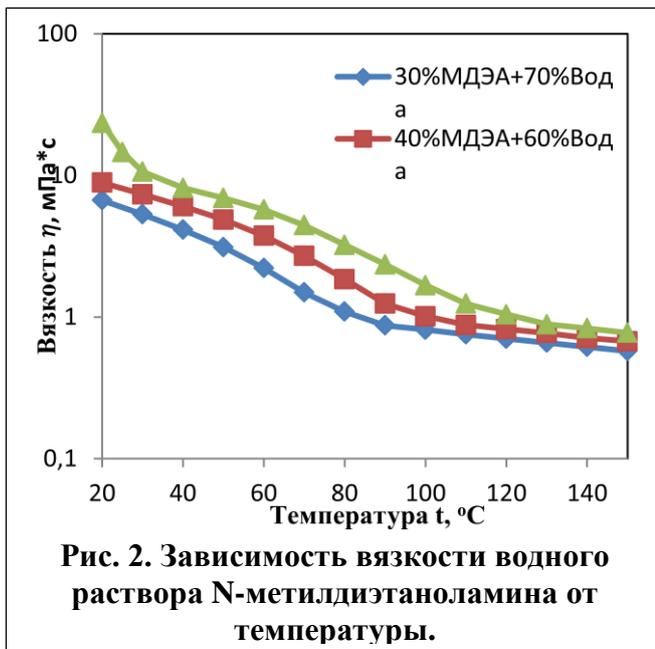
Из рис. 1 видно, что во всех системах МДЭА+вода график плотности смеси снижалась полиномиально (точнее параболический) с повышением температуры при любых заданных массово процентных соотношениях амина. Поэтому, согласно экспериментальным данным, использовалась математическая модель для определения плотности данного типа смеси (МДЭА+вода) в разных массовых соотношениях с помощью уравнения (1).

Результаты определения вязкости абсорбента и их смесей представлены на графике (рис. 2).

Установлено, что с повышением температуры динамическая вязкость смеси 30%МДЭА/70%вода снижается от 6,6803 до 0,5765 Па·с, смеси 40%МДЭА/60%вода снижается от 8,9024 до 0,6764 Па·с, а смеси 50%МДЭА/50%вода снижается от 23,4694 до 0,7761 Па·с.

Для расчёта теплоёмкости смеси МДЭА+вода использовалось следующее уравнение (2).

$$C_p = a_1 + a_2t - a_3C + a_4Ct, \quad (2)$$



где, t – температура, °C; C – концентрация амина, % масс.; a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты. Значения a_1, a_2, a_3, a_4 представлены в табл. 2.

Таблица 2. Значения коэффициентов a_1, a_2, a_3, a_4 в уравнении (2) для МДЭА

Физические свойства	a_1	$a_2 \cdot 10^3$	$a_3 \cdot 10^3$	$a_4 \cdot 10^4$
C_p	4,103	1,05	15,5	1,26

Таблица 3. Результаты расчета по определению теплоёмкости смеси МДЭА и воды в зависимости от концентрации при температурах от 20 до 150°C.

Температура, °C	Теплоёмкость смеси 30%МДЭА/70%вода, кДж/кг·K	Теплоёмкость смеси 40%МДЭА/60%вода, кДж/кг·K	Теплоёмкость смеси 50%МДЭА/50%вода, кДж/кг·K
20	4,1201	4,11881	4,11751
30	4,13098	4,12981	4,12864
40	4,14186	4,14082	4,13977
50	4,15274	4,15182	4,1509
60	4,16362	4,16282	4,16203
70	4,1745	4,17383	4,17316
80	4,18537	4,18483	4,18429
90	4,19625	4,19584	4,19542
100	4,20713	4,20684	4,20655
110	4,21801	4,21784	4,21768
120	4,22889	4,22885	4,22881
130	4,23976	4,23985	4,23994
140	4,25064	4,25086	4,25107
150	4,26152	4,26186	4,2622

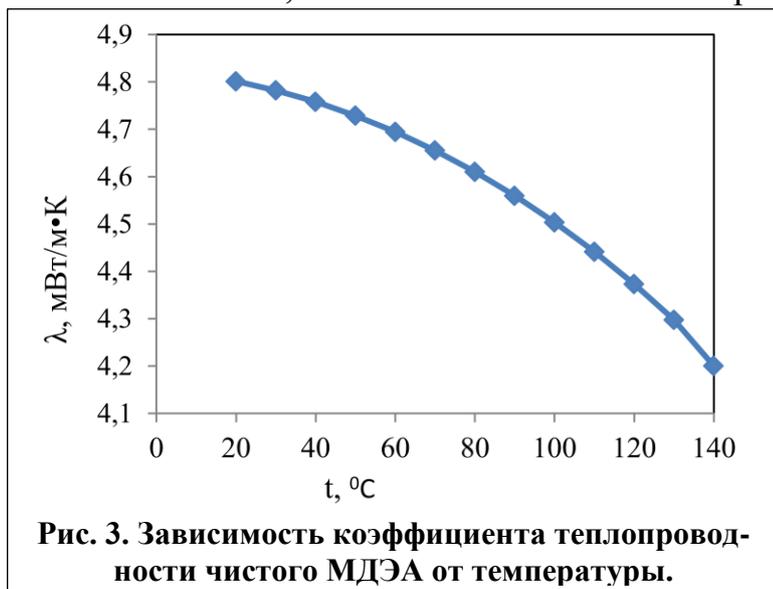
Установлено, что повышение температуры от 20 до 150°C приводит к линейному росту значения теплоемкости для смеси 0,3МДЭА+0,7вода от 4,120106 до 4,26152 кДж/(кг·K), для смеси 0,4МДЭА+0,6вода от 4,118808 до 4,26186 кДж/(кг·K) и для смеси 0,5МДЭА+0,5вода от 4,11751 до 4,2622 кДж/(кг·K). Предельные значения теплоемкости смесей в зависимости от роста доли амина в их составе составляет: 4,120106÷4,11751 кДж/(кг·K) - при 20°C и 4,26152÷4,2622 кДж/(кг·K) – при 150°C соответственно.

Результаты расчетов значений коэффициента теплопроводности чистого амина (МДЭА) при температурах 20÷140°C приведены на рис. 3.

Из рис. 3. видно, что с повышением температуры от 20 до 140°C, значения коэффициента теплопроводности амина снижаются полиномиально (параболический). Предел такого снижения коэффициента теплопроводности исследуемой жидкости составляет от 4,82 до 4,2 мВт/м·K.

Результаты расчета значений коэффициента теплопроводности бинарных смесей при температурах 20÷140°C приведены на рис. 4.

Установлено, что с повышением температуры от 20 до 140°C, значения



коэффициента теплопроводности бинарных смесей 0,3МДЭА+0,7вода, 0,4МДЭА+0,6вода и 0,5МДЭА+0,5вода увеличиваются параболически. Предел такого повышения коэффициента теплопроводности (Вт/м·К) исследуемых смесей составляет, соответственно для 0,3МДЭА+0,7вода от 0,40324 до 0,48076, для

0,4МДЭА+0,6вода от 0,34633 до 0,41268, а для 0,5МДЭА+0,5вода от 0,28941 до 0,3446.

Необходимо отметить, что при одинаковой температуре значение коэффициента теплопроводности бинарных смесей зависит от содержания воды. Смесей с большим содержанием воды имеют высокие значения коэффициента теплопроводности.

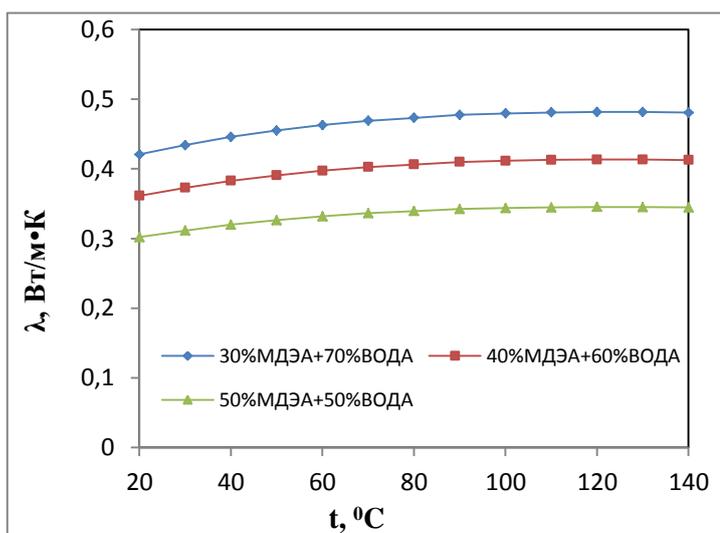


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопроводности бинарных смесей МДЭА от температуры.

В третьей главе диссертации «Усовершенствование абсорбционно-десорбционной колонны и исследование гидродинамических

процессов десорбции» представлена созданная экспериментальная установка, в которой протекает процесс десорбции насыщенного раствора амина. Изучены проблемы усовершенствования десорбционной установки и зависимость процессов регенерации от различных режимно-конструктивных (рис. 5).

Экспериментальная установка в основном состоит из регенерационной колонны, конденсатора, оросительной емкости, ребойлера, двух насосов постоянного расхода, двух резервуаров с раствором насыщенного и регенерированного амина, подогревателя, расходомера газа и индикаторов температуры и давлений.

В качестве экспериментальной регенерационной установки был выбран массообменный аппарат десорбер-1 (существующий аппарат, который приведен на рис. 6а) и десорбер-2 (усовершенствованный аппарат, который приведен на рис. 6б), применяемый для очистки природного газа в нефтегазохимических предприятиях.

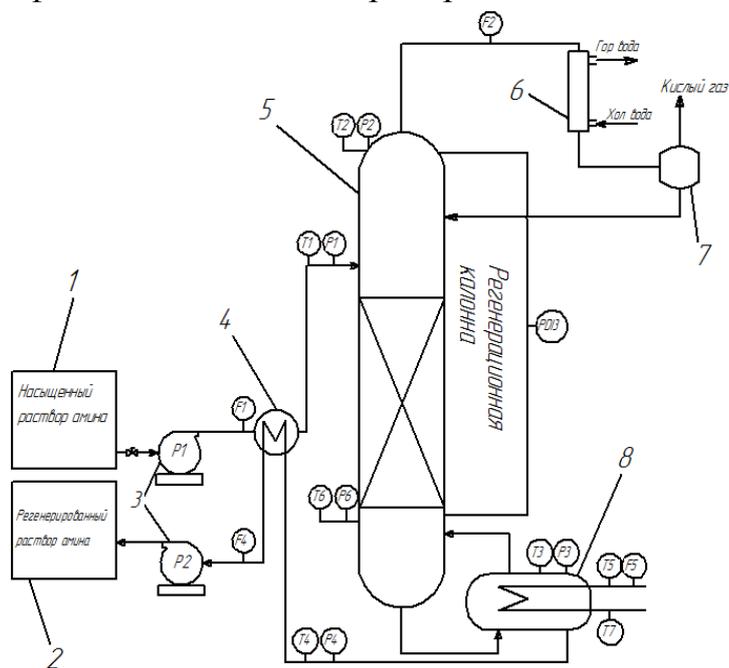


Рис.5. Принципиальная схема экспериментальной лабораторной установки для регенерации амина.

1-бак насыщенного раствора амина; 2-бак регенерированного раствора амина; 3-насосы; 4-теплообменник; 5-регенерационная колонна; 6-холодильник; 7-сепаратор; 8-ребойлер;

$l_2 = 0,03$ м, $l_3 = 0,16$ м, $l_4 = 0,12$ м, $l_5 = 0,075$ м, $l_6 = 0,29$ м, $l_7 = 0,34$ м, $l_8 = 0,07$ м, $l_9 = 0,062$ м, $l_{10} = 0,08$ м, $l_{11} = 0,21$ м, $l_{12} = 0,12$ м, $l_{13} = 0,61$ м, $l_{14} = 0,14$ м, $l_{15} = 0,61$ м, $l_{16} = 0,21$ м, $l_{17} = 0,2$ м, $l_{18} = 0,06$ м, $l_{19} = 0,14$ м, $l_{20} = 0,12$ м, $l_{21} = 0,66$ м, $l_{22} = 0,18$ м.

Регенерационная колонна изготовлена из металла, набитой кольцевой случайной насадкой Рашига из нержавеющей стали 316L диаметром 50×50 мм. Насадка Рашига изготовлена из металлической сетки одинакового диаметра и высоты, и в основном используется для лабораторных и малообъемных процессов разделения продуктов высокой чистоты. Ребойлер представляет собой металлический теплообменник, который подогревается водяным паром. Два насоса подачи растворителя для циркуляции раствора амина. Датчики были установлены в разных местах для измерения температуры и давления на входе и выходе раствора амина.

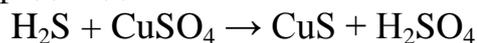
При проведении эксперимента были определены концентрации CO_2 в насыщенном и регенерированном растворе МДЭА с помощью газоанализатора Orsat. Общий вид прибора Orsat с усовершенствованием Фишера показан на рис. 7.

Метод измерения концентрации CO_2 основан на взаимодействии раствора амина, содержащего углекислый газ и сероводород с раствором сернокислой

Размеры экспериментальной установки определены исходя из принципов геометрического подобия по отношению к размерам промышленной регенерационной колонны в масштабе 1:10 и физического подобия (с тем же масштабированием) расходов газа, жидкости и начальных условий.

В результате расчетов выявлены следующие геометрические размеры экспериментальной установки:

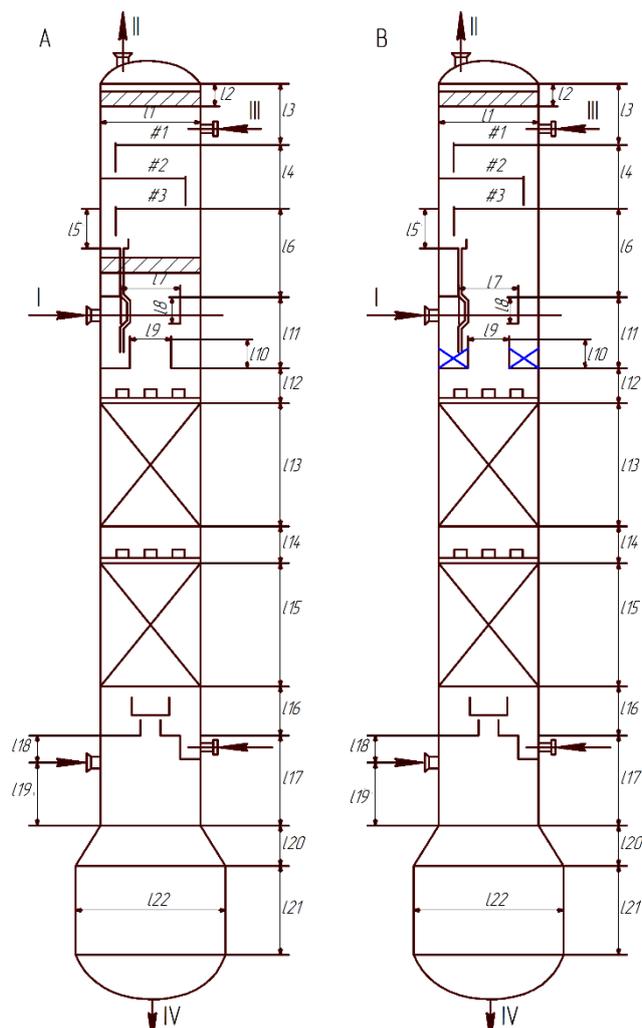
меди в кислой среде. При этом углекислый газ выделяется в газовую фазу, а сероводород переходит в нерастворимый сульфид меди:



Массовая доля CO_2 в растворе амина $X_2\%$, рассчитывается по формуле:

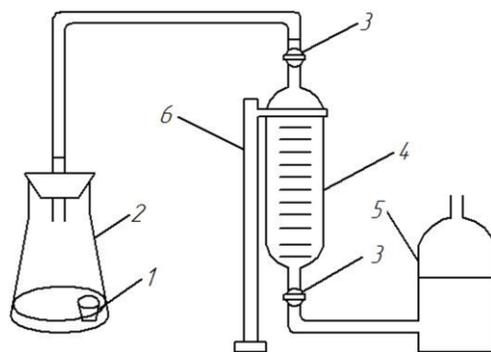
$$X_2 = \frac{V_{\text{CO}_2} * M_{\text{CO}_2} * 100}{22400 * V_{\text{PA}} * P_{\text{PA}}} \quad (3),$$

где, V_{CO_2} – объём углекислого газа,



А – десорбер-1 (существующий аппарат), В - десорбер-2 (усовершенствованный аппарат).

Рис.6. Основные размеры регенерационной колонны в зависимости от внутреннего диаметра.



1-Стакан для навески амина; 2-Реакционная колба; 3-Двухходовой кран; 4-Газовая пипетка; 5-Уравнительный сосуд; 6-Штатив;

Рис.7. Газоанализатор Orsat.

выделенного в газовую фазу, см^3
 M_{CO_2} – масса одного моля углекислого газа, равная 44 г; P_{PA} – плотность раствора амина $\text{г}/\text{см}^3$; 100-коэффициент пересчета долей единицы в процентную концентрацию по массе.

Расхода пара в

регенерационной колонне:

$$G_{\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}} = G_{\text{CO}_2} + G_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4),$$

где, G_{CO_2} - расход выделившегося углекислого газа, $\text{кг}/\text{с}$; $G_{\text{H}_2\text{O}}$ – расход флегмы на орошение колонну $\text{кг}/\text{с}$.

Производительность по газу ($\text{CO}_2 + \text{пар}$), или F – фактор скорости газа, $(\text{м}/\text{с}) \cdot (\text{кг}/\text{м}^3)^{-0,5}$, определялась по уравнению

$$F = w\rho^{-0,5} \quad (5),$$

где, w - средняя скорость газа ($\text{CO}_2 + \text{пар}$), рассчитанная на свободное сечение колонны, $\text{м}/\text{с}$; ρ – плотность газа ($\text{CO}_2 + \text{пар}$), $\text{кг}/\text{м}^3$.

Плотность газа ($\text{CO}_2 + \text{пар}$) в колонне ρ в условиях P и T , $\text{кг}/\text{м}^3$, определялась по уравнению

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 P}{T_0 + t P_0} \quad (6),$$

где: ρ_0 – плотность при н.у.; T_0 – температура при н.у.; P_0 – давление при н.у.

Средняя скорость газа (CO_2 + пар) в колонне w , м/с, определялась по уравнению:

$$w = \frac{4G_{\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}}}{\rho \pi d_{\text{вн}}^2} \quad (7),$$

где, $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр аппарата, м

Плотность орошения q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$, рассчитывалась по формуле:

$$q = \frac{4Q}{\pi d_{\text{вн}}^2} \quad (8),$$

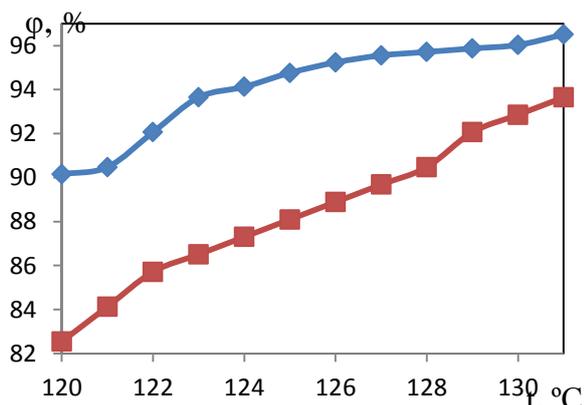
где, Q – объемный расход насыщенного раствора амина, $\text{м}^3/\text{с}$;

Величина гидравлического сопротивления колонны определялась по разности статического давления под и над ней.

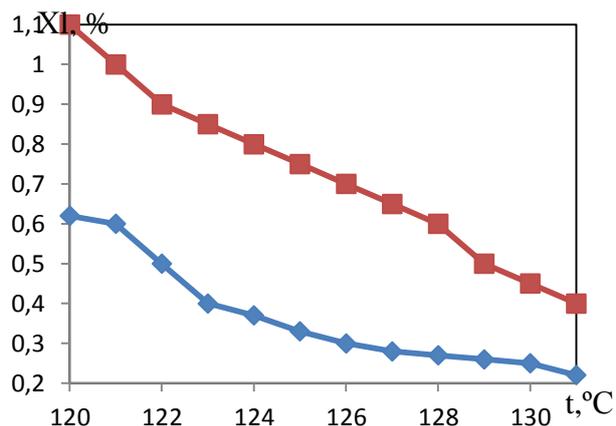
Эффективность взаимодействия фаз оценивалась по коэффициенту извлечения:

$$\varphi = \frac{X_r - X_l}{X_r} \quad (9)$$

Результаты изучения влияния температуры регенерированного раствора амина на массовое содержание углекислого газа в регенерированном растворе амина приведены на рис. 8.



Красная линия – существующий десорбер; синяя линия – усовершенствованный десорбер
Рис.9. Влияние температуры регенерированного раствора амина на коэффициент извлечения углекислого газа в регенерированном растворе амина



Красная линия – существующий десорбер; синяя линия – усовершенствованный десорбер

Рис.8. Влияние температуры регенерированного раствора амина на массовое содержание углекислого газа в регенерированном растворе амина

Установлено, что в существующем десорбере массовое содержание углекислого газа в регенерированном растворе амина изменяется $0,4 \div 1,1$ масс. %, а усовершенствованном десорбере массовое содержание углекислого газа в регенерированном растворе амина изменяется $0,22 \div 0,62$ масс. %. В первом десорбере с повышением температуры регенерации раствора происходит значительно меньше, чем во втором (усовершенствованном) десорбере. Как мы знаем, глубокое регенерация раствора амина даёт возможность ещё глубокое насыщение диоксида углерода в абсорбере в

процессе очистки природного газа от кислых компонентов.

Результаты изучения влияния температуры регенерированного раствора амина на эффективность взаимодействия фаз, которая оценивалась по коэффициенту извлечения и рассчитывалась по формуле (9) приведены на рис. 8.

Из анализа рис. 9. видно, что в десорбере-1 коэффициент извлечения достигает 93,6%, а в десорбере-2 коэффициент извлечения достигает 96,5%. Усовершенствование аппарата повлияло увеличить коэффициент извлечения почти на 3%. Как мы знаем, что изменение коэффициента извлечения на 1% имеет большое значение в производствах. В нашем случае колонна работает очень эффективно.

Результаты экспериментальных значений перепада давления колонны в зависимости от температуры приведены на рис. 10.

Исходя из рис.10. можно сказать, что повышение перепада давления колонны влияет на эффективность работы аппарата. С повышением температуры регенерированного раствора амина выделяется больше CO_2 и пары раствора. Соответственно, чем больше выделение газы, тем больше перепад давления в колонне. Установлено, что с повышением температуры регенерированного раствора амина увеличивается перепад давления в колонне. В существующем десорбере перепад давления составляет $6,51 \div 27,3$ кПа, а усовершенствованном десорбере составляет $3,74 \div 6,86$. Известно, что перепад давления больше влияет на брызгунов в тепло- и массообменных аппаратах. Достижение перепада давления до значения 27,3 кПа при температуре 131°C может влиять на унос раствора амина на оросительную ёмкость. Соответственно, это повлияет на нормальную работу аппарата, а также на весь процесс очистки природного газа в абсорбере. Поэтому регенерационная колонна усовершенствовалась в участке, в зоне распределения насыщенного раствора амина с помощью насадки. В результате эксперимента достигнуто понижение перепада давления в колонне до 6,86 кПа. Усовершенствование колонны приводит к уменьшению перепада давления до 4 раз при 131°C .

Результаты изучения влияния температуры регенерированного раствора амина на приведенную скорость газа в колонне, которая определялась по уравнению (7), приведены на рис. 11.

Установлено, что при регенерации раствора амина в десорбере с повышением температуры выделение газа (CO_2 +пар) увеличится и по уравнению (7) повышение расхода газа в колонне соответствует повышению приведенной скорости газа в колонне. Из представленного на рис. 11 графика

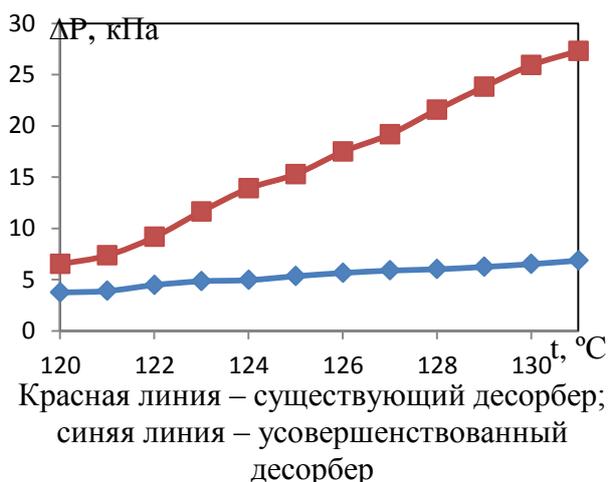


Рис.10. Влияние температуры регенерированного раствора амина на величину перепада давления колонны

видно, что с повышением температуры регенерированного раствора амина в пределах $120 \div 131^\circ\text{C}$ приведенная скорость газа в колонне изменилась в пределах $2,175023 \div 2,45967$ м/с для существующего десорбера, а $2,368358 \div 2,529471$ м/с для усовершенствованного десорбера. Также из графика можно сказать, что в усовершенствованном десорбере с повышением температуры пределы приведенной скорости газа колонны увеличились в $1,088889 \div 1,029508$ раза.

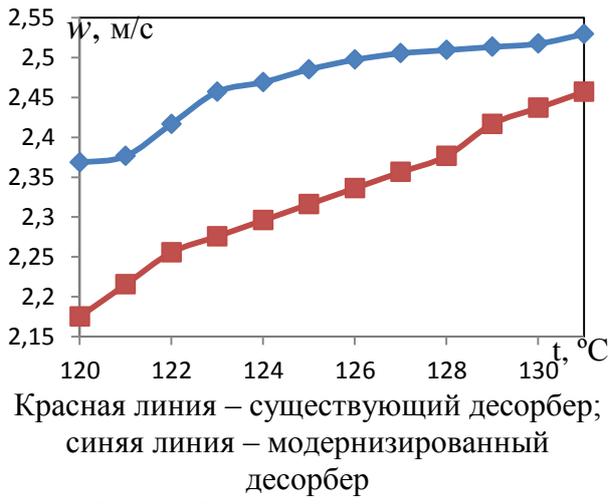


Рис.11. Влияние температуры регенерированного раствора амина на приведенную скорости газа в колонне

Оптимизация процесса регенерации насыщенного раствора амина в опытной установке проводилась экспериментально-статистическим методом.

Оптимальные значения процесса найдены с использованием метода Симплекса.

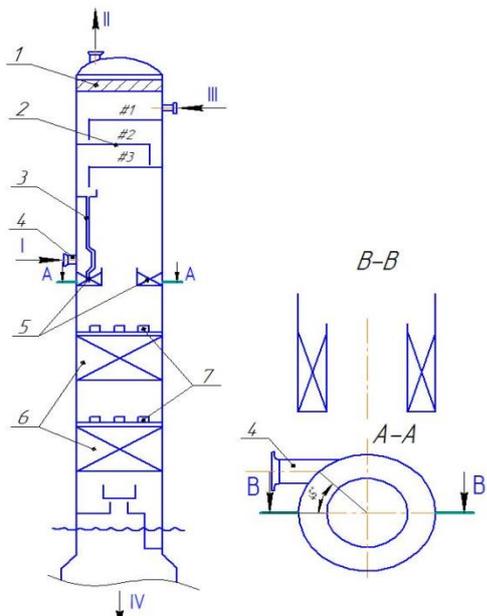


Рис.12. Схема после модернизации десорбера

А-А, Б-Б — вид сверху и боковой поперечных разрезов зоны распределения насыщенного раствора. 1 — демистер; 2 — клапанные тарелки; 3 — водосточная труба; 4 — патрубка; 5 и 6 — насадка Рашига.

Результаты эксперимента показывают, что соответствующие координаты частного экстремума в области центра имеет значение 96,507. Таким образом, было установлено, что оптимальное значение коэффициента извлечения диоксида углерода в процессе регенерации раствора амина составляет 96,5 %.

В четвертой главе диссертации «Реализация результатов процесса разделения CO_2 от природного газа в промышленных условиях» рассматриваются аспекты реализации результатов исследования по повышению эффективности регенерационной колонны, усовершенствованию ее конструкции с помощью насадки Рашига и разработке рекомендаций по улучшению гидродинамического режима регенерации в колонне в промышленных условиях.

Исследование регенерации насыщенного водного раствора метилдиэтанолamina (МДЭА) проводилось на цехе разделения газа Устьюртского ГХК. Эксперименты производились в промышленных условиях на десорбере диаметром $\text{Ø}1100$ мм. Для усовершенствования аппарата в качестве контактного устройства использованы

насадки в зоне распределения насыщенного раствора. Высота насадки, в усовершенствованном участке составляла 0,4 м.

Десорбер (рис. 12) состоит из демистера 1, снабженного клапанными тарелками 2 в количестве 3 шт., водосточной трубы 3, патрубка 4, тангенциально установленный под углом – 45° относительно к центру аппарата и служащего для ввода в приемную камеру насыщенного раствора амина, зоны распределения поступающего насыщенного раствора 5, которая усовершенствована с тарельчатого на насадочную высотой 0,4 м, а также двумя слоями насадки 6 марки RASCHIG SUPER-RING #2, мат-л: 304 нержавеющей сталь, объём 6 м³., двумя распределительными тарелками и сливного устройства жидкой фазы в нижней части колонны 7.

На разрезе десорбера *A-A*, *B-B* (рис. 12) изображена рекомендуемая усовершенствованная конструкция десорбера для улавливания диоксида углерода при очистке технологического газа.

Таблица 4.

Основные параметры существующей и рекомендуемой десорбционной колонны

№	Показатели	Единица измерения	Основной аппарат	Рекомендуемый аппарат
1	Содержание CO ₂ в насыщенном растворе амина	Масс.%	6-7	6-7,5
2	Содержание CO ₂ в кислом газе	Моль.%	98,5	99,9
3	Расход насыщенного раствора	т/ч	60-80	70-90
4	Температура регенерации раствора	°С	126-127	129,5-130,5
5	Температура насыщенного раствора амина	°С	95-96	108-110
6	Содержание CO ₂ в регенерированном растворе амина	Масс.%	0,6-1,11	0,22-0,3
7	Давление на верху десорбере	кПа	138	130-132
8	Давление внизу десорбере	кПа	210	184-190
9	Перепад давления с демистера до нижней части 2-го слоя насадки	кПа	27-30	6,5-9

Усовершенствованная конструкция аппарата обеспечивает высокую эффективность массообменных процессов при десорбции диоксида углерода из раствора N-метилдиэтанолamina. При этом содержание горючих компонентов (преимущественно углеводород) в «чистой» фракции диоксида углерода и гидравлическое сопротивление, соответственно, не превышает 0,1 % об. и 10 кПа, тогда как до реконструкции десорбера составляло более 1 % об. и 30 кПа.

В табл. 4 приведены основные параметры существующей и рекомендуемой десорбционной колонны.

Основные геометрические размеры модернизированного десорбера можно рассчитать исходя из чертежа, которое приведено на рис. 5.: l₁=1100 мм, l₂=300 мм, l₃=1600 мм, l₄= 1200 мм, l₅= 750 мм, l₆=2900 мм, l₇ = 680 мм, l₈ = 700 мм, l₉ = 620 мм, l₁₀ = 800 мм, l₁₁ = 2100 мм, l₁₂ = 1200 мм, l₁₃ = 6100 мм, l₁₄ = 1400 мм, l₁₅ = 6100 мм, l₁₆ = 2100 мм, l₁₇ = 2000 мм, l₁₈ = 600 мм, l₁₉ = 1400 мм, l₂₀ = 1200 мм, l₂₁ = 6600 мм, l₂₂ = 1800 мм.

Таблица 5.

**Оптимальные результаты усовершенствованного десорбера,
испытанного на производстве**

Номер опыта	Расход газ в абсорбере, т/ч	Расход насыщенного раствор в десорбере, т/ч	Температура насыщенного раствора при входе в десорбер °С	Температура регенерированного раствора при выходе из десорбера °С	Давление снизу в десорбере, кПа	Содержание кислых газов в газовом потоке абсорбера				Содержание кислых газов в газовом потоке десорбера		Содержание CO ₂ в растворе десорбера, масс.%		Перепад давления с демистера до нижней части 2-го слоя насадки, кПа
						H ₂ S при входе, об.д.%	H ₂ S при выходе, об.д.%	CO ₂ при входе, моль.%	CO ₂ при выходе, об.д.%	H ₂ S при выходе, об.д.%	CO ₂ при выходе, моль.%	CO ₂ при входе	CO ₂ при выходе	
1	420	70	110	130,5	184	0,0022	< 0,0001	17,5	0,00032	0,000189	99,98	6,3	0,23	6,5
2	480	80	109	130	187	0,0025	< 0,0001	18,3	0,00068	0,000189	99,98	6,8	0,26	7,2
3	540	90	108	129,5	190	0,0028	< 0,0001	19,5	0,0009	0,000189	99,98	7,3	0,3	9

Из табл.5 видно, что испытание усовершенствованного десорбера в промышленных условиях проведено при разных нагрузках по газу в абсорбере и по насыщенному раствору в десорбере. По полученным результатам самый оптимальный вариант по нагрузке составляет 80 т/ч по насыщенному раствору в десорбере, а это в свою очередь равняется на 0,745 м/с.

Для определения концентрации примесей в природном газе, кислом газе, насыщенном и регенерированном аминовом растворе использовали непрерывные методы определения – газоанализаторы.

Исследования проводились при нагрузке по насыщенному раствора амина 70÷90 т/ч. Содержание CO₂ в насыщенном раствора было в пределах 6÷7,5 масс. %. Остальные исходные параметры и результаты исследования в промышленных условиях приведены в табл. 5.

При испытании в предложенном модернизированном десорбере были получены следующие результаты (см.табл. 5). При регенерации насыщенного раствора амина с нагрузкой 70÷90 т/ч перепад давления в колонне уменьшился в пределах 6,5÷9 кПа за счёт увеличения гидравлического сопротивления поступающего раствора в зону распределения раствора и уменьшения пенообразования. Как видно из табл.5., температура регенерации увеличилась до 129,5÷130,5 °С.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения усовершенствованного регенератора амина установки аминовой очистки природного газа

метилдиэтаноломином от сероводорода и диоксида углерода составляет 256,225 млн сумов в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Расчётно-экспериментальным путём определены предельные значения физических и теплофизических свойств бинарных смесей МДЭА+вода при температуре 20÷150 °С.

2. Для чистого МДЭА и растворов МДЭА при заданных массово-процентных соотношениях МДЭА предложена функция вычисления полиномиальной модели температуры второго порядка. Модель способна точно отображать плотность чистых жидкостей, бинарных систем и растворов.

3. Осуществлены конструктивные изменения в зоне распределения насыщенного раствора амина для повышения эффективности регенерационной колонны.

4. Путем конструктивных изменений усовершенствована десорбционная колонна, которая повысит эффективность регенерации аминового раствора от 93,6 до 96,5%. За счет насадки в зоне распределения насыщенного раствора амина уменьшилось образование газожидкостного слоя, при этом, перепада давления в колонне снизилась до 6,86 кПа, а также уменьшилось перепад давления в 4 раза при 130-132°С.

5. Найдены оптимальные параметры процесса регенерации в усовершенствованном десорбере с насадкой: расход насыщенного раствора амина 0,22 кг/с, скорость газа внутри аппарата 2,51 м/с, температура процесса 129,25 °С, перепад давления в колонне 6,46 кПа, содержание диоксида углерода в регенерированном растворе 0,27 масс. %.

6. Изучена зависимость температуры от режимных параметров в усовершенствованном аппарате, при этом коэффициент извлечения CO₂ повысился до 3,0 %, уменьшилась общая потребляемая мощность на 1 тонну продукции и составила около 4,5 % сравнительно с действующей десорбционной колонны.

7. Исходя из проведенных расчетов был проведен широкий переход от лабораторного к производственному оборудованию и разработан усовершенствованный десорбер в промышленных размерах с диаметром Ø1100 мм, а также рекомендуемое оборудование успешно прошло испытания в производственных условиях на Устьюртском ГХК СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical».

8. Ожидаемая годовая экономическая выгода от реализации усовершенствованного регенератора на Устьюртском газохимическом комплексе СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical» составляет 256,22 млн. сумов/год.

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

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY OF THE
ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

AUESBAEV ALISHER USNATDINOVICH

**IMPROVEMENT OF THE ABSORPTION-DESORPTION
COLUMN FOR THE PURIFICATION OF NATURAL GAS FROM CO₂**

02.00.08 - «Chemistry and technology of oil and gas»

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

Tashkent – 2024

The dissertation subject of doctor of science (DSc) is registered at Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2023.3PhD/T3809.

Dissertation was carried out at Institute Inorganic chemistry.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website www.tkti.uz and on the website of «Ziyonet» information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific consultant:

Khurmamatov Abdugaffor Mirzabdullayevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Ikramov Abduvahab
Doctor of Technical Sciences, professor
Mengliyev Sherzod Shoimovich
PhD, assistant professor

Leading organization:

JSC "O'ZLITINEFTGAZ"

The defense of the dissertation will take place on «5» 03.24 at «11⁰⁰» at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent chemical-technological institute. (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32. Ph.: (99871) 244-79-20; fax: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

Doctoral dissertation can be reviewed at the Information-resource centre at Tashkent chemical-technological institute (registered number 631, (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32 Administrative Building of Tashkent chemical-technological institute, Ph.: (99871) 244-79-20.

The abstract of the dissertation has been distributed on «3» 02.24.

Protocol at the register № 269 dated



S.T. Turobjonov
Chairman of the Scientific Council
on awarding of scientific degree,
academic

X.I. Qodirov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
awarding of the scientific degrees,
doctor of Technical Sciences, professor

G.R. Raxmonberdiyev
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding of the scientific degrees,
doctor of Chemical Sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of research work is to increase the efficiency of the natural gas purification process from CO₂ and improve desorption devices used for the regeneration of saturated amine solutions.

The objects of the work is the rich and lean amine, regeneration processes in the desorber and the release of CO₂.

Scientific novelty of the research work consists in the following:

for the first time, the physical and thermophysical properties of N-methyldiethanolamine and their mixtures were determined by calculation and experiment at temperatures 20-150 °C;

a constructive modification of the regeneration column was carried out in the distribution zone of the rich amine and the efficiency of natural gas separation from CO₂ to 96.5% was proved;

a new centrifugal method for supplying a rich amine with an optimal flow rate of 0.745m/s to the distribution zone of the amine solution is substantiated;

the maximum effect of reducing the pressure drop in the regeneration column (up to 4 times), formed due to the gas-liquid layer at temperatures of 130-132°C, was revealed;

the function of calculating a second-order polynomial temperature model is proved, which is able to accurately display the density of pure liquids and solutions;

the optimal parameters of the regeneration process in an improved desorber with a packing were revealed: the flow rate of a rich amine solution is 0.22 kg/s, the gas velocity inside the apparatus is 2.51 m/s, the process temperature is 129.25°C, the pressure drop in the column is 6.46 kPa, the content of carbon dioxide in the lean amine is 0.27 wt.%;

based on an effective method of purification of natural gas from CO₂, a desorption device for the regeneration of saturated solutions of amines has been improved.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained during the development of desorption devices used to improve the efficiency of the process of natural gas purification from CO₂ and regeneration of rich amine:

the regenerator, developed by improving the desorber used in the process of purification of process gas from carbon dioxide, was introduced into production practice at the Ustyurt gas and chemical complex of JV «Uz-Kor Gas Chemical» LLC (certificate of JV «Uz-Kor Gas Chemical» LLC No. 01-4/24-43 of February 10, 2023). The result was an increase in hydraulic resistance when using the nozzle in the rich amine distribution zone, which made it possible to increase the regeneration efficiency of the rich amine by reducing foaming;

the improved technology of natural gas preparation was introduced into production practice at the Ustyurt gas and chemical complex of JV «Uz-Kor Gas Chemical» LLC (certificate of JV «Uz-Kor Gas Chemical» LLC No. 01-4/24-43 of February 10, 2023). As a result, it allowed to increase the economic efficiency of the enterprise by purifying natural gas from CO₂.

The structure and volume of the thesis. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, consisting of 166 titles, and appendix. The dissertation work is presented on 115 pages of typewritten text, includes 34 figures and 10 tables.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Хурмаматов А.М., Аюесбаев А.У. Определение плотности аминовых растворителей для удаления кислых газов // Узбекский химический журнал. - 2022. -№3. -С.74-80. (02.00.00; №7)

2. Хурмаматов А.М., Аюесбаев А.У., Исмаилов О.Ю. Результаты расчета теплофизических свойств n-метилдиэтанолamina в зависимости от температуры // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 12(105). (02.00.00; №2)

3. Khurmatov A.M., Auesbaev A.U. Method for determining the viscosity of n-methyldiethanolamine aqueous solution // Science and Education in Karakalpakstan. -2023. -№1. -pp. 63-69. (ОАК Раёсатининг 2022 йил 30 июльдаги 283/7.1-сон қарори)

4. Khurmatov A.M., Auesbaev A.U., Ismaylov. O.Y., Begzhanova G.B. Effect of temperature on the physico-chemical properties of n-methyldiethanolamine // Processes of Petrochemistry and oil refining. -2023. -№1. -pp. 99-107. (Web of science (1) IF-0,03).

5. Хурмаматов А.М., Аюесбаев А.У. Модернизация регенерационную колонну с помощью насадки // Вестник КГУ им. Бердаха. -2023. -№ 1(59). – с.55-59. (ОАК Раёсатининг 2022 йил 30 ноябрдаги 327/5-сон қарори)

6. Хурмаматов А.М., Аюесбаев А.У. Влияние температуры на регенерацию насыщенного абсорбента в высокоэффективной комбинированной колонне // Узбекский химический журнал. -2023. -№2. -С.49-56. (02.00.00; №7)

7. Khurmatov A.M., Auesbaev A.U. Analysis of the operating mode of the existing desorber and its modernization using additional contact devices // Nafta-Gaz. -2023. -no. 6. -pp. 412–419. DOI: 10.18668/NG.2023.06.05. (Scopus (3), Web of science (1) IF-0,5)

II бўлим (II часть; part II)

1. Хурмаматов А.М., Аюесбаев А.У. Моделирование процесса очистка этан газа от диоксида углерода // Сбор. Матер. Рес. научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент 12-14 май 2022 года. –с. 353-355.

2. Хурмаматов А.М., Аюесбаев А.У. Физические свойства n-метилдиэтанолamina // «Кимёнинг ривожиди фундаментал, амалий тадқиқотлар ва уларнинг истиқболлари» республика илмий-амалий анжумани. Ташкент, 2022. –с. 194-195.

3. Хурмаматов А.М., Аюесбаев А.У. Влияние температуры к вязкости водного раствора этаноламинов // «Кимёнинг ривожиди фундаментал, амалий тадқиқотлар ва уларнинг истиқболлари» республика илмий-амалий анжумани. Ташкент, 2022. –с. 328-329.

4. Auesbaev A.U. Effect of temperature on the thermal conductivity of n-methyldiethanolamine // «Innovative areas of solving problems of science and practice» Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Oslo, Norway, November 08 – 11, 2022, pp. 585-588.

5. Ауесбаев А.У. Изучение теплоёмкости n-метилдиэтаноламина // Сборник научных трудов Международной конференции «Наука и инновации». Ташкент-2022. –с. 220-221.

6. Auesbaev A.U. Method determination carbon dioxide content in saturated and regenerated amine solution // «Actual issues of the development of science and ensuring the quality of education» Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. Florence, Italy, March 28 – 31, 2023, pp. 344-346.

7. Хурмаматов А.М., Ауесбаев А.У. Анализ режима работы регенерационной колонны // «Ғылым– маңғыстау өңірінің тұрақты дамуының негізі» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары. Ақтау-2023, 14 сауір. 248-251 б.

8. Хурмаматов А.М., Ауесбаев А.У. Методика определение содержание диоксида углерода в насыщенном и регенерированном растворе амина // «Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги - озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари» мавзусидаги III Халқаро илмий-техник анжумани илмий ишлар тўплами 2-қисм. Тошкент-2023, 20-21 апрель. 109-111 б.

9. Хурмаматов А.М., Ауесбаев А.У. Высокоэффективный оптимизированный тепло- и массообменный аппарат // “Oziq-ovqat va kimyo sanoatida innovasion texnologiyalarni joriy qilish” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. 2023 yil 2-3 iyun. 106-110 б.

Автореферат «Кимё ва кимё технология» журнали таҳририяида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 60x84¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 25.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.