

**BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/2025.27.12.T.16.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ISLOMOV ALISHER NURILLAYEVICH

**GAZ KONDENSATINI BARQARORLASHTIRISHDA ISSIQLIK
ALMASHINISH QURILMASINI TAKOMILLASHTIRISH ASOSIDA
ISITISH JARAYONINI JADALLASHTIRISH**

02.00.08 – Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Buxoro - 2026

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctoral of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Islomov Alisher Nurillayevich

Gaz kondensatini barqarorlashtirishda issiqlik almashinish
qurilmasini takomillashtirish asosida isitish jarayonini jadallashtirish.....3

Исломов Алишер Нуриллаевич

Интенсификация процесса нагрева газового конденсата
при его стабилизации на основе совершенствования теплообменного устройства....21

Islomov Alisher

Intensification of the process of heating gas condensate during
its stabilization based on the improvement of the heat exchange device.....41

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ
List of published works.....45

**BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/2025.27.12.T.16.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ISLOMOV ALISHER NURILLAYEVICH

**GAZ KONDENSATINI BARQARORLASHTIRISHDA ISSIQLIK
ALMASHINISH QURILMASINI TAKOMILLASHTIRISH ASOSIDA
ISITISH JARAYONINI JADALLASHTIRISH**

02.00.08 – Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Buxoro-2026

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.I.PhD/I3558 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Buxoro davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.bstu.uz) hamda «Ziyonet» Axborot – ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Abduraxmonov Olim Rustamovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Do'stov Hamro Bozorovich
kimyo fanlari doktori, professor

Ismailov Oybek Yuliboyevich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Buxoro davlat texnika universiteti huzuridagi DSc.03/2025.27.12.T.16.05 raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil 25-mart soat 15⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q.Murtazoyev ko'chasi, 15-uy. Tel.: (+99865)223-78-84, Faks: (+99865)223-78-84, e-mail: (bdtu_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Buxoro davlat texnika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (493-raqam bilan ro'yhatga olingan). (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q.Murtazoyev ko'chasi, 15-uy. Tel.: (+99865) 223-78-84).

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil 12-mart kuni tarqatildi.
(2025 yil «05» dekabrda №23 raqamli reyestr bayonnomasi)



S.F.Fozilov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

A.T.Oltiyev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
kotibi, texnika fanlari doktori, dotsent

H.B.Do'stov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi, kimyo fanlari
doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiya)

Dissertasiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda tabiiy gaz va neft xomashyosi issiqlik va energiya asosiy manbai bo'lib hisoblanadi. Shu sababdan, ularni qayta ishlab, jahon standarti talablariga mos mahsulotlar ishlab chiqarishda qo'llaniladigan qurilmalarning konstruksiyasini takomillashtirish, samarali va xavfsiz ishlashini ta'mirlash, ishlash muddatini uzaytirish, issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish orqali energiya samaradorligini oshirish hamda energiya tejamkor texnologiyalarni yaratishning ilmiy-amaliy asoslarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Jahonda ishlab chiqarish sanoatidagi issiqlik almashinish qurilmalarining ish unumdorligini oshirish va energiya tejamkor texnologiyalarini yaratish bo'yicha keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Shunga ko'ra, uglevodorod xomashyolarini uzatish, issiqlik berishni samarali tashkil etish, issiqlik samaradorligini oshirish, issiqlik yo'qotishlarni kamaytirish, issiqlik almashinish qurilmalariga tutashgan quvurlardagi uglevodorod oqimlarining gidrodinamik rejimlarini nazorat qilish bilan birga energetik sarfini qisqartirish imkonini beruvchi issiqlik almashinish qurilmalarining ixcham va yangi texnologiyalarini yaratish kabi asosiy yo'nalishlarga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda neft-gaz tarmog'ida ishlab chiqarishni sifat jihatdan yangi bosqichga ko'tarish, modernizatsiyalash, innovatsion texnologiyalarni joriy etish, ishlab chiqarilayotgan mahsulot turi, hajmi va sifatini oshirishga yo'naltirilgan tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "Sanoatni sifat jihatdan yangi bosqichga ko'tarish, mahalliy xomashyo manbalarini chuqur qayta ishlash, tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni jadallashtirish, yangi turdagi mahsulotlar va texnologiyalarni o'zlashtirish"¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu yo'nalishda, issiqlik almashinish qurilmalarida xomashyo oqimlarining maqbul gidrodinamik rejimlarini tashkil etish, gaz kondensatini barqarorlashtirishda issiqlik almashinish qurilmasini takomillashtirish asosida isitish jarayonini jadallashtirish hamda ishlab chiqarishda energiya tejamkor texnika va texnologiyalarni keng joriy etish muhim ahamiyatga ega.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 23-avgustdagi PF-3238-son "Zamonaviy energiya samarador va energiya tejaydigan texnologiyalarini yanada joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2022-yil 6-iyuldagi PQ-307-sonli "2022-2026-yillarda O'zbekiston Respublikasida innovatsion rivojlanish strategiyasi to'g'risida"gi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 7-iyulidagi PQ-309-son "Neft va gaz sohasida ta'lim-ishlab chiqarish klasterini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi va 2022-yil 12-dekabrda PQ-436-sonli "Yashil" iqtisodiyotga o'tishga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risidagi farmon va qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi farmoni.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot, respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII. “Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq holda bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Respublikamiz va xorijiy davlatlar tadqiqotchilari tomonidan uglevodorod xomashyosini qayta ishlashda takomillashtirilgan qurilmalar hamda texnologik jarayonlarning nazariy va amaliy asoslarini ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy ishlar olib borgan xorij olimlaridan: Barnes David, Besant Tanzi, Demargne Albert, Kawakubo Masaaki, Yamamoto Ken, A.I.Skoblo, A.I.Vladimirov, S.A.Axmedov, A.G.Kasatkin, A.N.Planovskiy, O.F.Glagoleva, V.M.Kapustin, A.K.Manovyan, hamda respublikamiz olimlari: N.U.Rizayev, Z.S.Salimov, N.R.Yusupbekov, A.Artikov, T.Z.Raxmonov, H.S.Nurmuhamedov, S.G‘.Zokirov, A.A.Xudayberdiyev, Sh.M.Saydaxmedov, O.Yu.Ismailov, O.R.Abduraxmonov va boshqalar keng miqyosidagi ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Ushbu olimlar tomonidan neft kimyosi, kimyoviy texnologiyasi, neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi, neft va gazni qayta ishlash jarayonlarining nazariy asoslarini rivojlantirish hamda issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash va loyihalash bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan. Shuningdek, ular o‘zlarining samarali ilmiy faoliyatlari orqali issiqlik almashinish qurilmalarining ish unumdorligini oshirish, issiqlik almashinish jarayonini jadallashtirish va energiya tejamkor texnologiyalarni tadqiq qilish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari amalga oshirilgan.

Biroq, issiqlik almashinish qurilmasini takomillashtirish, unda amalga oshiriladigan jarayonlar gidrodinamikasini o‘rganish va issiqlik almashinish jarayonini jadallashtirish orqali qurilmaning ichki quvurlarida issiqlik berish koeffitsiyentini va issiqlik almashinish jarayoni samaradorligini oshirish hamda xomashyo oqimlarining gidrodinamik rejimlarini issiqlik almashinish samaradorligiga va xomashyoni uzatishda energiya sarfini kamaytirish borasidagi tadqiqot ishlari hozirgi vaqtga qadar o‘tkazilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya ishi Buxoro davlat texnika universitetining ilmiy-tadqiqot faoliyatining ustuvor yo‘nalishlari rejasiga muvofiq – “Neft-gaz kimyo sanoatida energiya va resurs tejamkor texnologiyalar muammolari va ularning yechish choralari” 8-yo‘nalish doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi gaz kondensatini barqarorlashtirishda quvurli issiqlik almashinish qurilmasini takomillashtirish asosida isitish jarayonini jadallashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

issiqlik almashinish qurilmalarining ahamiyati, ularda boradigan jarayonni tavsiflovchi qonuniyatlar va shuningdek, ushbu qurilmalarning samaradorligini oshirish bo‘yicha olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlarini tahlil qilish;

tajriba qurilmasini ishlab chiqish hamda tajriba-sinovi uchun olingan gaz kondensati aralashmalari, ularning tarkibi va issiqlik-fizik xossalarini tadqiq qilish;

gaz kondensatini barqarorlashtirishda isitish jarayoniga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash hamda ularning muhimligini tadqiq qilish;

issiqlik almashinish jarayoniga ta'sir etuvchi issiqlik berish, issiqlik o'tkazish va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlarini hamda uzatilayotgan issiqlik miqdorini hisoblash va ularni issiqlik samaradorligiga ta'sirini tahlil qilish;

gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasini takomillashtirish hamda unda boradigan issiqlik almashinish jarayonining moddiy va issiqlik balanslarini aniqlash;

tadqiqot natijalarining iqtisodiy samaradorligini hisoblash va sanoatda taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasini ishlab chiqarishga joriy etishni tadbir etish.

Tadqiqotning ob'yekti sifatida gaz kondensatini barqarorlashtirish jarayonida qo'llaniladigan qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasi tashkil etadi.

Tadqiqotning predmetini issiqlik almashinish qurilmasida gaz kondensatni isitish jarayonida hosil bo'ladigan bug'lanish va issiqlik almashinish jarayoni tashkil qiladi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarish davomida gaz kondensatining fizik va issiqlik-fizik ko'rsatkichlarini aniqlash, tajriba-sinovidan olingan natijalarni grafikda ifodalash, isitish jarayonining jadallashish darajasini hisoblash hamda to'liq faktorli eksperimentlarni rejalashtirish, texnologik jarayonlarni matematik-statik modellashtirish va eksperimental natijalarni qayta ishlash yordamida regression tenglamalar tuzish kabi usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat.

takomillashtirilgan issiqlik almashinish qurilmasi quvurlarida isitish natijasida hosil bo'lgan bug'ni chiqarish hisobiga, isitish jarayonining ko'rsatkichlari, ya'ni gaz kondensatining issiqlik berish koeffitsiyenti $182,8 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dan $227 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ga va issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti $110 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dan $125 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ gacha oshganligi ilmiy asoslangan;

issiqlik almashinish qurilmasida xomashyoni isitishdan quvurlar ichida hosil bo'lgan bug' ulushini 20 % dan 1 % gacha kamaytirish hisobiga isitish jarayonining harorati $15 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha ortishi ilmiy isbotlangan;

issiqlik almashinish qurilmasi quvurlarining ichida hosil bo'lgan bug'ga ta'sir etuvchi omillarning ya'ni isitish jarayonining harorati va gaz kondensati namunalarining fraksion tarkibiga ta'sir etishi ilmiy isbotlangan;

isitish qurilmasining quvurlarida bug' hissasini kamayishi hisobiga issiqlik tashuvchidan quvur tashqi devoriga va quvur ichki devoridan isitilayotgan suyuqlikka uzatilayotgan issiqlik miqdori 1,66 martaga ortishi isbotlangan;

qopqoq konstruksiyasi takomillashtirilgan issiqlik almashinish qurilmasining quvurlarida bug' hissasini kamayishtirish natijasida isitish jarayoni jadallashishi hamda issiqlik va energiya sarfi 12 % gacha kamayishi ilmiy asoslangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

issiqlik almashinish qurilmasida gaz kondensatini isitishdan uning quvurlari ichida hosil bo‘ladigan bug‘ni chiqarish hisobiga yuqori samarali quvurli issiqlik almashinish qurilmasining energiyatejamkor, qopqoq konstruksiyasi ishlab chiqilgan hamda tajriba qurilmasida turlicha zichlikka ega bo‘lgan gaz kondensatining namunalari qayta ishlangan;

tajriba qurilmasida qizdirilayotgan gaz kondensatidan hosil bo‘ladigan bug‘ni qurilmaning qopqoq qismida o‘rnatilgan klapan orqali chiqarish hisobiga isitish jarayonini jadallashtirishga erishildi va natijada, qurilma quvurlari ichida gaz kondensatining issiqlik berish koeffitsiyentini 1,24 martagacha oshganligi asoslangan;

issiqlik almashinish qurilmasi quvurlari ichida hosil bo‘lgan bug‘ni kamaytirishdan quvurlarda uzatilayotgan issiqlik miqdori ortib, undagi issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti 1,14 martaga oshishi natijasida isitish jarayonining jadallashganligi asoslangan;

gaz kondensatini barqarorlashtirishda issiqlik almashinish qurilmasida boradigan isitish jarayonining maqbul rejimlari hamda quvurlar ichida hosil bo‘lgan bug‘ni chiqarishni tadqiq qilishning Matlab dasturidagi kompyuter modeli yaratilgan va jarayonning optimal qiymatlari hisoblab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqotda muammoning aniq qo‘yilishi, o‘tkazilgan laboratoriya tajribalari hisoblash natijalariga mosligi, matematik hisoblashlarning aniqligi, nazariy izlanishlar bilan asoslanganligi, tadqiqot natijalari Respublika va chet elda o‘tkazilgan ilmiy-amaliy anjumanlarda va Oliy Attestatsiya Komissiyasi ro‘yxatiga kirgan ilmiy nashrlarda maqolalar chop etilganligi hamda olingan tajriba natijalarining ishlab chiqarish sinovlarini natijalariga mos kelganligi bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqotning ilmiy ahamiyati shundan iboratki, gaz kondensatining fizik va issiqlik-fizik xossalarini e‘tiborga olib, buni takomillashtirilgan issiqlik almashinish qurilmasida isitish natijasida qurilma quvurlari ichida hosil bo‘lgan bug‘ni chiqarish hisobiga quvurlarda harakatlanayotgan xomashyoning issiqlik berish va issiqlik o‘tkazish koeffitsiyentlari hamda isitish jarayonining harorati va uzatilayotgan issiqlik miqdorini ortganligi va shuningdek, issiqlik va energiya sarfini kamayganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasi quvurlari ichida hosil bo‘lgan bug‘ ulushuni kamaytirish natijasida gaz kondensatining issiqlik berish koeffitsiyenti 1,24 martaga va issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti 1,14 martaga ortishi hisobiga qurilmaning samaradorligi va xizmat ko‘rsatish oralig‘i davomiyligining oshishiga hamda hosil bo‘layotgan mahsulotning sifati va miqdorini yaxshilanishiga, isitish jarayonining Matlab dasturidagi kompyuter modeli yaratilganligi va jarayonning optimal qiymatlari hisoblab chiqilganligi hamda gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining energiya tejamkor texnologiyasini ishlab chiqilganligiga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Gaz kondensatini barqarorlashtirishda issiqlik almashinish qurilmasini takomillashtirish asosida isitish jarayonini jadallashtirish bo'yicha olingan natijalar asosida:

qopqoq konstruksiyasi takomillashtirilgan issiqlik almashinish qurilmasi "Shurtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi"ning 2024-2026-yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati"ga kiritilgan ("Shurtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi" AJ ning 2024-yilning 10-oktabrdagi №ОП02/ЭД-3900-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ushbu qurilmaning quvurlari ichida isitish jarayoniga ta'sir etuvchi bug'ni kamaytirishdan gaz kondensatini issiqlik berish koeffitsiyenti oshishi va isitish jarayoni uchun sarflanayotgan energiyani 12 % ga kamaytirish imkonini beradi;

suyuq va gazzimon uglevodorodlarning issiqlik almashinish jarayoni uchun takomillashtirilgan texnologiyasi "Muborak gazni qayta ishlash zavodi" ning 2024-2026-yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati" ga kiritilgan ("O'zbekneftgaz" AJ "Muborak gazni qayta ishlash zavodi" ning 2024-yil 21-oktabrdagi №876/CK-10 sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ushbu qurilmada bug'ni (bug' tarkibida asosan metan 44,593 %, etan 32,852 %, propan 7,685 %, butan 5,845 %, pentan 1,208 %, geksan 0,472 %, geptan va undan yuqori suyuq uglevodorodlar 0,987 %, uglerod dioksid 4,842 %, azot 1,241 %, vodorod sulfid 0,234 % gacha mavjudligi laboratoriyada aniqlandi) kamaytirib, suyuq uglevodorodlarni miqdori ortishidan quvur devorining yuzasi bilan isitiluvchi oqimning to'qnashuvi ortishi hisobiga isitish jarayonini jadallashtirib, qurilmadan chiqayotgan mahsulotning harorati 120 °C dan 135 °C gacha ko'tarilish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqotning asosiy natijalari 3 ta xalqaro va 3 ta respublika miqyosida o'tkazilgan ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 23 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop ettirish uchun tavsiya etgan ilmiy nashrlarda 6 ta maqola, 3 tasi xorijiy va 3 tasi respublika jurnallarida nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi shartli belgilar, kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning asosiy qismi 116 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

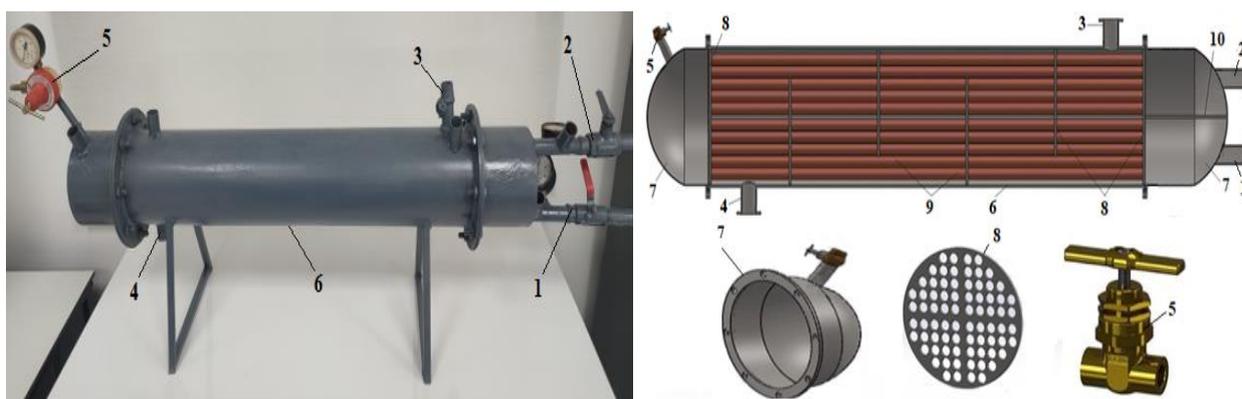
Kirish qismida o'kazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti tavsiflangan, shuningdek, muammoning o'rganilganlik darajasi, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchligi asoslanib, ularning nazariy va amaliy ahamiyati ochib

berilgan, tadqiqot natijalarni amaliyotga joriy etilishi, aprobatsiyasi, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida issiqlik almashinish qurilmalarining zamonaviy holati va ularni takomillashtirish”** nomli birinchi bobida neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida qo'llaniladigan issiqlik almashinish qurilmalarining ahamiyati, quvurli issiqlik almashinish qurilmalarining asosiy konstruktiv turlari, issiqlik almashinish qurilmalarida xomashyoni isitish jarayonining asosiy qonuniyatlari, issiqlik almashinish jarayonida ishlatiladigan issiqlik tashuvchi agentlar tavsifi, issiqlik almashinish qurilmalarining samaradorligini oshirishning zamonaviy tendensiyalari borasidagi ilmiy ishlar va adabiyotlar tahlili keltirilgan va shu asosida, tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning **“Tajriba qurilmasi tadqiq qilish va xomashyoning fizik hamda issiqlik-fizik xossalarini hisoblash va tajriba yo'li bilan aniqlash”** nomli ikkinchi bobida issiqlik almashtirgichni tajriba qurilmasining bayoni, tajriba qurilmasining tavsifi va tajriba o'tkazish metodikasi, gaz kondensatining fizik va issiqlik-fizik xossalarini tadqiq qilish, issiqlik almashinish jarayonida gaz kondensatining bug'lanish va kondensatsiyalanish issiqligini hisoblash orqali aniqlangan ma'lumotlar keltirilgan. Laboratoriya sharoitida takomillashtirilgan qobiq quvurli issiqlik almashtirgichning tajriba qurilmasida gaz kondensati namunalarning fraksion tarkibi isitish jarayonida tadqiq qilindi.

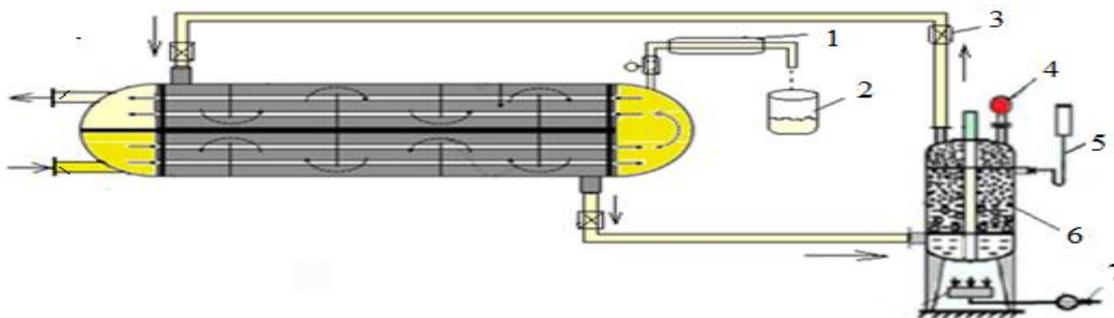
Ikki yo'li qobiq quvurli issiqlik almashtirgichning tajriba qurilmasining tavsifi va tajriba o'tkazish metodikasi asosida tajriba-sinovi olib borildi. Tajriba qurilmasida isituvchi agent quvurlararo, isitiluvchi agent quvurning ichki qismida harakat qiladi. Qurilmada isituvchi agent barqaror kondensat va isitiluvchi agent gaz kondensati yoki beqaror kondensat hisoblanadi. Issiqlik almashtirgichning tajriba qurilmasi va uning sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Issiqlik almashtirgichning tajriba qurilmasi va uning sxemasi:

1 va 2 – qurilmaning quvurlariga kirish va chiqish qismi; 3 va 4 – qurilmaning quvurlararo qismiga kirish va chiqish qismi; 5 – klapan; 6 – qurilmaning qobiq qismi; 7 – qurilmaning qopqoq kamerasi; 8 – truba to'ri; 9 – quvurlar; 10 – to'siq.

Gaz kondensatini isitishda qo'llanilgan tajriba qurilmasining texnologik sxemasi 2-rasmda tasvirlangan.



2-rasm. Gaz kondensatini isitishda qoʻllanilgan tajriba qurilmasining texnologik sxemasi: 1 – suvli sovutgich; 2 – yigʻgich; 3 – boshqarish krani; 4 – monometr; 5 – monometrik termometr; 6 – pech; 7 – tabiiy gaz sarfini hisoblagich va boshqarish krani.

Laboratoriyada tajriba uchun olingan 3 xil gaz kondensati namunalari tadqiq qilindi. Ular turli konlardan qazib chiqarilganligiga qarab, yaʼni past zichlikdagi (750 kg/m^3 gacha), oʻrtacha zichlikdagi (750 va 800 kg/m^3 oraligʻida) va yuqori zichlikdagi (800 kg/m^3 dan yuqori) gaz kondensati namunalari ajratiladi. Keyin hajmlari 10 litr boʻlgan $20 \text{ }^\circ\text{C}$ haroratdagi har bir xomashyo namunasi nasos yordamida issiqlik almashinish qurilmasini kirish qismi (1) orqali qurilmaning quvurlariga haydaladi. Qurilmada boradigan jarayon $0,1 \text{ MPa}$ normal bosim hamda $0,5 \text{ MPa}$ bosimda navbat bilan olib boriladi. Isituvchi va isitiluvchi agentlarning kirish va chiqishdagi harorati va bosimlari qurilmaning kirish va chiqish qismida oʻrnatilgan termometr va monometrlar orqali nazorat qilinadi. Barqaror kondensat pechda (6) $150 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha qizdirilib, qurilmaning quvurlararo kirish qismiga (3) yuboriladi. Pechdagi barqaror kondensat tabiiy gaz sarfini hisoblagich va boshqarish krani (7) orqali kelayotgan tabiiy gaz bilan qizdiriladi. Pechda qizdirilgan yuqori haroratdagi barqaror kondensat termometr (5) va monometr (4) nazorati ostida issiqlik almashinish qurilmasining quvurlararo kirish qismiga (3) beriladi. Soʻngra, bu qurilmada issiqlik almashinish jarayoni ketadi. Issiqlik almashinish qurilmasida gaz kondensatini isishi natijasida quvurlar ichida gaz kondensat bugʻ fraksiyasi hosil boʻladi. Qurilmaning quvurlari ichida isish jarayoni borishi hisobiga bu yerda, bugʻ hissasi suyuqlikka nisbatan orta boshlaydi. Natijada quvurlarda issiqlik almashinish jarayoni pasayadi. Ushbu jarayonni jadallashtirish uchun quvurlarda toʻplanayotgan bugʻni qurilmadan tashqariga chiqarish lozim. Buni amalga oshirish uchun quvurlar ichida hosil boʻlgan bugʻni qurilmaning qopqogʻ qismida oʻrnatilgan avtomatlashtirilgan PCV turidagi klapani (5) yordamida qurilmadan tashqariga chiqariladi. Qurilma qopqogʻidan chiqayotgan gaz kondensat bugʻi suvli sovutgich (1) orqali sovutilib, suyuq holatda idishga (2) yigʻiladi va uning hajmi oʻlchab boriladi. Shuningdek, qurilma qopqogʻidagi harorat har $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ga ortganida, qurilmaning mahsulot chiqish qismidan (2) chiqayotgan gaz kondensat fraksiyasining harorati ham yozib boriladi. Bu jarayon qopqogʻdagi harorat taxminan $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ga (klapan yopiq holatda esa $47 \text{ }^\circ\text{C}$ edi) boʻlgunicha davom ettiriladi. Quvurlar ichida hosil boʻlayotgan bugʻni kamaytirish hisobiga qurilmada issiqlik almashinish jarayoni jadallashib boradi. Buning natijasida, gaz kondensatining harorati $20 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $75 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha

(dastlabki holatida 60÷62 °C edi) ortadi, isituvchi agentning harorati esa 150 °C dan 90 °C (dastlabki holatida 100 °C edi) gacha pasayadi. Tajriba-sinovi natijasida o‘lchov idishida yig‘ib olingan gaz kondensatining hajmini dastlabki gaz kondensati xomashyosiga nisbatini olinib, hosil bo‘lgan bug‘ ulushi (%) hisoblab chiqiladi. Umuman olganda, ushbu jarayon sanoatda qo‘llanilganida, sarfi 20 t/s bo‘lgan beqaror gaz kondensat xomashyosi 20 °C haroratda ketma-ket kelgan issiqlik almashinish qurilmalarining ichki quvurlariga kiradi va qurilmalardan chiqqan barqaror kondensatning harorati 135 °C gacha (dastlabki holatida 120 °C edi) ko‘tarilishi aniqlandi.

Taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasida 0,1 MPa va 0,5 MPa bosimda isitish jarayoni olib borilganida, xomashyoni isishi natijasida qurilmaning quvurlari ichida hosil bo‘lgan va qopqoqda o‘rnatilgan klapan orqali qurilmadan tashqariga chiqarilgan bug‘ fraksiyasini tarkibidagi komponentlarning qaynash haroratlari Klapeyron-Klaus tenglamasi yordamida quyidagicha hisoblanadi:

$$T_1 = \left(\frac{1}{T_2} - \frac{R \cdot \ln \frac{P_1}{P_2}}{\Delta H_{nap}} \right)^{-1} \quad (1)$$

bunda, T_2 - moddaning qaynash harorati, K; P_2 - normal sharoitdagi bosim; R - universal gaz doimiysi, $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$; $\Delta H_{bug'}$ - moddaning bug‘lanish energiyasi, kJ/mol.

Gaz kondensati aralashmasi 0,5 MPa ostida issiqlik almashinish qurilmasining sanoatda mavjud va taklif etilayotgan tajriba qurilmasida isitish jarayonida olib borilgan tajriba-sinovi natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Tajriba-sinovi natijalari

Ishitish jarayonining davomiyligi (minut)	Gaz kondensatining qurilmaga kirishdagi harorati, °C	Isituvchi agentning qurilmaga kirishdagi harorati, °C	Mavjud issiqlik almashinish qurilmasida		Taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasida		
			Qurilmaning qopqoq qismidagi gaz kondensatining harorati, °C	Mahsulotni qurilmadan chiqishdagi harorati, °C	Qurilmaning qopqoq qismidagi gaz kondensatining harorati, °C	Mahsulotni qurilmadan chiqishdagi harorati, °C	Qurilmaning qopqoq qismidan chiqayotgan ichki quvurlarda hosil bolgan bug‘ ulushi, %
1	20	150	25	39	25	43	2
3	20	150	35	52	35	59	10
6	20	150	45	60	45	67	16
10	20	150	47	62	55	75	20

Issiqlik almashinish jarayoni turli bosimlarda (0,1 MPa va 0,5 MPa) borishi natijasida, qurilmaning qopqoq qismida o‘rnatilgan klapan chiqayotgan bug‘ fraksiyalari tarkibidagi ayrim komponentlar ya‘ni yengil uglevodorodlar (metan, etan, propan, butan), pentan uglevodorodi hamda nordon komponentlarning

(asosan vodorod sulfid, azot, uglerod IV oksidi) qaynash va bug‘lanish haroratlari hisoblab chiqilgan va uning qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Turli bosimlarda bug‘ tarkibidagi ayrim komponentlarning qaynash haroratlari, °C

	Metan	Etan	Propan	Butan	Pentan	Vodorod sulfid	Azot	Uglerod IV oksid
0,1 MPa	-161,5	-88,63	-42,1	-0,5	36,1	-60,38	-195,8	-78,5
0,5 MPa	-161,6	-50,9	4,2	49,5	88	-22	-149	-5,5

Shuningdek, tajriba asosida mavjud va taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasida stabillashtirilgan gaz kondensati va qurilma klapanidan chiqqan bug‘ fraksiyasi tarkibidagi uglevodorodlarning ulushlari (%) ishlab chiqarish sanoatining Markaziy laboratoriyasidagi LXM 80M markali gaz xromatografiyasi orqali aniqlandi (3-jadvalda keltirilgan). Olingan bug‘ fraksiyasining harorati 45°C da edi va shuningdek, ushbu bug‘ fraksiyasi tarkibidan olingan komponentlarning qiymatlari GOST 34858-2022 talabiga muvofiq keladi.

3-jadval

Mavjud va taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasida stabillashtirilgan gaz kondensati va qurilma klapanidan chiqqan bug‘ fraksiyasi tarkibidagi uglevodorodlarning ulushlari (%)

Fraksiya nomlari	Mavjud issiqlik almashinish qurilmasida stabillashtirilgan gaz kondensati fraksiyasi	Taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasida stabillashtirilgan gaz kondensati fraksiyasi	Klapanidan chiqqan bug‘ fraksiyasi
CH ₄	12,758	2,043	44,593
C ₂ H ₆	6,479	2,847	32,852
C ₃ H ₈	4,685	4,105	7,685
C ₄ H ₁₀	4,086	3,514	5,845
C ₅ H ₁₂	0,997	0,972	1,208
C ₆ H ₁₄	0,399	0,415	0,472
∑C ₇ H ₁₆ va boshqa uglevodorodlar	68,763	85,696	0,987
N ₂	0,498	0,091	1,241
CO ₂	1,296	0,317	4,892
H ₂ S va boshqa gazlar	0,047	0,009	0,234
Jami:	100	100	100

4-jadval

45 °C dagi gaz kondensat bug‘i fraksiyasi tarkidagi yengil komponentlarning issiqlik-fizik xossalari

Komponent	Bug‘ ulushi	C _p , J/(kg·K)	ρ, kg/m ³	μ·10 ⁻⁷ , Pa·c	λ, Wt(m·K)
CH ₄	0,44593	0,52	0,631	102,29	0,0217
C ₂ H ₆	0,32852	0,82	1,063	82,39	0,0214
C ₃ H ₈	0,07685	1,52	1,872	73,58	0,0205
C ₄ H ₁₀	0,05845	1,56	1,67	85,02	0,0184
N ₂ , H ₂ S, CO ₂	0,06367	0,63	1,30	15,77	0,0195
Jami:	0,97342	0,749	0,954	84,29	0,0206

Tajriba qurilmasida gaz kondensati isishidan qurilmaning qopqoq qismidagi harorat 45 °C bo‘lganida, qurilmaning quvurlarida hosil bo‘lgan hamda qopqoqda o‘rnatilgan klapandan chiqayotgan gaz kondensati bug‘ining tarkibidagi yengil komponentlarning fizik va issiqlik-fizik xossalari ko‘rsatgichlari tajriba-sinovi va emperik formulalar yordamida tahlil qilindi. Shuningdek, Additivlik qoidasi asosida turli haroratlarda issiqlik almashinish qurilmasining quvurlari ichida hosil bo‘layotgan gaz kondensati bug‘i fraksiyasi tarkibidagi faqat yengil komponentlarning issiqlik-fizik xossalari ya’ni uning zichligi, kinematik va dinamik qovushqoqligi, issiqlik sig‘imi, issiqlik o‘tkazuvchanligi hisoblandi (4-jadvalda keltirilgan). Ushbu yuqorida ko‘rsatilgan ma’lumotlar dissertatsiyada o‘z aksini topgan.

Dissertatsiyaning **“Matematik-statik modellashtirish orqali issiqlik almashinish qurilmasining texnologik tavsiflarini aniqlash”** nomli uchinchi bobida issiqlik almashinish muammolarini hal qilishda tizimli fikrlash, issiqlik almashinish jarayonining matematik-statik modellashtirish, issiqlik almashinish jarayonini to‘liq faktorli tajriba asosida tadqiq qilish, regressiya tenglamasining adekvatligini hamda eksperimentlar xatoliklarini tekshirish va issiqlik almashinish jarayonining optimal qiymatlari keltirilgan. Issiqlik almashinish jarayonini modellashtirishdan asosiy maqsad texnologik jarayonlarning fizik-kimyoviy, gidrodinamik va konstruktiv kattaliklarini o‘zaro bog‘laydigan tenglamalarni tuzishdan iborat.

Issiqlik almashinish jarayoni paytida bir nechta texnologik omillarning isitish jarayoniga ta'sirini o‘rganish uchun laboratoriya sharoitida sanoatda taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasida bir necha marta tajriba-sinovi o‘tkaziladi. Issiqlik almashinish jarayonida ta’sir etuvchi omillarni aniqlab olinadi. 5-jadvalda issiqlik almashinish jarayonini matematik modellashtirishda ta’sir etuvchi omillarning chegaraviy qiymatlari keltirilgan.

5-jadval

Ta’sir etuvchi omillarning chegaraviy qiymatlari

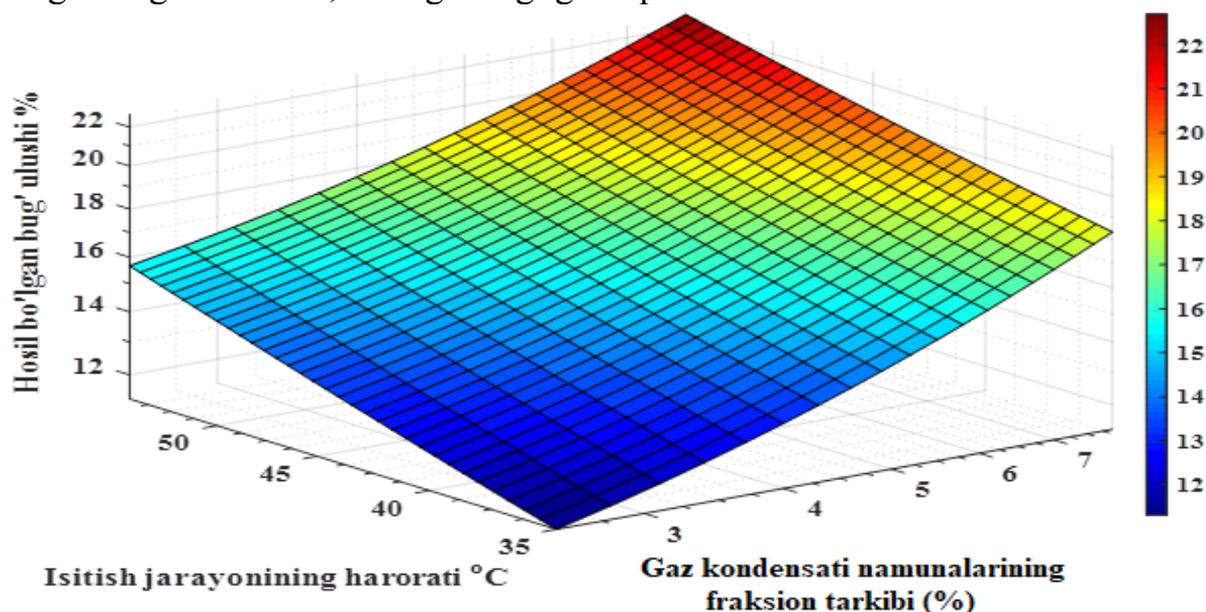
	Gaz kondensati namunalarining fraksion tarkibi (%)	Isitish jarayonining harorati (°C)
Omillar	z_1	z_2
Pastki daraja	2,5	35
Yuqori daraja	8	55

Regressiya tenglamasining muhim ahamiyatga ega ekanligini aniqlash asosida, kodlangan o‘zgaruvchilar asosida regressiya tenglamasi ishlab chiqildi.

$$y = 0,36 + 1,3z_1 + 0,22z_2 \quad (2)$$

Ushbu tenglamaga asosan Matlab dasturidagi matematik modelni grafigi chizildi. 3-rasmda hosil bo‘lgan bug‘ ulushini gaz kondensati namunalarining konsentratsiyasi va isitish jarayonining haroratiga bog‘liq o‘zgarishi grafigi tasvirlangan. Bunda modellashtirishda ta’sir etuvchi omillar ya’ni isitish jarayonining harorati 51,8 °C va gaz kondensati namunalarining konsentratsiyasi

6,96 % bo‘lganida, qurilmaning qopqoq qismida o‘rnatilgan klapanidan hosil bo‘lgan bug‘ ulushi 19,95 % ga tengligi anqlandi.



3-rasm. Hosil bo‘lgan bug‘ ulushini gaz kondensati namunalarining konsentratsiyasi va isitish jarayonining haroratiga bog‘liq o‘zgarishi.

6-jadvalda takomillashtirilgan issiqlik almashinish qurilmasida olib borilgan isitish jarayonining jadallashtirishning optimal qiymatlari ya’ni tajriba hamda matematik-statik modellashtirish usullari asosida aniqlangan qiymatlari keltirilgan.

6-jadval

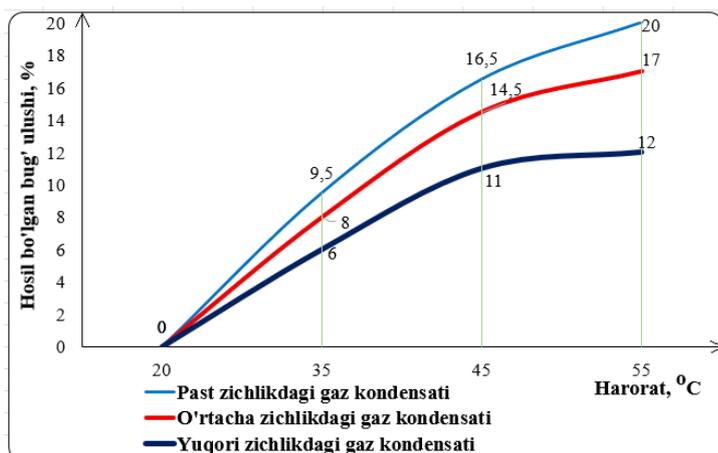
Tajriba va modellashtirish natijasida olingan qiymatlarni taqqoslash

No	Ta’sir etuvchi omillar	Gaz kondensati namunalarining fraksiyon tarkibi (%)	Isitish jarayonining harorati (°C)	Hosil bo‘lgan bug‘ ulushi (%)
1	Tajribadan olingan qiymat	7	52	20
2	Modellashtirish natijasida olingan optimal qiymat	6,96	51,8	19,95

Dissertatsiyaning “**Ishlab chiqarish sharoitida issiqlik almashinish qurilmasini tajriba sinovlari va iqtisodiy samaradorligini baholash**” nomli to‘rtinchi bobida issiqlik almashinish qurilmasining konstruktiv o‘lchamlari va gidrodinamik parametrlari aniqlandi, issiqlik jarayoniga ta’sir etuvchi omillarning issiqlik samaradorligiga ta’siri tahlil qilindi, issiqlik almashinish jarayonining moddiy va issiqlik balanslari tuzildi, gaz kondensatini barqarorlashtirishda isitish jarayonining tasnifi hamda sanoatdagi issiqlik almashinish qurilmalarining solishtirma tahlil qilindi va shuningdek, taklif etilayotgan qurilmani joriy qilishdan kutilayotgan iqtisodiy samaradorlikka erishishni tavsiflovchi matematik ifodalar keltirilgan.

Issiqlik almashinish qurilmasida issiqlik tashuvchi omillarning issiqlik samaradorligiga ta’siri grafiklar asosida tahlil qilindi (dissertatsiyaning 4-bobida to‘liq berilgan). 4-rasmda issiqlik almashinish qurilmasining qopqoq klapanidan

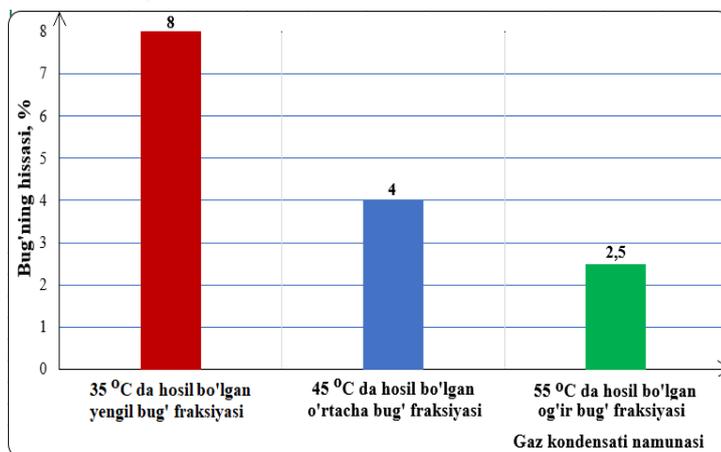
hosil bo'lgan bug' ulushini isitish jarayonining haroratiga bog'liq o'zgarish grafigi ko'rsatilgan.



4-rasm. Gaz kondensati namunalaridan quvurlar ichida hosil bo'lgan bug' ulushini isitish jarayonining haroratiga bog'liq o'zgarishi.

Ushbu rasmda harorat 55 °C ga yetganida, past zichlikdagi gaz kondensatidan 20 % yengil bug', o'rtacha zichlikdagi gaz kondensatidan 17 % o'rtacha bug' va yuqori zichlikdagi gaz

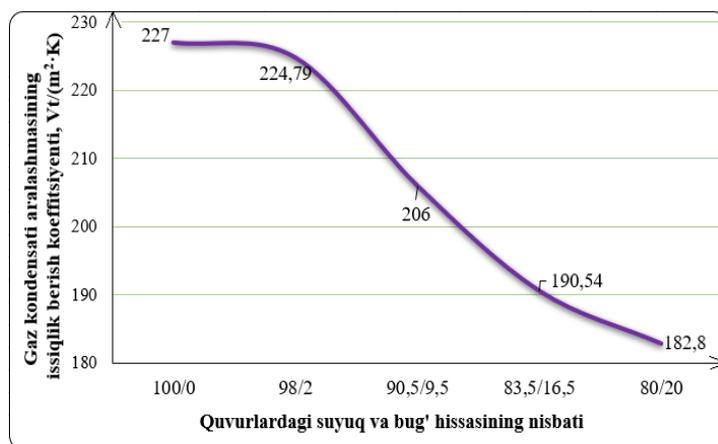
kondensati namunasidan esa quvurlar ichida hosil bo'lgan 12 % og'ir bug' fraksiyalari qurilmaning qopqoq qismida o'rnatilgan klapan orqali nazorat qilinishi tasvirlangan (4-rasm).



5-rasm. Bug' hissasini kondensat xomashyosiga bog'liqlik grafigi

Ushbu rasmda issiqlik almashinish qurilmasida gaz kondensati xomashyosining namunalarini 35 °C gacha isitilganda, qurilmaning klapani orqali quvurchalarda hosil bo'lgan yengil bug'

fraksiyasining ulushi 8 %, 45 °C da o'rtacha bug' fraksiyasining ulushi 6,5 % va 55 °C gacha isitilganda esa 2,5 % hosil bo'lgan og'ir bug' fraksiyasi ulushining chiqishi tasvirlangan (5-rasm).

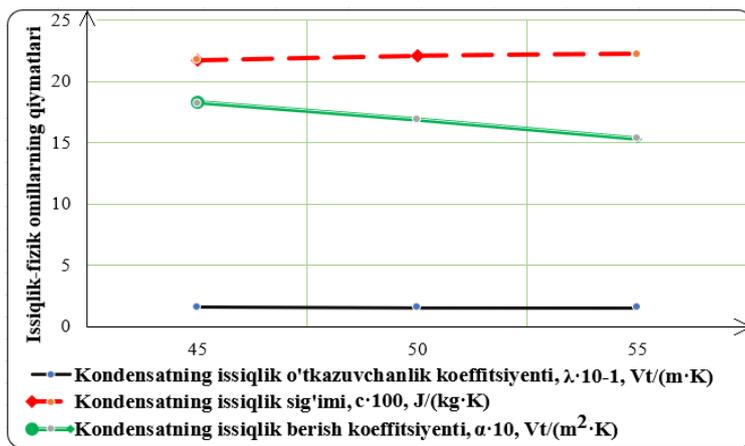


6-rasm. Gaz kondensati aralashmasining issiqlik berish koeffitsiyentini aralashmadagi quvurlardagi suyuq va bug' hissasining nisbatiga bog'liqligi.

Sanoatda mavjud qurilmaning quvurlarida gaz kondensati aralashmasidagi suyuq va bug' hissasining (%) nisbatlari 100/0;

99/1; 90,5/9,5; 83,5/16,5; 80/20 ekanligi aniqlandi. Agar suyuq va bug' hissasining nisbati 100/0 bo'lganida, aralashmaning issiqlik berish koeffitsiyenti 227 Vt/(m²·K) bo'lib, 224,79 Vt/(m²·K), 206 Vt/(m²·K), 190,54 Vt/(m²·K) va

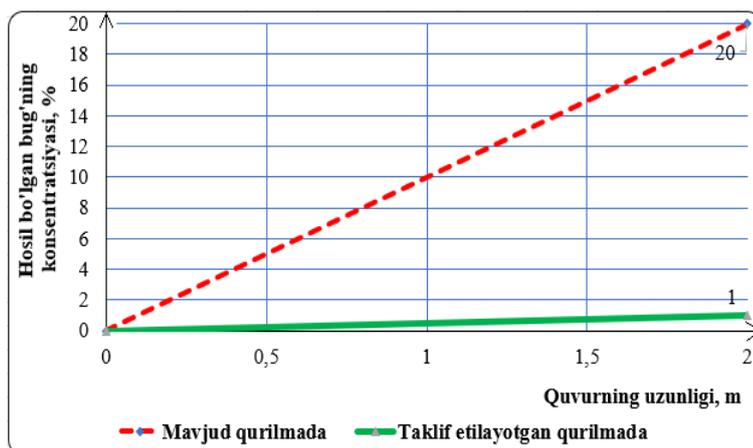
80/20 bo'lganida issiqlik berish koeffitsiyenti 182,8 $Vt/(m^2 \cdot K)$ gacha kamayadi (6-rasm).



7-rasm. Harorat o'zgarishini gaz kondensatining issiqlik-fizik xossalariga ta'siri.

7-rasmda harorat o'zgarishini gaz kondensatining issiqlik-fizik xossalariga ta'sir etish grafigi tasvirlangan. Bunda harorat 45 °C, 50 °C, 55 °C bo'lganida, gaz kondensat aralashmasining issiqlik berish koeffitsiyenti 227 $Vt/(m^2 \cdot K)$,

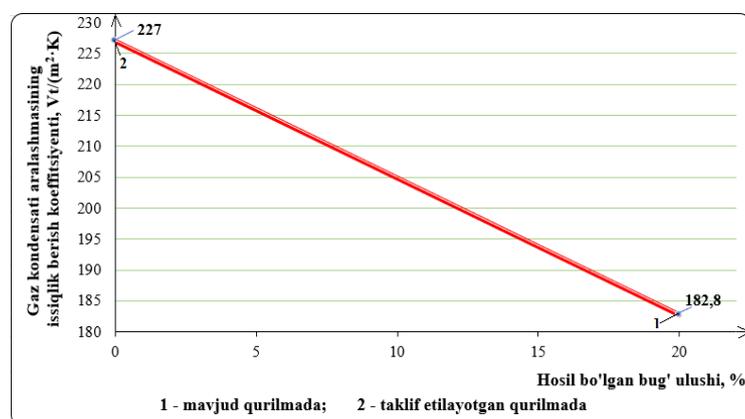
206 $Vt/(m^2 \cdot K)$ va 182,8 $Vt/(m^2 \cdot K)$ hamda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti esa 0,1602 $Vt/(m^2 \cdot K)$, 0,1596 $Vt/(m^2 \cdot K)$ va 0,1595 $Vt/(m^2 \cdot K)$ gacha kamayganligi va shuningdek, gaz kondensatining issiqlik sig'imi 2175 $J/(kg \cdot K)$, 2210 $J/(kg \cdot K)$ va 2225 $J/(kg \cdot K)$ gacha ortganligi grafik shaklda tasvirlangan.



8-rasm. Hosil bo'lgan bug'ning konsentratsiyasini quvurning uzunligiga bog'liqlik grafigi.

Tajriba-sinovi natijalariga ko'ra, mavjud qurilmaning quvurlarida harakatlanayotgan gaz kondensatini qizdirish natijasida qurilmaning uzunligi bo'yicha quvurlarda hosil

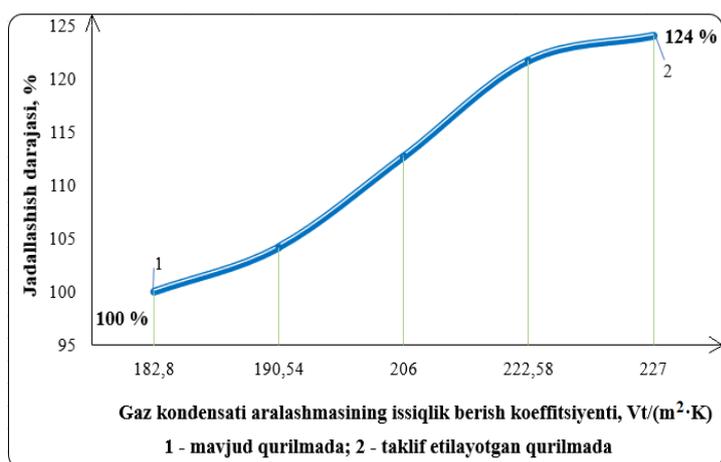
bo'lgan bug'ning konsentratsiyasi 20 % va shuningdek, ishlab chiqarishda taklif etilayotgan qurilmada esa 1 % gacha bug' paydo bo'lganligi aniqlandi (8-rasm).



9-rasm. Quvurlarda hosil bo'lgan bug' ulushini gaz kondensati aralashmasining issiqlik berish koeffitsiyentiga bog'liqlik grafigi.

Qurilmaning quvurlarda hosil bo'layotgan bug'ni, uning qopqog'ida o'rnatilgan klapandan ajratilgandan so'ng, gaz kondensatining issiqlik

berish koeffitsiyentlari 227 $Vt/(m^2 \cdot K)$ ga ortganligi va shuningdek, mavjud qurilmaning quvurlari ichida hosil bo'lgan bug'ning ulushi 20 % bo'lganida esa gaz kondensatining issiqlik berish koeffitsiyentlari 182,8 $Vt/(m^2 \cdot K)$ gacha kamayadi (9-rasm).



10-rasm. Jadallashish darajasini gaz kondensati aralashmasining issiqlik berish koeffitsiyentiga bog'liqligi.

Ushbu 10-rasmda, sanoatda mavjud issiqlik almashinish qurilmasida gaz kondensati aralashmasining issiqlik berish koeffitsiyenti 182,8 $Vt/(m^2 \cdot K)$ bo'lganida isitish jarayonining jadallashish darajasi 100 %,

taklif etilayotgan qurilmada esa gaz kondensati aralashmasining issiqlik berish koeffitsiyenti 190,54 $Vt/(m^2 \cdot K)$ da 104,2 %, 206 $Vt/(m^2 \cdot K)$ da 112,7 %, 222,58 $Vt/(m^2 \cdot K)$ da 121,7 % hamda 227 $Vt/(m^2 \cdot K)$ bo'lganida, isitish jarayonining jadallashish darajasi 124 % ga teng bo'lganligi tasvirlangan.

7-jadvalda gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining moddiy balansining qiymatlari keltirilgan.

7-jadval

Gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining moddiy balansi

Kirish	kg/soat	tonna/yil	%
Beqaror gaz kondensati	25000	200000	100
Metan	296	2368	1,184
Etan	308	2464	1,232
Propan	335,25	2682	1,341
Butan	328,75	2630	1,315
Pentan	314	2512	1,256
Geksan	309,5	2476	1,238
Geptan va undan yuqori uglevodorodlar	22995,25	183962	91,981
N ₂	34,75	278	0,139
H ₂ S	4,25	34	0,017
CO ₂	74,25	594	0,297
Chiqish	25000	200000	100
Barqaror gaz kondensati	23430,5	187444	93,722
Propan-butan aralashmasi	557,75	4462	2,231
Deetanizatsiya gazlari	977,75	7822	3,911
Atmosfera gazlari	34	272	0,136

8-jadval

Gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining issiqlik balansi

Belgilanishi	Sarf ko'rsatgichi		Yillik harajat	
	O'lchov birligi	Iste'mol ko'rsatgichi	O'lchov birligi	Miqdori
Gaz kondensati xomashyosi	tonna	25	ming tonna	791,4488
Pechlarga yoqilg'i gazi	m ³	31,53	m ³	25200
Aylanma suv	m ³	120,7	m ³	965,6
Suv bug'i, tonna	tonna	1,92	ming tonna	15360
Issiqlik energiyasi: - jarayon uchun;	kWt	726	ming kWt	5710
-qurilma uchun	kWt	1033	ming kWt	8300

8-jadvalda gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining issiqlik balansi keltirilgan.

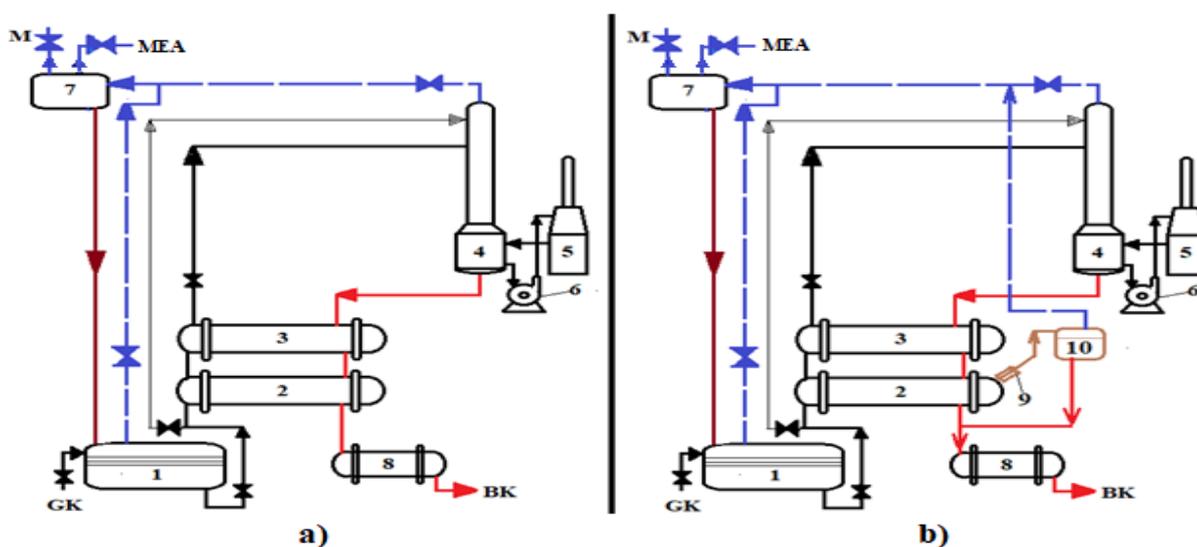
9-jadvalda sanoatda mavjud hamda taklif etilayotgan quvurli issiqlik almashinish qurilmasi va ularda boradigan jarayonlarni taqqoslash qiymatlari keltirilgan.

9 -jadval

Sanoatda mavjud hamda taklif etilayotgan quvurli issiqlik almashinish qurilmasi va ularda boradigan jarayonlarni taqqoslash qiymatlari

Issiqlik almashinish qurilmasining ko'rsatgichlari	Mavjud qurilmada	Taklif etilayotgan qurilmada
IAQ qopqoq qismida klapan o'rnatilgan	Mavjud emas	Mavjud
Isituvchi agentni kirishdagi harorati, °C	240	220
Isituvchi agentni chiqishdagi harorati, °C	95	85
Isitiluvchi agentni kirishdagi harorati, °C	20	20
Isitiluvchi agentni chiqishdagi harorati, °C	120	135
Issiqlik almashinish yuzasi, F, m^2	83	87
Issiqlik berish koeffitsiyenti, $\alpha, Vt/(m^2 \cdot K)$	182,8	227
Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, $K, Vt/(m^2 \cdot K)$	110	125
Uzatilayotgan issiqlik miqdori, Q, Vt	360360	598125

11-rasmda gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining texnologik (sanoatda mavjud) va prinsipial texnologik (sanoatda taklif etilayotgan) sxemalarining solishtirma tahlili keltirilgan.



11-rasm. Gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining texnologik (a) va prinsipial texnologik (b) sxemalari: 1 – separator; 2 – IAQ-1/1; 3 – IAQ-1/2; 4 – barqarorlashtirish kolonnasi; 5 – pech; 6 – nasos; 7 – utilizator; 8 – sovutgich qurilmasi; 9 – klapan; 10 – sig‘im; GK – gaz kondensati; BK – barqaror kondensat; M – mash‘ala; MEA – metan-etan aralashmasi.

Bu rasmda gaz kondensatini barqarorlashtirish qurilmasining yangi prinsipial texnologik sxemasi issiqlik almashinish qurilmasiga (IAQ-1.1) o'rnatilgan klapan (9) va sig'imning (10) mavjudligi bilan barqarorlashtirish qurilmasining texnologik sxemasidan farqlanganligi tasvirlangan.

10-jadvalda mavjud va taklif etilayotgan issiqlik almashinish qurilmasini ishlab chiqarishda joriy qilishdan kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik qiymati keltirilgan.

10-jadval

Iqtisodiy samaradorlik

Mavjud qurilmada (so‘m)		Taklif etilayotgan qurilmada (so‘m)		Farq (so‘m)	
Soat	Yillik	Soat	Yillik	soat	yillik
256873	2250192614	226051	1980208557	30 822	270 mln

XULOSA

1. Tajriba qurilmasida 3 xil gaz kondensati namunalari (past, o‘rtacha va og‘ir zichlikdagi gaz kondensati namunalari) 35 °C da qizdirilganda o‘rtacha 7 %, 45 °C da 13 % va 55 °C da esa 18 % bug‘ fraksiyasi qurilmaning quvurlari ichida hosil bo‘ladi. Shuningdek, tajriba asosida gaz kondensati xomashyosi qopqoq konstruksiyasi takomillashtirilgan issiqlik almashinish qurilmasida ishidan quvurlar ichida hosil bo‘lgan bug‘ qurilmaning qopqoq qismida o‘rnatilgan klapan orqali chiqishi tadqiq qilindi hamda bug‘ tarkibidagi komponentlarning fizik, issiqlik-fizik xossalari va miqdori Klapeyron-Klaus tenglamasi orqali tahlil qilindi;

2. Issiqlik almashinish jarayonini modellashtirishda ko‘p faktorli eksperiment rejasi asosida ta’sir etuvchi omillarning ya’ni isitish jarayonining harorati (35 °C dan 55 °C gacha) va gaz kondensati namunalarning konsentratsiyasini (2,5 foizdan 8 foizgacha) chegaraviy qiymatlari hamda Student kriteriyasiga muvofiq muhimlik va muhim bo‘lmagan koeffitsiyentlarini aniqlash asosida regression model ishlab chiqildi;

3. Eksperimental va nazariy natijalarning adekvatligi, muhimlik sathiga mos erkinlik darajasi bo‘yicha me’zonning qiymati Fisher taqsimotining kritik nuqtalari jadvaliga muvofiqligi $F_{hisob} = 3,37 < F_{jadval} = 4,5$ ekanligi bilan asoslandi;

4. Quvurli isitish qurilmasi quvurlari ichida bug‘ hosil bo‘lishini oldini olish orqali isitish jarayonida sarflanadigan energiyani kamaytirish imkonini beruvchi rejimlar, jumladan, tajriba va modellashtirishdan olingan qiymatlar taqqoslash asosida isitish jarayonining jadallashish darajasi 19,95 % ga teng bo‘lishi uchun isitish jarayonining harorati 51,8 °C va gaz kondensati fraksiyalarining foiz miqdori esa 6,96 % ga teng bo‘lgan optimal qiymatlari hisoblab chiqildi;

5. Takomillashtirilgan issiqlik almashinish qurilmasi quvurlari ichida hosil bo‘lgan bug‘ni kamaytirish natijasida gaz kondensatini quvurlarda uzatilayotgan issiqlik miqdori 360360 Vt dan 598125 Vt ga, issiqlik berish koeffitsiyenti 182,8 Vt/(m²·K) dan 227 Vt/(m²·K) gacha va issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti esa 110 Vt/(m²·K) dan 125 Vt/(m²·K) gacha ortishi hisoblab chiqildi;

6. Quvurli issiqlik almashinish qurilmasining xavfsiz, uzoq muddatli ishlashi, yuqori haroratga bardoshligi, quvurlarda issiqlik berish koeffitsiyentini yuqoriligi sababli energiya tejamkor va issiqlik ko‘rsatkichlari yaxshilangan, qopqoq konstruksiyasi takomillashtirilgan tajriba qurilmasi ishlab chiqilgan. Shuningdek, sanoatda taklif etilayotgan quvurli issiqlik almashinish qurilmasining amaliy joriy etilishi Shurtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi hamda Muborak gazni qayta ishlash zavodining 2024-2026-yillardagi istiqbolli rejalariga kiritildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/2025.27.12.T.16.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ БУХАРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ИСЛОМОВ АЛИШЕР НУРИЛЛАЕВИЧ

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ГАЗОВОГО
КОНДЕНСАТА ПРИ ЕГО СТАБИЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО УСТРОЙСТВА**

02.00.08 – Химия и технология нефти и газа

**АВТОРЕФЕРАТ диссертации доктора философии (PhD)
по ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Бухара – 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.1.PhD/T3558.

Диссертация выполнена в Бухарском государственном техническом университете. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице научного совета (www.bstu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyounet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель: Абдурахмонов Олим Рустамович
доктор технических наук (DSc), профессор

Официальные оппоненты: Дустов Хамро Бозорович
доктор химический наук, профессор
Исмаилов Ойбек Юлибоевич
доктор технических наук (DSc), профессор

Ведущая организация: Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится «25» марта 2026 года в 15⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/2025.27.12.T.16.05 по присуждению учёных степеней при Бухарском государственном техническом университете. (Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазоева, 15. Тел.: (+99865) 223-78-84, факс: (+99865) 223-78-84, e-mail: bdtu_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Бухарского государственного технического университета (зарегистрирован под номером №493). (Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазоева, 15. Тел.: (+998 65) 223-78-84).

Автореферат диссертации разослан 12-марта 2026 года.
(протокол реестра №23 от «05» декабря 2025 г.).



С.Ф.Фозилов
Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

А.Т.Олтиев
Учёный секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

Х.Б.Дустов
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, доктор химических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире природный газ и нефть считаются основными источниками тепла и энергии. В связи с этим большое значение имеет разработка научно-практических основ совершенствования конструкции оборудования, используемого для переработки этих ресурсов и производства продукции, соответствующей международным стандартам, обеспечения их эффективной и безопасной эксплуатации, продление срока службы, повышения энергетической эффективности за счёт снижения теплотерь, а также создания энергосберегающих технологий.

В мире ведутся масштабные научные исследования, направленные на повышение производительности теплообменных установок в промышленности и разработку энергосберегающих технологий. В соответствии с этим особое внимание уделяется таким приоритетным направлениям, как транспортировка углеводородного сырья, рациональная организация процессов теплоотдачи, повышение тепловой эффективности, снижение тепловых потерь, а также разработка компактных и инновационных технологий теплообменных аппаратов, обеспечивающих контроль гидродинамических режимов потоков углеводородов в трубопроводах, сопряжённых с теплообменным оборудованием, и одновременно способствующих сокращению энергетических затрат.

В нашей Республике проводятся исследования, направленные на качественный переход нефтегазовой отрасли на новый уровень развития, модернизацию производства, внедрение инновационных технологий, расширение ассортимента, объёмов и качества выпускаемой продукции. В Стратегии развития Нового Узбекистана определены важные задачи по «выводу промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработке местного сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов изделий и технологий»¹. В этом направлении особое значение имеет организация оптимальных гидродинамических режимов потоков сырья в теплообменных аппаратах, ускорение процесса нагрева на основе совершенствования теплообменного устройства стабилизации газового конденсата, широкое внедрение энергосберегающего оборудования и технологий в производство.

Данное диссертационное исследование в определённой степени способствует реализации задач, поставленных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-3238 от 23 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий», Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-307 от 6 июля 2022 года «Об организационных мерах по

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УФ-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

реализации Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы», №ПП-309 от 7 июля 2022 года «О мерах по созданию Образовательно-производственного кластера в нефтегазовой отрасли», №ПП-436 от 12 декабря 2022 года «О мерах по повышению эффективности реформ, направленных на переход Республики Узбекистан на «зеленую» экономику до 2030 года», и других нормативно-правовых актах, касающихся данной сферы деятельности.

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

Степень изученности проблемы. Исследователями нашей республики и зарубежных стран проводились научные работы по созданию усовершенствованных устройств и теоретических и практических основ технологических процессов переработки углеводородного сырья, в частности, среди зарубежных учёных можно отметить: Barnes David, Besant Tanzi, Demargne Albert, Kawakubo Masaaki, Yamamoto Ken, А.И. Скобло, А.И. Владимиров, С.А. Ахмедов, А.Г. Касаткин, А.Н. Плановский, О.Ф. Глаголева, В.М. Капустин, А.К. Мановян, а также отечественных учёных Н.У. Ризаев, З.С. Салимов, Н.Р. Юсупбеков, А.Артиков, Т.З.Рахмонов, Х.С.Нурмухамедов, С.Г. Закиров, А.А. Худойбердиев, Ш.М. Сайдахмедов, О.Ю.Исмаилов, О.Р. Абдурахмонов и др., которые проводили широкомасштабные научно-исследовательские работы.

Этими учёными были выполнены научные исследования в области нефтехимии, химической технологии, технологии переработки нефти и газа, развития теоретических основ процессов переработки нефти и газа, а также расчёта и проектирования теплообменных аппаратов. Кроме того, благодаря их эффективной научной деятельности были достигнуты научно-практические результаты, направленные на повышение производительности теплообменных аппаратов, интенсификацию процессов теплообмена и исследование энергосберегающих технологий.

Однако исследований, посвящённых совершенствованию теплообменного аппарата, изучению гидродинамики процессов, протекающих в нём, и интенсификации теплообмена с целью повышения коэффициента теплоотдачи во внутренних трубах аппарата и эффективности процесса теплообмена, а также влияния гидродинамических режимов потоков сырья на эффективность теплообмена и снижения энергозатрат при транспортировке сырья, проведено недостаточно.

Связь исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, в котором была выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями научно-исследовательской деятельности Бухарского государственного технического университета в рамках 8-го направления –

«Проблемы энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий в нефтегазохимической промышленности и пути их решения».

Цель исследования заключается в интенсификации процесса нагрева при стабилизации газового конденсата на основе совершенствования трубчатого теплообменного аппарата.

Задачи исследования:

анализ значения теплообменных аппаратов, закономерностей процессов, происходящих в них, а также научно-исследовательских работ, направленных на повышение их эффективности;

разработка экспериментальной установки и исследование газоконденсатных смесей, полученных для экспериментальных испытаний, их состава и теплофизических свойств;

определение факторов, влияющих на процесс нагрева при стабилизации газового конденсата, и исследование их значимости;

расчёт коэффициентов теплоотдачи, теплопередачи и теплопроводности, а также количества передаваемого тепла и анализ их влияния на тепловую эффективность процесса;

совершенствование установки стабилизации газового конденсата, а также определение материального и теплового балансов процесса теплообмена, протекающего в данной установке;

расчёт экономической эффективности полученных результатов и обоснование внедрения предлагаемого теплообменного аппарата в промышленное производство.

Объектом исследования является кожухотрубный теплообменный аппарат, применяемый в процессе стабилизации газового конденсата.

Предметом исследования являются процессы парообразования и теплообмена, протекающие при нагреве газового конденсата в теплообменном аппарате.

Методы исследования. В ходе выполнения диссертационной работы использовались методы определения физических и теплофизических параметров газового конденсата, графического представления полученных результатов экспериментальных испытаний, расчета степени ускорения процесса нагрева и планирования полнофакторных экспериментов, математико-статическое моделирование технологических процессов и построение уравнений регрессии с использованием обработки экспериментальных результатов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

научно обосновано, что за счёт удаления пара, образующегося в трубах усовершенствованного теплообменного аппарата при нагреве, показатели процесса нагрева, а именно коэффициент теплоотдачи газового конденсата увеличивается с 182,8 Вт/(м²·К) до 227 Вт/(м²·К), а коэффициент теплопередачи с 110 Вт/(м²·К) до 125 Вт/(м²·К);

научно доказано, что уменьшение доли пара, образующегося в трубах при нагреве сырья в теплообменном аппарате, с 20 % до 1 % приводит к повышению температуры процесса нагрева на 15 °С;

научно доказано влияние факторов, воздействующих на пар, образующийся внутри труб теплообменного аппарата, а именно температуры процесса нагрева и фракционного состава образцов газового конденсата;

доказано, что за счёт уменьшения доли пара в трубах нагревательного устройства количество тепла, передаваемого от теплоносителя к наружной поверхности трубы и от внутренней поверхности трубы к нагреваемой жидкости, увеличивается в 1,66 раза;

научно обосновано, что снижение доли пара в трубах теплообменного аппарата с усовершенствованной конструкцией крышки приводит к интенсификации процесса нагрева и уменьшению тепловых и энергетических затрат до 12 %.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана энергосберегающая конструкция крышки высокоэффективного трубчатого теплообменника за счет удаления пара, образующегося внутри труб газового конденсата при нагреве в теплообменнике, а также обработаны образцы газового конденсата различной плотности в экспериментальной установке;

в экспериментальной установке достигнута интенсификация процесса нагрева за счет выпуска пара, образующегося из нагреваемого газового конденсата, через клапан, установленный в крышке установки, и в результате коэффициент теплоотдачи газового конденсата внутри труб установки увеличился в 1,24 раза;

процесс нагрева ускорен за счет уменьшения количества пара, образующегося в трубах теплообменника, и увеличения коэффициента теплопередачи в нем в 1,14 раза;

создана компьютерная модель в программе Matlab для изучения оптимальных режимов процесса нагрева в теплообменнике при стабилизации газового конденсата и выпуске пара, образующегося в трубах, и рассчитаны оптимальные значения процесса.

Достоверность результатов исследования.

Достоверность результатов исследования подтверждается чёткой постановкой научной проблемы, соответствием проведённых лабораторных экспериментов расчётным данным, точностью математических вычислений, теоретическим обоснованием выполненных исследований, публикацией материалов исследования на республиканских и зарубежных научно-практических конференциях, а также в научных изданиях, включённых в перечень Высшей аттестационной комиссии. Дополнительно достоверность подтверждается тем, что полученные экспериментальные результаты полностью согласуются с результатами производственных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость проведённого исследования заключается в том, что с

учётом физических и теплофизических свойств газового конденсата, за счёт выделения пара, образующегося в трубах аппарата в результате нагрева в усовершенствованном теплообменном устройстве, увеличились коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи сырья, движущегося в трубах, повышена температура процесса нагрева и количество передаваемого тепла, а также снизились расходы тепла и энергии.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что в результате снижения доли пара, образующегося в трубах кожухотрубного теплообменника, коэффициент теплопередачи газового конденсата увеличивается в 1,24 раза, а коэффициент теплопередачи в 1,14 раза, что приводит к повышению КПД и срока службы аппарата, а также улучшению качества и количества получаемого продукта, создана компьютерная модель процесса нагрева в программе Matlab и рассчитаны оптимальные параметры процесса, разработана энергосберегающая технология устройства стабилизации газового конденсата.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по интенсификации процесса нагрева при стабилизации газового конденсата путём совершенствования теплообменного аппарата:

теплообменный аппарат с усовершенствованной конструкцией крышки включен в перечень перспективных разработок «Шуртанское управление нефтегазодобычи» для внедрения в практику в 2024-2026 годах (справка АО «Шуртанское управление нефтегазодобычи» №ОП02/ЭД-3900 от 10 октября 2024 года). В результате снижения пара, влияющего на процесс нагрева внутри труб данного аппарата, позволяет повысить коэффициент теплоотдачи газового конденсата и сократить потребляемую на процесс нагрева энергию на 12 %;

усовершенствованная технология процесса теплообмена жидких и газообразных углеводородов включена в «перечень перспективных разработок по внедрению в практику в 2024-2026 годах» Мубаракский газоперерабатывающий завод (справка АО Узбекнефтегаз Мубаракский газоперерабатывающий завод №876/СК-10 от 21 октября 2024 г.). В результате уменьшения количества пара (лабораторные исследования показали, что в его составе содержится: метан 44,593 %, этан 32,852 %, пропан 7,685 %, бутан 5,845 %, пентан 1,208 %, гексан 0,472 %, гептан и высшие жидкие углеводороды 0,987 %, углекислый газ 4,842 %, азот 1,241 % и сероводород 0,234 %) увеличивается количество жидких углеводородов. За счёт увеличения контакта потока, подлежащего нагреву, с поверхностью стенки трубы процесс нагрева интенсифицируется, что позволяет поднять температуру продукта на выходе из аппарата с 120 °С до 135 °С.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследования были обсуждены на 3 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 23 научные работы, в том числе 8 статей в изданиях,

рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, 3 статьи в зарубежных журналах и 3 статей в республиканских изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из перечня условных обозначений, введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность проводимых исследований, определены цель и задачи работы, описаны объект и предмет исследования, а также приведена степень изученности рассматриваемой проблемы и показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Изложена научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных данных, раскрыто их теоретическое и практическое значение, представлены сведения о внедрении и апробации результатов, опубликованных научных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние и совершенствование теплообменных аппаратов в технологии переработки нефти и газа»** рассмотрено значение теплообменных устройств, применяемых в технологиях переработки нефти и газа; проанализированы основные конструктивные типы трубчатых теплообменных аппаратов, основные закономерности процесса нагрева сырья в данных устройствах, характеристики теплоносителей, используемых в теплообменных процессах, а также представлен анализ научных трудов и литературы о современных тенденциях повышения эффективности теплообменных устройств и на этой основе сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Исследование экспериментальной установки и определение физико-теплофизических свойств сырья расчётным и экспериментальным путём»** приведено описание опытной установки теплообменника, дана её характеристика и методика проведения эксперимента, рассмотрены физические и теплофизические свойства газового конденсата, также представлены данные, полученные расчётным путём через определение теплоты испарения и конденсации газового конденсата в процессе теплообмена. В лабораторных условиях на экспериментальной установке усовершенствованного кожухотрубного теплообменника было исследовано фракционное содержание образцов газового конденсата в процессе нагрева.

На основе описания экспериментальной установки двухходового кожухотрубного теплообменника и методики проведения испытаний были выполнены опытно-экспериментальные работы. В установке нагревающий агент движется в межтрубном пространстве, а нагреваемый агент внутри

труб. В качестве нагревающего агента используется стабильный конденсат, а в качестве нагреваемого агента газовый конденсат или нестабильный конденсат. Схема и общий вид экспериментальной установки теплообменника представлены на рисунке 1.

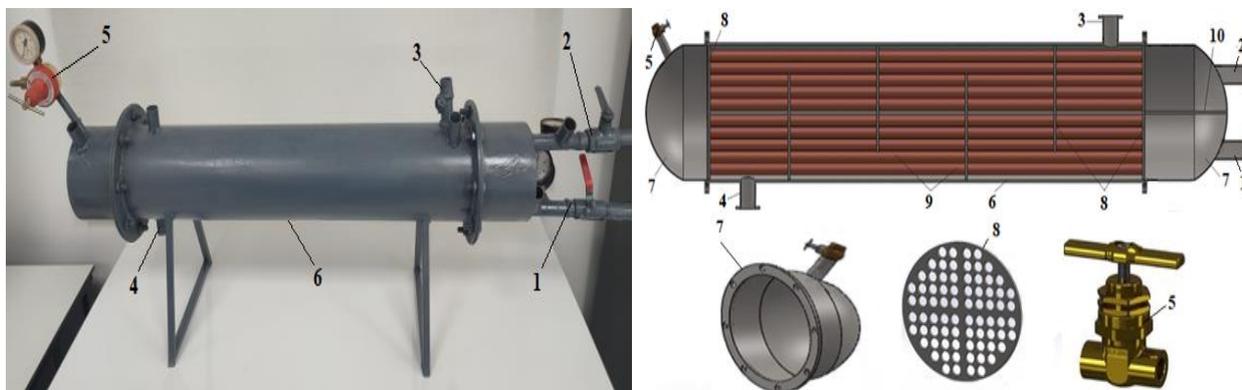


Рис. 1. Экспериментальная установка теплообменника и её схема: 1 и 2 – входная и выходная части труб аппарата; 3 и 4 – входная и выходная части межтрубного пространства аппарата; 5 – клапан; 6 – корпус аппарата; 7 – крышечная камера аппарата; 8 – трубная решётка; 9 – трубы; 10 – перегородка.

Технологическая схема экспериментальной установки, используемой для нагрева газового конденсата, показана на рисунке 2.

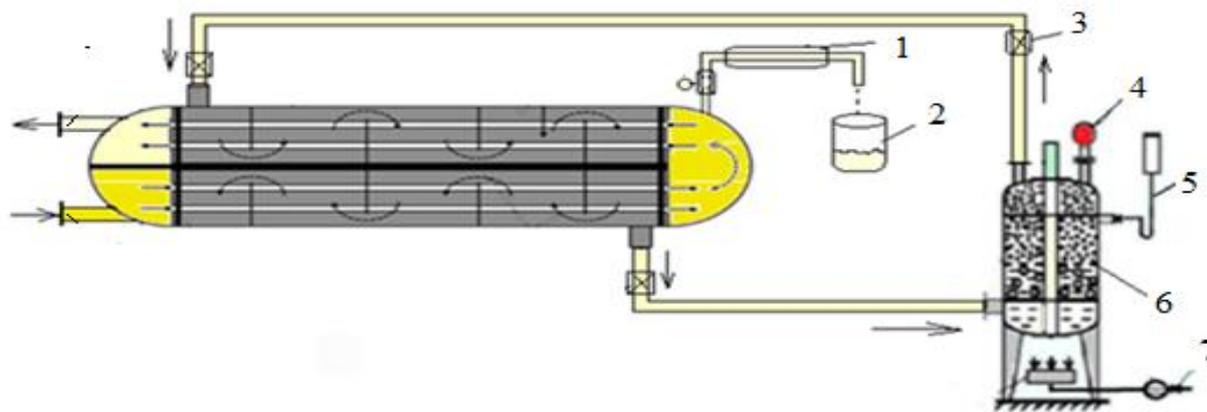


Рис. 2. Технологическая схема экспериментальной установки, используемой для нагреве газового конденсата: 1 – водяной холодильник; 2 – сборник; 3 – регулирующий кран; 4 – манометр; 5 – манометрический термометр; 6 – печь; 7 – счётчик расхода природного газа и регулирующий кран.

В лабораторных условиях были исследованы три образца газового конденсата, отобранные для проведения эксперимента. Они классифицируются в зависимости от месторождения, из которого добыты: газовый конденсат низкой плотности (до 750 кг/м^3); средней плотности (в пределах $750\text{-}800 \text{ кг/м}^3$); высокой плотности (более 800 кг/м^3). Каждый образец исходного сырья объёмом 10 литров при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ с

помощью насоса подаётся через входной патрубок (1) в трубное пространство теплообменного аппарата. Процесс в установке проводится при нормальном давлении 0,1 МПа и повышенном давлении 0,5 МПа. Температура и давление нагревающего и нагреваемого агентов на входе и выходе контролируются с помощью термометров и манометров, установленных на соответствующих участках аппарата. Стабильный конденсат в печи (6) нагревается до температуры 150 °С и подаётся во входное межтрубное пространство (3) теплообменника. В печи нагрев осуществляется за счёт природного газа, подача и расход которого регулируются при помощи счётчика и крана (7). Нагретый стабильный конденсат высокой температуры под контролем термометра (5) и манометра (4) поступает в межтрубное пространство аппарата, где происходит процесс теплообмена. В результате нагрева газового конденсата в трубах образуется паровая фракция. По мере протекания процесса количество пара в трубах увеличивается относительно жидкости, что приводит к снижению эффективности теплообмена. Для интенсификации процесса необходимо удалить образующийся пар из труб. Для этого используется автоматизированный клапан типа PCV (5), установленный в крышечной части аппарата, через который пар газового конденсата отводится наружу. Выходящий из крышки аппарата пар газового конденсата охлаждается в водяном холодильнике (1), конденсируется и в жидком виде собирается в ёмкости (2), где измеряется его объём. Кроме того, при каждом увеличении температуры крышки на 10 °С фиксируется температура фракции газового конденсата, выходящей из выходного патрубка (2). Процесс продолжается до тех пор, пока температура крышки не достигнет примерно 55 °С (при закрытом клапане она составляла 47 °С). За счёт снижения образования пара в трубах процесс теплообмена постепенно интенсифицируется. В результате температура газового конденсата повышается с 20 °С до 75 °С (в исходном состоянии составляла 60–62 °С), а температура нагревающего агента снижается с 150 °С до 90 °С (в исходном состоянии составляла 100 °С). По результатам опытно-экспериментальных испытаний определяется доля образующегося пара (%), для чего измеряется соотношение объёма газового конденсата, собранного в мерной ёмкости, к исходному сырью газового конденсата. В целом, при применении данного процесса в промышленности было установлено, что нестабильное сырьё газового конденсата расходом 20 т/с при температуре 20 °С последовательно поступает во внутренние трубы теплообменных аппаратов, и температура стабилизированного конденсата на выходе из установок повышается до 135 °С (в исходном состоянии составляла 120 °С).

При проведении процесса нагрева в предлагаемом теплообменном аппарате при давлениях 0,1 МПа и 0,5 МПа в результате нагрева сырья внутри труб аппарата образуется паровая фракция, которая выводится из аппарата через клапан, установленный в крышечной части. Температуры кипения компонентов, входящих в состав данной паровой фракции,

рассчитываются с использованием уравнения Клапейрона–Клаузиуса следующим образом:

$$T_1 = \left(\frac{1}{T_2} - \frac{R \cdot \ln \frac{P_1}{P_2}}{\Delta H_{нар}} \right)^{-1} \quad (1)$$

где, T_2 - температура кипения вещества, К; P_2 - давление в нормальных условиях; $R=8,31$ Дж/моль·К; $\Delta H_{нар}$ - энергия испарения (теплота парообразования) вещества, кДж/моль.

Результаты экспериментальных исследований процесса нагрева смеси газового конденсата под давлением 0,5 МПа в промышленно применяемом и предлагаемом экспериментальном теплообменном аппарате приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

Продолжительность процесса нагрева (мин).	Температура газового конденсата на входе в установку, °С	Температура теплоносителя, поступающего в устройство, °С	В существующем теплообменном аппарате		В предлагаемом теплообменном аппарате		
			Температура газового конденсата в крышечной части установки, °С	Температура продукта на выходе из установки, °С	Температура газового конденсата в крышечной части аппарата, °С	Температура продукта на выходе из установки, °С	Доля пара, образующегося во внутренних трубах и выходящего через крышечную часть аппарата, %
1	20	150	25	39	25	43	2
3	20	150	35	52	35	59	10
6	20	150	45	60	45	67	16
10	20	150	47	62	55	75	20

В результате протекания процесса теплообмена при различных давлениях (0,1 МПа и 0,5 МПа) были рассчитаны температуры кипения и испарения некоторых компонентов, а именно легких углеводородов (метан, этан, пропан, бутан), пентанового углеводорода и кислых компонентов (в основном сероводорода, азота, оксида углерода IV), содержащихся в паровых фракциях, выходящих из клапана, установленного на крышке устройства, и их значения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Температуры кипения отдельных компонентов пара при различных давлениях, °С

	Метан	Этан	Пропан	Бутан	Пентан	Сероводород	Азот	Оксид углерода
0,1 МПа	-161,5	-88,63	-42,1	-0,5	36,1	-60,38	-195,8	-78,5
0,5 МПа	-161,6	-50,9	4,2	49,5	92	-22	-149	-5,5

Также на основе эксперимента определены доли (%) углеводородов в составе стабилизированного газового конденсата и паровой фракции,

выходящей из клапана установки в существующей и предлагаемой теплообменной установке с помощью газовой хроматографии марки ЛХМ 80М в Центральной лаборатории обрабатывающей промышленности (таблица 3). Температура полученной паровой фракции составляла 45 °С, а также значения компонентов, полученных из этой паровой фракции, соответствуют требованиям ГОСТ 34858-2022.

Таблица 3

Доли углеводородов в составе стабилизированного газового конденсата и паровой фракции, выходящей из клапана установки в существующем и предлагаемом теплообменнике (%)

Названия фракций	Стабилизированная фракция газового конденсата в существующей теплообменной установке	Стабилизированная фракция газового конденсата в предлагаемой теплообменной установке	Фракция пара из клапана
CH ₄	12,758	2,043	44,593
C ₂ H ₆	6,479	2,847	32,852
C ₃ H ₈	4,685	4,105	7,685
C ₄ H ₁₀	4,086	3,514	5,845
C ₅ H ₁₂	0,997	0,972	1,208
C ₆ H ₁₄	0,399	0,415	0,472
∑C ₇ H ₁₆ и другие углеводороды	68,763	85,696	0,987
N ₂	0,498	0,091	1,241
CO ₂	1,296	0,317	4,892
H ₂ S и другие газы	0,047	0,009	0,234
Итого:	100	100	100

Таблица 4

Теплофизические свойства лёгких компонентов паровой фракции газового конденсата при 45 °С

Компонент	Доля пара	C _p , Дж/(кг·К)	ρ, кг/м ³	μ·10 ⁻⁷ , Па·с	λ, Вт/(м·К)
CH ₄	0,44593	0,52	0,631	102,29	0,0217
C ₂ H ₆	0,32852	0,82	1,063	82,39	0,0214
C ₃ H ₈	0,07685	1,52	1,872	73,58	0,0205
C ₄ H ₁₀	0,05845	1,56	1,67	85,02	0,0184
N ₂ , H ₂ S, CO ₂	0,06367	0,63	1,30	15,77	0,0195
Итого:	0,97342	0,749	0,954	84,29	0,0206

В экспериментальной установке при нагреве газового конденсата, когда температура в крышечной части аппарата достигала 45 °С, были проанализированы показатели физических и теплофизических свойств лёгких компонентов, входящих в состав пара газового конденсата, образующегося в трубах аппарата и выходящего через клапан, установленный в крышечной части. Анализ был проведён на основе экспериментальных испытаний и с использованием эмпирических формул. Кроме того, на основе правила аддитивности были рассчитаны

теплофизические свойства только лёгких компонентов, входящих в состав паровой фракции газового конденсата, образующейся внутри труб теплообменного аппарата при различных температурах, а именно: плотность, кинематическая и динамическая вязкость, теплоёмкость и теплопроводность (приведены в таблице 4). Указанные выше результаты нашли отражение в диссертационной работе.

В третьей главе диссертации под названием **«Определение технологических характеристик теплообменного аппарата посредством математико-статического моделирования»** изложены вопросы системного подхода к решению задач теплообмена, методы математико-статического моделирования процесса теплообмена, исследование данного процесса на основе полного факторного эксперимента, проверка адекватности регрессионного уравнения и погрешностей экспериментов, а также приведены оптимальные значения параметров процесса теплообмена. Основная цель моделирования процесса теплообмена заключается в построении уравнений, связывающих между собой физико-химические, гидродинамические и конструктивные параметры технологического процесса.

Для изучения влияния нескольких технологических факторов на процесс нагрева в ходе теплообмена в лабораторных условиях на предлагаемом промышленном теплообменном аппарате были проведены многократные экспериментальные испытания. В результате определены основные факторы, влияющие на процесс теплообмена. В таблице 5 приведены предельные значения факторов, воздействующих на процесс теплообмена при его математическом моделировании.

Таблица 5

Предельные значения воздействующих факторов

	Фракционный состав образцов газового конденсата (%)	Температура процесса нагрева (°C)
Факторы	z_1	z_2
Нижний уровень	2,5	35
Высокий уровень	8	55

На основе определения важности уравнения регрессии было разработано регрессионное уравнение с использованием кодированных переменных.

$$y = 0,36 + 1,3z_1 + 0,22z_2 \quad (2)$$

На основе этого уравнения в программе Matlab был построен график математической модели. На рис. 3 представлен график изменения доли образующегося пара в зависимости от концентрации образцов газового конденсата и температуры процесса нагрева. При этом было установлено, что при температуре процесса нагрева 51,8 °C и концентрации образцов газового конденсата 6,96 %, доля пара, образующегося из клапана, установленного на крышке устройства, составляет 19,95 %.

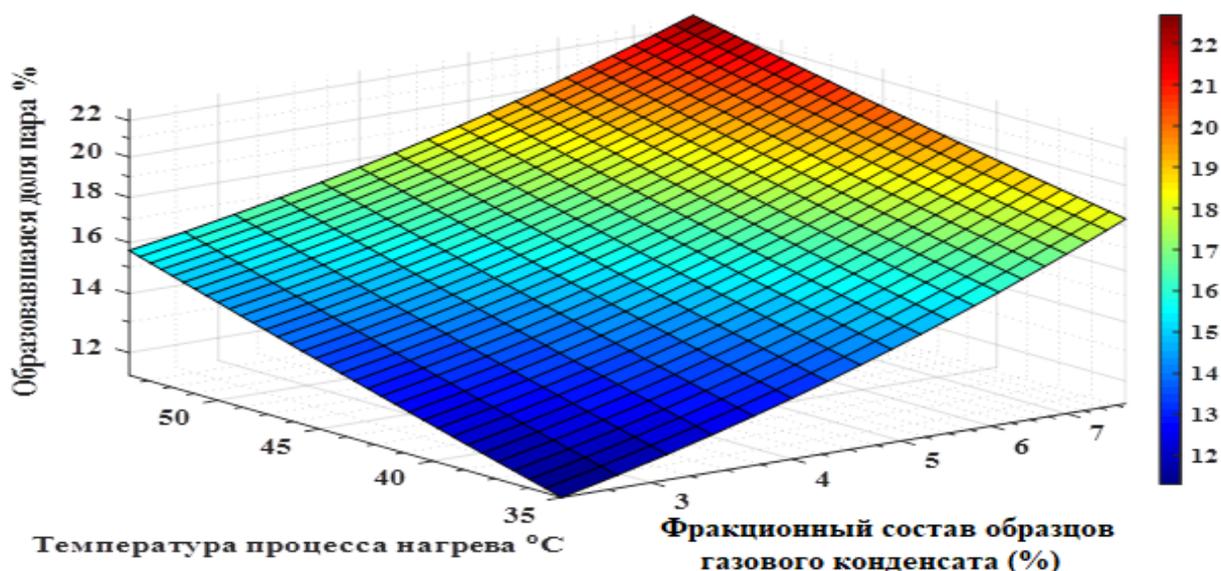


Рис. 3. Изменение концентрации образующегося пара в зависимости от процентного содержания фракций газового конденсата и температуры процесса нагрева.

В таблице 6 приведены оптимальные значения интенсификации процесса отопления, проведенного в усовершенствованном теплообменнике, т.е. значения, определенные на основе экспериментальных и математико-статистических методов моделирования.

Таблица 6

Значения, полученные в результате эксперимента и моделирования

№	Влияющие факторы	Фракционный состав образцов газового конденсата (%)	Температура процесса нагрева (°C)	Образованная доля пара (%)
1	Полученное в результате эксперимента значение	7	52	20
2	Оптимальное значение, полученное в результате моделирования	6,96	51,8	19,95

В четвертой главе диссертации «**Экспериментальные испытания теплообменного аппарата в производственных условиях и оценка его экономической эффективности**» были определены конструктивные размеры и гидродинамические параметры теплообменного аппарата, проведён анализ влияния теплоносителей на тепловую эффективность, составлены материальный и тепловой балансы процесса теплообмена, дана классификация процесса нагрева при стабилизации газового конденсата, а также выполнен сравнительный анализ теплообменных аппаратов, используемых в промышленности. Кроме того, приведены математические выражения, описывающие ожидаемую экономическую эффективность внедрения предлагаемого устройства.

Влияние теплоносителей на тепловую эффективность теплообменного аппарата было проанализировано на основе графических зависимостей (подробно изложено в четвёртой главе диссертации).

На рисунке 4 представлен график зависимости доли пара, образующегося через крышечный клапан теплообменного аппарата, от температуры процесса нагрева.

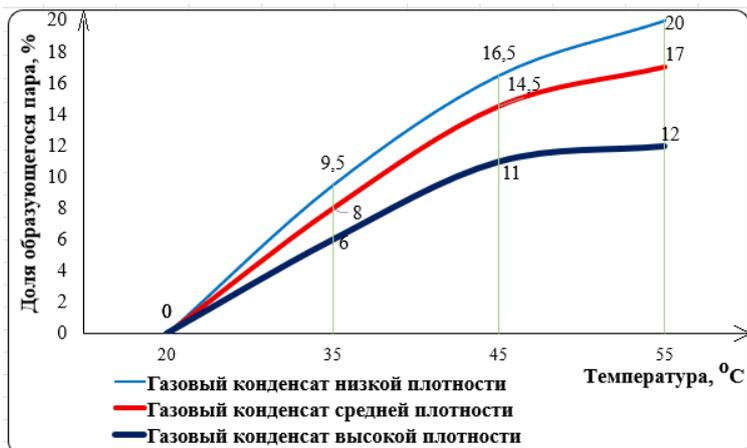


Рис. 4. Изменение доли пара, образующегося в внутренних трубках из образцов газоконденсата, в зависимости от температуры процесса нагрева.

На данном рисунке показано, что при достижении температуры 55 °C из газоконденсата

низкой плотности выделяется 20 % лёгкой паровой фракции, из газоконденсата средней плотности 17 % средней паровой фракции, а из образца газоконденсата высокой плотности 12 % тяжёлой паровой фракции, образующейся внутри труб и контролируемой через клапан, установленный в крышечной части аппарата (рисунок 4).

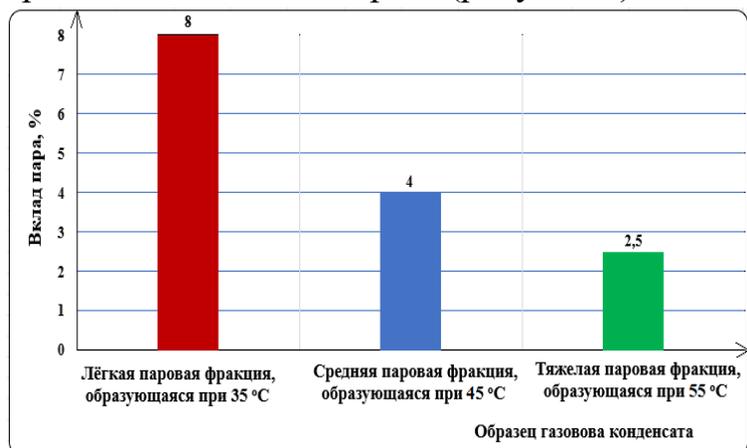


Рис. 5. График зависимости доли пара от типа конденсатного сырья.

На данном рисунке показано, что при нагреве образцов газоконденсатного сырья в теплообменной установке до 35 °C через клапан установки выделяется 8 % лёгкой паровой фракции, при 45 °C

6,5 % средней паровой фракции, а при нагреве до 55 °C 2,5 % тяжёлой паровой фракции, образующейся в трубках (см. рис. 5).

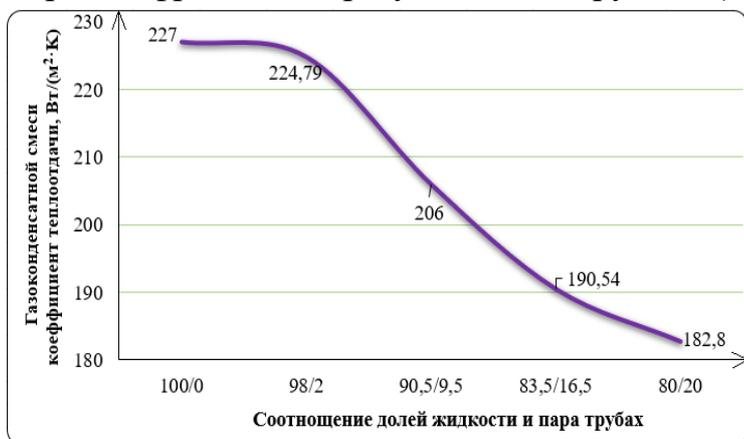


Рис. 6. Зависимость коэффициентов теплоотдачи газоконденсатной смеси от соотношения жидкой и паровой фаз в смеси.

Было установлено, что в трубках промышленной установки соотношение (%) жидкой и паровой фаз в

смеси газоконденсата составляет 100/0; 99/1; 90,5/9,5; 83,5/16,5 и 80/20. При соотношении 100/0 коэффициент теплоотдачи смеси равен

227 Вт/(м²·К), при 99/1 224,79 Вт/(м²·К), при 90,5/9,5 206 Вт/(м²·К), при 83,5/16,5 190,54 Вт/(м²·К), а при 80/20 коэффициент теплоотдачи снижается до 182,8 Вт/(м²·К) (см. рис.6).

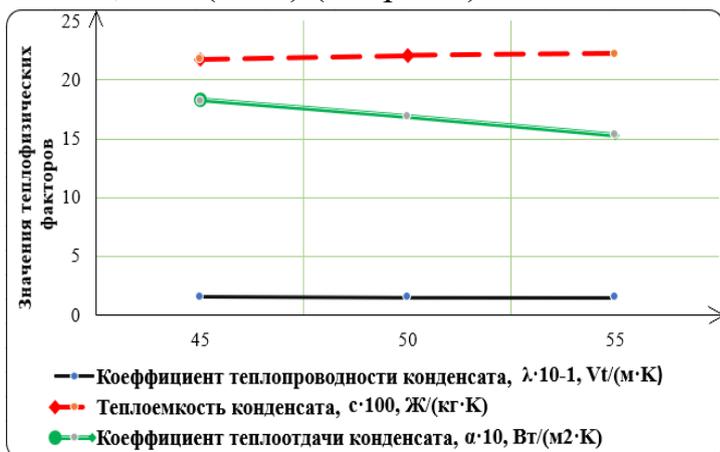


Рис. 7. Влияние изменение температуры на теплофизические свойства газова конденсата.

На рисунке 7 представлен график влияния изменения температуры на теплофизические свойства газова конденсата. Показано, что при температурах 45 °С,

50 °С и 55 °С коэффициент теплоотдачи газоконденсатной смеси уменьшается соответственно до 227 Вт/(м²·К), 206Вт/(м²·К) и 182,8 Вт/(м²·К), а коэффициент теплопроводности снижается до 0,1602 Вт/(м·К), 0,1596 Вт/(м·К) и 0,1595 Вт/(м·К). В то же время теплоёмкость газового конденсата возрастает соответственно до 2175 Дж/(кг·К), 2210 Дж/(кг·К) и 2225 Дж/(кг·К), что также наглядно показано на графике (рисунок 7).



Рис. 8. График зависимости концентрации образующегося пара от длины трубы.

Согласно результатам экспериментальных испытаний, при нагревании газового конденсата, движущегося внутри труб существующей установки,

концентрация образующегося по длине аппарата пара составляет около 20 %, тогда как в усовершенствованной, предлагаемой для производства установке образование пара не превышает 1 % (рисунок 8).

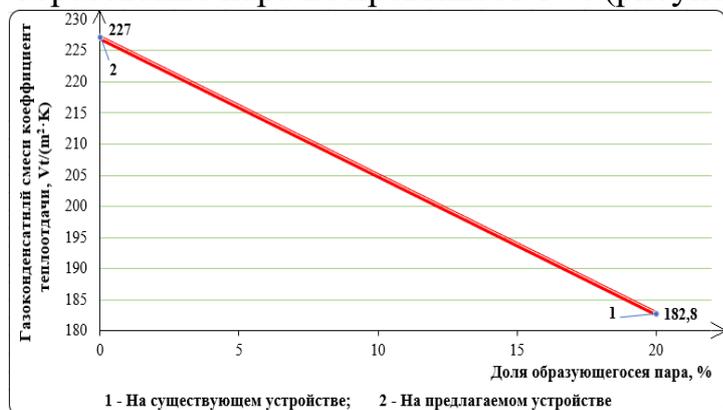


Рис. 9. Зависимость концентрации пара, образующегося в трубах, от коэффициента теплоотдачи газоконденсатной смеси.

На этом рисунке показано, что после отделения пара, образующегося в трубах установки, от клапана,

установленного на ее крышке, коэффициенты теплоотдачи газового

конденсата увеличиваются на 227 Вт/(м²·К), а также при концентрации пара, образующегося в трубах существующей установки, на 20 % коэффициенты теплоотдачи газового конденсата уменьшаются на 182,8 Вт/(м²·К) (рис. 9).

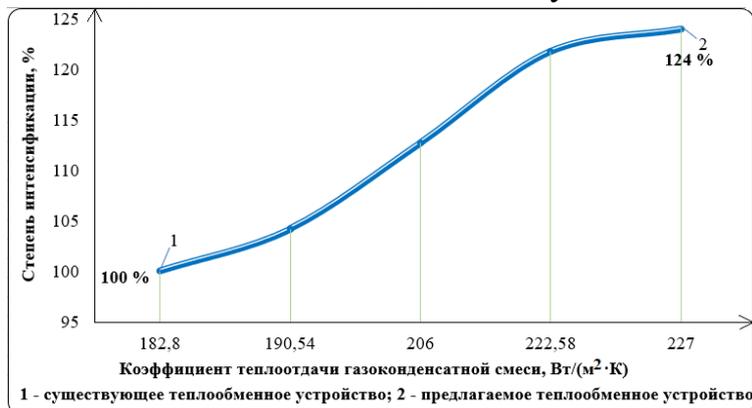


Рис. 10. Зависимость степени интенсификации от коэффициента теплоотдачи газоконденсатной смеси.

На рисунке 10 показано, что в существующей в промышленности теплообменной установке при коэффициенте

теплоотдачи газоконденсатной смеси 182,8 Вт/(м²·К) степень интенсификации процесса нагрева составляет 100 %, а в предлагаемой установке при коэффициенте теплоотдачи газоконденсатной смеси 190,54Вт/(м²·К) 104,2 %, 206 Вт/(м²·К) 112,7 %, 222,58 Вт/(м²·К) 121,7 % и 227 Вт/(м²·К) степень интенсификации процесса нагрева равна 124 %.

В таблице 7 приведены значения материального баланса установки стабилизации газового конденсата.

Таблица 7

Материальный баланс установки стабилизации газового конденсата

Вход	кг/час	тонн/год	%
Нестабильный газовый конденсат	25000	200000	100
Метан	296	2368	1,184
Этан	308	2464	1,232
Пропан	335,25	2682	1,341
Бутан	328,75	2630	1,315
Пентан и более тяжёлые углеводороды	314	2512	1,256
N ₂	309,5	2476	1,238
H ₂ S	22995,25	183962	91,981
CO ₂	34,75	278	0,139
Выход	4,25	34	0,017
Стабилизированный газовый конденсат	74,25	594	0,297
Смесь пропана и бутана	25000	200000	100
Дезанизационные газы	23430,5	187444	93,722
Атмосферные газы	557,75	4462	2,231

Таблица 8

Тепловой баланс установки стабилизации газового конденсата

Наименование	Показатель расхода		Годовые затраты	
	Единица измерения	Показатель потребления	Единица измерения	Количество
Газовый конденсат (сырьё)	тонн	25	тысяч тон	791,4488
Топочный газ для печей	м ³	31,53	м ³	25200
Циркуляционная вода	м ³	120,7	м ³	965,6
Пар, тонн	тонн	1,92	тысяч тон	15360
Тепловая энергия: - для процесса; - для оборудования	кВт	726	тыс. кВт	5710
	кВт	1033	тыс. кВт	8300

В таблице 8 приведен тепловой баланс установки стабилизации газового конденсата.

В таблице 9 приведены сравнительные показатели трубчатых теплообменных аппаратов, используемых в промышленности, и предлагаемых к внедрению, а также протекающих в них процессов.

Таблица 9

Сравнительные показатели существующего и предлагаемого трубчатого теплообменного аппарата и процессов, происходящих в них

Показатели теплообменного аппарата	В существующем устройстве	В предлагаемом устройстве
(КТТА) в крышечной части установлен клапан	Отсутствует	Имеется
Температура нагревающего агента на входе, °С	240	220
Температура нагревающего агента на выходе, °С	95	85
Температура нагреваемого агента на входе, °С	20	20
Температура нагреваемого агента на выходе, °С	120	135
Поверхность теплообмена, F, м ²	83	87
Коэффициент теплоотдачи, α, Вт/(м ² ·К)	182,8	227
Коэффициент теплопередачи, К, Вт/(м ² ·К)	110	125
Количество передаваемого тепла, Q, Вт	360360	598125

На рисунке 11 приведён сравнительный анализ технологической (действующей в промышленности) и принципиальной технологической (предлагаемой для промышленного применения) схем установки стабилизации газового конденсата.

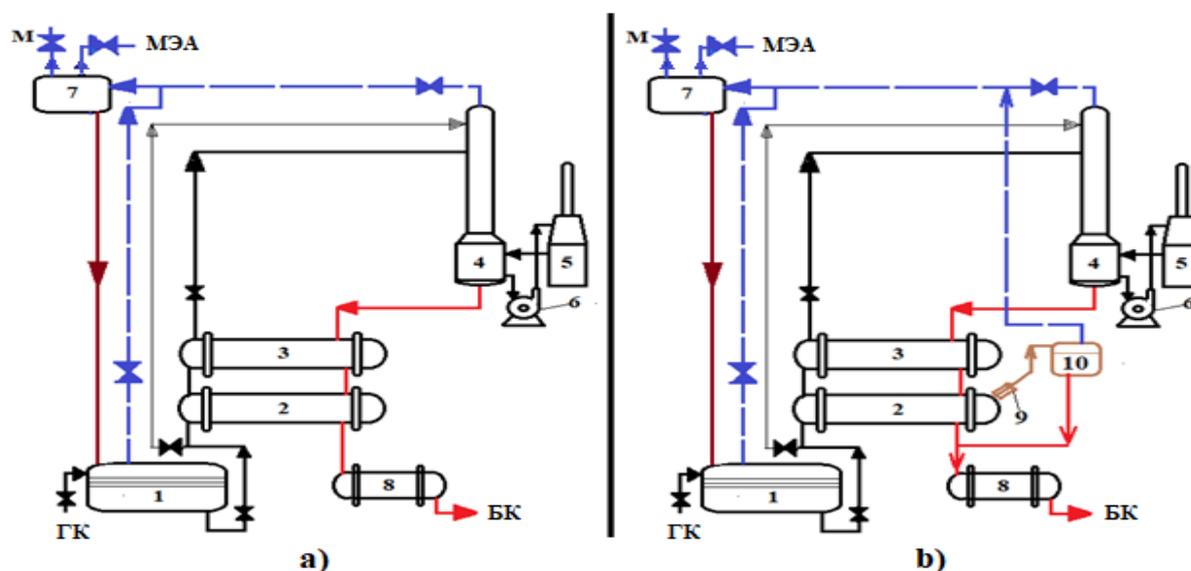


Рис. 11. Технологическая (а) и принципиальная технологическая (б) схемы установки стабилизации газового конденсата: 1 – сепаратор; 2 – Т-1/1; 3 – Т-1/2; 4 – колонна стабилизации; 5 – печь; 6 – насос; 7 – утилизатор; 8 – охладительное устройство; 9 – клапан; 10 – ёмкость; ГК – газовый конденсат; БК – стабилизированный конденсат; М – факел; МЭА – метано-этановая смесь.

На данном рисунке показано, что новая принципиальная технологическая схема установки стабилизации газового конденсата отличается от существующей технологической схемы наличием клапана (9) установленного на теплообменнике (ТАУ-1.1) и ёмкости (10).

В таблице 10 приведены расчётные показатели ожидаемой экономической эффективности внедрения в производство существующего и предлагаемого теплообменного устройства.

Таблица 10

Экономическая эффективность

В существующем устройстве (сум)		В предлагаемом устройстве (сум)		Разница (сум)	
час	годовой	Час	Годовой	Час	Годовой
256873	2250192614	226051	1980208557	30 822	270 млн

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В опытной установке при нагреве трёх типов образцов газового конденсата (низкой, средней и высокой плотности) до 35 °С в трубах устройства в среднем образуется 7 % паровой фракции, при 45 °С 13 %, а при 55 °С 18 %. Кроме того, на основе эксперимента было исследовано выход паров, образующихся внутри труб при нагреве газового конденсата в теплообменнике с усовершенствованной конструкцией крышки, через клапан, установленный в крышечной части устройства. Физические и теплофизические свойства, а также количественный состав компонентов пара были проанализированы с использованием уравнения Клапейрона-Клауса;

2. При моделировании процесса теплообмена на основе плана многофакторного эксперимента была разработана регрессионная модель, в которой определены предельные значения влияющих факторов, а именно: температура нагрева (от 35 °С до 55 °С) и концентрация образцов газового конденсата (от 2,5 % до 8 %), а также значимые и незначимые коэффициенты в соответствии с критерием Стьюдента;

3. Адекватность экспериментальных и теоретических результатов была обоснована соответствием значения критерия уровню значимости и степени свободы, а также его удовлетворением табличным критическим точкам распределения Фишера $F_{расч} = 3,37 < F_{табл} = 4,5$;

4. На основе сравнения экспериментальных данных и результатов моделирования были определены режимы, позволяющие снизить энергозатраты на нагрев путём предотвращения образования пара внутри труб нагревательного устройства. В частности, для обеспечения степени интенсификации процесса нагрева, равной 19,95 %, были рассчитаны оптимальные параметры: температура нагрева 51,8 °С и доля фракций газового конденсата 6,96 %;

5. В результате уменьшения образования пара внутри труб усовершенствованного теплообменника количество передаваемого газовому конденсату тепла увеличилось с 360 360 Вт до 598 125 Вт, коэффициент

теплоотдачи с 182,8 Вт/(м²·К) до 227 Вт/(м²·К), а коэффициент теплопередачи со 110 Вт/(м²·К) до 125 Вт/(м²·К);

6. Разработана экспериментальная установка с усовершенствованной конструкцией крышки, улучшенными энергосберегающими и тепловыми показателями за счет безопасной, долгосрочной работы трубчатого теплообменника, высокой термостойкости, высокого коэффициента теплоотдачи в трубах. Кроме того, практическое внедрение предлагаемого трубчатого теплообменника включено в перспективные планы на 2024–2026 годы Шуртанского управления добычи нефти и газа и Мубарекского газоперерабатывающего завода.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/2025.27.12.T.16.05 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE BUKHARA STATE
TECHNICAL UNIVERSITY**

BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ISLOMOV ALISHER

**INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF HEATING GAS
CONDENSATE DURING ITS STABILIZATION BASED ON THE
IMPROVEMENT OF THE HEAT EXCHANGE DEVICE**

02.00.08 – Chemistry and technology of oil and gas

**DISSERTATION ABRSTRACT of the doctor of philosophy (PhD)
in TECHNICAL SCIENCES**

Bukhara – 2026

The topic of the the dissertation for the degree a Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences was registered with the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan numbered B2025.1.PhD/T3558.

The dissertation was completed at the Bukhara State Technical University.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) is posted on the web-page of the Scientific Council (www.bstu.uz) and the "Ziyonet" information and educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific advisor:	Abdurakhmonov Olim doctor of technical sciences (DSc), professor
Official opponents:	Dustov Khamro doctor of chemical sciences, professor Ismailov Oybek doctor of technical sciences (DSc), professor
Leading organization:	Tashkent State Technical University named after Islam Karimov

The defense of the dissertation will take place on March 25, 2026 at 15⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council DSc.03/2025.27.12.T.16.05 at Bukhara State Technical University. (Address: 15, K. Murtazayev street, 200117, Bukhara. Phone (998 65) 223-78-84; Fax: (998 65) 223-78-84; e-mail: info@edu.uz).

The dissertation is available at the Information resource center of Bukhara State Technical University (registered under number 493). (Address: 15. K. Murtazayev street, 200117, Bukhara. Phone: (+99865) 223-78-84).

The abstract of dissertation was distributed on March 12, 2026.
(register protocol №23 dates December 05, 2025.)



S.F.Fozilov
Chairman of the Scientific Council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

A.T.Oltiev
Scientific secretary of the scientific council on awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

Kh.B.Dustov
Chairman of the scientific seminar under the scientific council on awarding scientific degrees, doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The purpose of the research is the intensification of the heating process during stabilization of gas condensate based on the improvement of the tubular heat exchanger.

The object of the research is a shell-and-tube heat exchanger used in the gas condensate stabilization process.

The scientific novelty of dissertational research is as follows:

it has been scientifically substantiated that by removing the vapor generated during heating from the tubes of the improved heat exchanger, the key performance parameters of the process are enhanced; in particular, the gas condensate heat-transfer coefficient increases from 182,8 W/(m²·K) to 227 W/(m²·K), while the overall heat-transfer coefficient rises from 110 W/(m²·K) to 125 W/(m²·K);

it has been scientifically demonstrated that reducing the proportion of vapor formed inside the tubes during feedstock heating in the heat exchanger from 20 % to 1% leads to an increase in the process temperature by up to 15°C;

it has been scientifically proven that the vapor generated inside the heat-exchanger tubes is influenced by a set of factors, primarily the heating temperature and the fractional composition of the gas condensate samples;

it has been experimentally established that as the vapor fraction within the tubes decreases, the amount of heat transferred from the heat-transfer medium to the outer tube wall, and from the inner tube wall to the heated fluid increases by 1,66 times;

it has been scientifically substantiated that reducing the vapor fraction in the tubes of the heat exchanger with an improved cover design intensifies the heating process and decreases thermal and energy consumption by up to 12 %.

Implementation of the research results. Based on the results obtained from enhancing the heating process during gas condensate stabilization through the improvement of the heat-exchange apparatus:

the heat exchanger with an improved cover design has been included in the list of promising developments of the Shurtan Oil and Gas Production Department for implementation in 2024-2026 (Reference No.ОП02/ЭД-3900 of the Shurtan Oil and Gas Production Department Joint Stock Company dated October 10, 2024). As a result, reducing the vapor that affects the heating process inside the tubes of this device increases the heat transfer coefficient of the gas condensate and allows reducing the energy consumption for the heating process by 12 %;

the improved technology for the heat exchange process of liquid and gaseous hydrocarbons has been included in the “list of promising developments for practical implementation in 2024-2026” at the Mubarak Gas Processing Plant (Reference No.876/CK-10 of the “Mubarak Gas Processing Plant” of the “Uzbekneftegaz” Joint Stock Company dated October 21, 2024.). As a result, by reducing the vapor content in this apparatus (laboratory analysis showed that the vapor mainly contains: methane 44,593 %, ethane 32,852 %, propane 7,685 %, butane 5,845 %, pentane 1,208 %, hexane 0,472 %, heptane and heavier liquid

hydrocarbons 0,987 %, carbon dioxide 4,842 %, nitrogen 1,241 %, and hydrogen sulfide up to 0,234 %), and the increase in the amount of liquid hydrocarbons accelerates the heating process due to the increased collision of the heated flow with the surface of the pipe wall, allowing the temperature of the product leaving the device to increase from 120 °C to 135 °C.

Structure and volume of the dissertation. The content of the dissertation consists of conditional symbols, an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 116 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Исломов А.Н., Абдурахмонов О.Р. Улучшение процесса теплообмена за счет изменения конструкция крышки трубчатого теплообменника // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. - 2024-11(128) - С. 9-12. (02.00.00. №1)
2. А.Н. Исломов, О.Р. Абдурахмонов, М.Н. Муродов. Достижение энергоэффективности за счет совершенствования кожухотрубчатых теплообменников // Universum: техн. науки: электрон. науч. журн. -2025-2(131) - С. 67-71. (02.00.00. №1)
3. Islomov A.N., Abduraxmonov O.R. Exploratory analysis of condensate stabilization in a tube heat exchanger // International multidisciplinary journal for research & development. eISSN:2394-6334, Journal India, Volume 11, issue 12, - 2024 - P. 87-92. (Impact Factor 8.854).
4. Islomov A.N., Abduraxmonov O.R., Do'stov H.B., Panoev E.R. Sanoatda issiqlik almashinish jarayonini optimallashtirish // "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" ilmiy-texnikaviy jurnal. Buxoro. -2024. -55-62-b. (02.00.00. №14).
5. А.Н.Исломов, О.Р.Абдурахмонов. Роль рекуперативных теплообменников в нефтегазовой отрасли // "Development of science" ilmiy jurnali, Dekabr 2024. 6(1), 156-163-b. (ОАК Rayosatining 2024-yil 27-sentabrdagi 361-sonli qarori).
6. A.N.Islomov, O.R.Abduraxmonov. Issiqlik almashinish qurilmalarida isitilayotgan uglevodorodlarning fizik-kimyoviy tahlili // "Development of science" ilmiy jurnali, 2024. №6(1), -163-169-b. (ОАК Rayosatining 2024-yil 27-sentabrdagi 361-sonli qarori).

II bo'lim (II часть; part II)

7. Islomov A.N., Abduraxmonov O.R. Uglevodorodlarning fizik-kimyoviy tahlili // Yashil iqtisodiyot va taraqqiyot jurnali, Buxoro, 2024 yil iyun-iyul, Maxsus son, 207-212-b.
8. A.N.Islomov, O.R.Abduraxmonov. Using of high-temperature hydrocarbons as a heat transfer agent in increasing the efficiency of the heat exchange process // Yangi O'zbekiston, Yangi tadqiqotlar jurnali, Volume 1, issue 4, 01.12.2024. 165-171 b.
9. Olim Abdurakhmonov and Alisher Islomov. Ways to intensify the heat exchange process during heating of liquid carbohydrates // APITECH-IV-2022 - Journal of Physics: Conference series. 2388(2022)012179 -P.1-8.
10. А.Н.Исломов, О.Р.Абдурахмонов. Расчет коэффициента теплопередачи в теплообменнике // ИИТМА-2024. Сборник материалов. VIII Меж. научно-практической конференции. 21-23 ноября. -2024. -С. 393-395.
11. Olim Abdurakhmonov and Alisher Islomov. Improving the energy efficiency of heat exchange devices // "Zamonaviy jamiyatning barqaror

rivojlanishi uchun fan va texnologiyalar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi // 26-27 aprel 2024-y. 134-137-b.

12. Abduraxmonov O.R., Islomov A.N. Issiqlik uzatish koeffitsientini hisoblash // “Zamonaviy jamiyatning barqaror rivojlanishi uchun fan va texnologiyalar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi // 26-27 aprel 2024-y. 140-143-b.

13. A.N. Islomov, O.R. Abduraxmonov. Методы энергосбережения при переработке углеводородных газов // “Zamonaviy jamiyatning barqaror rivojlanishi uchun fan va texnologiyalar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi // 26-27 aprel 2024-y. 146-149-b.

14. A.N. Islomov, O.R. Abduraxmonov, “Issiqlik almashinish samaradorligiga gidrodinamik rejimlarning ta'siri” “Zamonaviy jamiyatning barqaror rivojlanishi uchun fan va texnologiyalar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi // 26-27 aprel 2024-y. 149-152-b.

15. Islomov A.N., Abdurakhmanov O.R. Determination of the heat transfer coefficient in the improvement of the process of heat exchange of liquid and gaseous hydrocarbons // “Neft va gaz sanoatining dolzarb muammolari va istiqbollari” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya maqolalar to'plami, 15-16-oktabr 2024-yil II qism. 229-232-b.

16. Islomov A.N., Abdurakhmanov O.R. Issiqlik almashinish jarayonini takomillashtirish // “Neft va gaz sanoatining dolzarb muammolari va istiqbollari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya maqolalar to'plami, 15-16-oktabr 2024-yil II qism. 232-235-b.

17. Исломов А.Н., Абдурахмонов О.Р. Исследование процесса теплообмена на основе полнофакторного эксперимента // “Muhandislik texnologiyalarida yechimlarni topishda tizimli fikrlash” xalqaro ilmiy texnikaviy anjumani // Toshkent kimyo texnologiya instituti, 16-17 oktabr, 2025-yil. 477-b.

18. A.N.Islomov, O.R.Abduraxmonov. Sanoatda issiqlik almashinish qurilmalarining ahamiyati // Development of science: May 2024/1 Volume1, 203-209-b.

19. O.P.Абдурахмонов, А.Н.Исломов. Методы энергосбережения при переработке углеводородных газов // Development of science: May 2024/1 Volume1, 209-218-b.

20. Абдурахмонов Олим Рустамович, Исломов Алишер Нуриллаевич. Интенсификация процесса теплообмена в кожухотрубчатых теплообменниках // Development of science: May 2024/1 Volume1, 218-222-b.

21. Islomov A.N., Abduraxmonov O.R., Suyuq va gazsimon uglevodorodlarning issiqlik almashinish jarayonini takomillashtirish// Uzbekneftegaz “Ta’lim-ishlab chiqarish klasterida yoshlarning o‘rni” Respublika ilmiy-texnikaviy anjumani to'plami, 2022 yil 28-29-oktabr. 71-74-b.

22. A.N.Islomov, O.R.Abduraxmonov, A.H.Temirov. Issiqlik almashinish qurilmasini takomillashtirish orqali issiqlik almashinish jarayonining samaradorligini oshirish // “Zamonaviy dunyoda innovatsion tadqiqotlar: Nazariya va amaliyot” nomli ilmiy, masofaviy, onlayn konferensiya, 2024 yil 26(54). 9-12-b.

23. A.N. Islomov, O.R. Abduraxmonov. Suyuq va gazsimon uglevodorodlarning issiqlik almashinish jarayonida temperaturani nazorat qilish uchun dasturiy ta'minot. O'zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi huzuridagi intellectual mulk agentligining guvohnomasi № DGU. Qayd sanasi 03.12.2024-yil.

Avtoreferat “Rahmonov Hakimjon Qahramon o‘g‘lining” YaTT tahrirdan o‘tkazildi hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarning mosligi tekshirildi.

Bosishga ruxsat etildi: 11.03.2026 Bichimi: 60x84 1/16.
“Times New Roman” garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi 100. Buyurtma № 46.
Guvohnoma №1331551. 02.02.2021

“Rahmonov Hakimjon Qahramon o‘g‘lining” YaTT bosmaxonasida chop etildi.
Buxoro viloyati, Buxoro shahri, Navoiy shox ko‘chasi, 15-uy.

