

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY
KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

RAXIMJANOVA SHAXNOZA SAIDANVAROVNA

**UGLEVODOROD XOMASHYOSIGA ISSIQLIK ISHLOVI BERIB,
BIRLAMCHI XAYDASHGA TAYYORLASH JARAYONLARINI
OPTIMALLASHTIRISH**

02.00.16 - Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlari va apparatlari

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent - 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Raximjanova Shaxnoza Saidanvarovna

Uglevodorod xomashyosiga issiqlik ishlovi
berib birlamchi xaydashga tayyorlash
jarayonlarini optimallashtirish 4

Рахимжанова Шахноза Саиданваровна

Оптимизация процессов тепловой подготовки
углеводородного сырья к первичной перегонке 21

Rakhimjanova Shakhnoza Saidanvarovna

Optimisation of processes for the thermal preparation
of hydrocarbon raw materials for primary distillation 39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 42

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY
KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

RAXIMJANOVA SHAXNOZA SAIDANVAROVNA

**UGLEVODOROD XOMASHYOSIGA ISSIQLIK ISHLOVI BERIB,
BIRLAMCHI XAYDASHGA TAYYORLASH JARAYONLARINI
OPTIMALLASHTIRISH**

02.00.16 - Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlari va apparatlari

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent - 2025

Fabrika doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi boshqaruvi Oliy atamatsiyasi komissiyasida KIMM.L.Phd/T1734 raqam bilan ko'rib chiqilgan.

Dissertatsiya Toshkent kimyo-texnologiya institutiida bajarilgan.
Dissertatsiya o'qituvchisi uchun (to'liq, narx va uqituvchi (o'qituvchi) ilmiy kengash web-sahifasi www.iti.tu.uz va o'qituvchisi uchun to'liq ta'lim ta'limining www.uznet.uz joylashganligi.

Ilmiy rahbar:	Xudayberdiyev Abduhamid Abduhamidovich Texnika fanlari doktori, professor
Koordinatorlar:	Xamdamov Anvar Maxramovich Texnika fanlari doktori, dotsent, NaardTU; Narziyev Mirzo Saidovich Texnika fanlari doktori, dotsent, BDU.
Yirikchi institut:	Ukarmov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti.

Dissertatsiya mavzusi Toshkent kimyo-texnologiya instituti boshqaruvi ilmiy darajalar bo'yicha D66 03/30.12.2019.T.0401 raqamli ilmiy kengashning 2025 yil 09 oyida o'qituvchi ilmiy kengash majlisida ko'rib chiqildi (Mazot 100011, Toshkent sh. Shaxmatdilar tumani, A. Navoiy ko'chasi, 32. Tel: (99871) 2447920, faks (99871) 2447917, e-mail: dkt@info.iti.tu.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya instituti Akademik-usuliy markazida tanqidlash majlisi (M... raqam bilan ko'rib chiqilgan) Mazot 100011, Toshkent shahri, Shaxmatdilar tumani, Akhbar Navoiy ko'chasi, 32. Tel: (99871) 2447921.

Dissertatsiya muhuratini 2025 yil 09 oyida ko'rib chiqildi.
2025 yil 09 oyida ko'rib chiqildi (M... raqamli ro'yxat bayonnomasi).



Xudayberdiyev A.M.
Ilmiy darajalar bo'yicha ilmiy kengash a'zosi, k.f.d., akademik
Kudrov X.L.
Ilmiy darajalar bo'yicha ilmiy kengash a'zosi, k.f.d., professor
Xudayberdiyev G.R.
Ilmiy darajalar bo'yicha ilmiy kengash a'zosi, k.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Bugungi kunda motor yoqilg'isi, issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun asosiy xom ashyo neft va tabiiy gaz hisoblanib, motor yoqilg'isiga bo'lgan talabning uzluksiz o'sib borilishi bilan neft va gaz sanoati korxonalarini texnik va texnologik qayta jihozlash muhim ahamiyatga ega. Neftni xaydash jarayoni texnologik rejimlarini maqbullashtirish, uskunalar texnologik sxemalarini ratsional komponovkalash, tarkibiy texnologik qurilmalar konstruktsiyasini takomillashtirish orqali mahalliy uglevodorod xomashyosidan oqilona foydalanish, uni chuqur qayta ishlashning innovatsion texnologiyalarini o'zlashtirish va yaxshilangan ekologik ko'rsatkichlari bilan xalqaro standartlar talablariga mos keluvchi neft mahsulotlarini ishlab chiqarish tarmoqni yanada rivojlantirishning muhim yo'nalishi hisoblanadi.

Jahonda yoqilg'i-energetika kompleksining energiya samaradorligini oshirish va neftni haydashning energiyatejamkor texnologiyalarini qo'llashga yo'naltirilgan chuqur tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada uglerod xomashyosini qayta ishlashning energiya va resurslarni tejaydigan texnologiyalarini tadqiq etish, neft mahsulotlari turlarini kengaytirish va hajmini oshirish, ratsional sondagi qurilmalar bilan xomashyoni isitishni texnologik tizimlash, технологик oqimlar issiqligidan foydalanishni samarali tashkil etish, ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish va energetik sarfni qisqartirish imkonini beruvchi kam bosqichli texnologiyalarini maqbullashtirish va sinovdan o'tkazishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda neftni qayta ishlash tarmog'ida ishlab chiqarishni sifat jihatdan yangi bosqichga ko'tarish, modernizatsiyalash va diversifikatsiya qilish, innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish, ishlab chiqarilayotgan mahsulot hajmi va sifatini oshirish hamda turlarini kengaytirish, kam bosqichli texnologiyalarini maqbullashtirishga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «iqtisodiyotga innovatsiyalarni keng joriy etish, sanoat korxonalarini va ilmiy muassasalar o'rtasida kooperatsiya aloqalarini rivojlantirish, milliy iqtisodiyot barqarorligini ta'minlash bo'yicha sanoat siyosatini amalga oshirishni davom ettirish, yalpi ichki mahsulotda sanoatning ulushini oshirish va sanoat mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 1,4 barobar oshirish»¹ kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, jumladan, neft xomashyosini atmosfera bosimida xaydash uskunalari takomillashtirish, maqbul issiqlik tashuvchilarni tanlash bilan texnologik rejimlarini optimallashtirish, ularning energiya samaradorligini oshirish va neft mahsulotlarini ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi, 2020 yil 29 oktyabrdagi PF-6097-son «Ilm-fanni 2030-yilgacha rivojlantirish Kontsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi, 2020 yil 04 apreldagi PQ-4664-son «Neft-gaz tarmog'ining moliyaviy barqarorligini oshirish bo'yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to'g'risida»gi farmonlari va qarori mazkur faoliyatga

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida» farmoni

tegishli bo'lgan boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII. «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Uglarod xomashyosini qayta ishlash energiyatejamkor texnologiyalarining asoslarini yaratish, neft mahsulotlari turlarini kengaytirish va hajmini oshirish, ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish imkonini beruvchi kam bosqichli texnologiyalarini maqbullashtirish bo'yicha Mendeleev D.I., Gubkin I.M., Smith J.F.D., Bagaturov S.A., Voinov B.P., Kasatkin A.G., Aleksandrov A.I., Planovskiy A.N., Kafarov V.V., Skoblo A.I., Glagoleva O.F., Kapustin V.M., Manovyan A.K., Yusupbekov N.P., Salimov Z., Artikov A., Turobjonov S.M., Sayidaxmedov I.M., Sayidaxmedov Sh.M., Yunusov M.P., Abduraximov S.A., G'ulomov Sh.M., Ikromov A., Xudayberdiev A.A., Rahmonov T.Z., Abduraxmonov O.R., Xurmamatov A.M. Ismailov O.Yu. va boshqalar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Ular tomonidan kimyoviy texnologiya, neft-gaz kimyosi, neftni qayta ishlash texnologiyalari takomillashtirilgan, texnologik jihozlarni hisoblash va loyihalash asoslari yaratilgan, quvurli qurilmalarda issiqlik almashinish jarayonlarini amalga oshirishning energiyatejamkor texnologiyalari va suyuq uglevodorod oqimlarini turlicha gidrodinamik rejimlarda uzatishda energiya sarfini kamaytirish texnologiyalari tavsiya etilgan.

Shu bilan birga, neft xomashyosini atmosferada xaydash uskunalarni takomillashtirish, neftni muqobil issiqlik tashuvchilari bilan xaydash texnologiyasini ishlab chiqish, xom ashyoga issiqlik ishlovi berib haydashga tayyorlashning energiyatejamkor texnologik tizimlarini sintez qilish hamda neftni haydash uskunalarining texnologik rejimlarini, ularning energetik samaradorligini oshirish va ishlab chiqarilayotgan neft mahsulotlari tannarxini pasaytirish maqsadida, maqbullashtirish bo'yicha tadqiqotlar bugungi kunga qadar etarli darajada bajarilmagan.

Dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent kimyo-texnologiya instituti ilmiy tadqiqot ishlari rejasi va FA-A13-140 «Gidrodinamik rejimlarni optimallashtirish orqali birlamchi xaydash uchun uglevodorod xomashyosini isitish jarayonlarining energiya tejoychi texnologiyasini ishlab chiqish» (2014-2017 yy.) mavzusidagi amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi qobiq trubali apparatlarda uglevodorod xomashyosiga distillat fraksiyalari issiqlik oqimlari bilan ishlov berib, birlamchi xaydash texnologiyasini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

neft, gaz kondensati va ularning aralashmalarining asosiy fizik va issiqlik fizikaviy xossa ko'rsatkichlarini aniqlash va tajriba ma'lumotlariga matematik ishlov berish;

qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasining ishchi zonalarida distillat fraksiyalarining issiqligi bilan xom ashyoni isitish jarayonida sodir bo'ladigan jarayonlarni suyuqlik harakati va issiqlik energiyasini taqsimlanishi kanallar bo'ylab bo'yicha ko'p bosqichli tahlil qilish va apparatdagi jarayonning ierarxik tuzilishini aniqlash;

issiqlik almashinish qurilmasining ishchi zonalarida aniqlangan elementar jarayonlar salmog'ini qiyosiy baholash asosida neft xomashyosini isitish jarayonining matematik modelini qurish;

neft xomashyosini suyuq va bug' fazalaridagi distillat fraksiyalarining issiq oqimlari bilan isitishda qobiq trubali qurilmalarda issiqlik berish va issiqlik uzatish koeffitsientlarini hisoblashning aniqlashtirilgan metodikasini ishlab chiqish;

model yordamida jarayon statikasini o'rganish, apparat quvurlari uzunligi bo'ylab xomashyoning xarorat taqsimoti egri chiziqlarini qurish va tahlil qilish;

qobiq trubali issiqlik almashinish apparatlarda distillat fraksiyalarining issiq oqimlari bilan neft xomashyosini isitish jarayonini maqbullashtirish;

NQIZ sharoitida xomashyoga issiqlik ishlovi berib haydashga tayyorlash texnologiyasini aniqlangan maqbul konstruktiv-texnologik parametrlarini amalga oshirishning texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida neft, gaz kondensati va ularning aralashmalari, shuningdek ularni birlamchi xaydash jarayonida hosil bo'ladigan distillat fraksiyalari olingan.

Tadqiqotning predmetini issiqlik almashinish apparatlarida amalga oshiriladigan texnologik jarayonlar, neft-gaz kondensati aralashmasini distillat fraksiyalarining bug' va suyuq fazalaridagi issiq oqimlari bilan isitish, birlamchi haydashga tayyorlash jarayonlari va qurilmalari tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiyani bajarishda tajribalarni rejalashtirish, eksperimental natijalarni statistik qayta ishlash, neft va neft mahsulotlarining fizik va issiqlik-fizik xossa ko'rsatkichlarini aniqlash, texnologik jarayonlarni optimallashtirish, o'xshashlik nazariyasi va modellashtirish hamda tajriba natijalarini kompyuterda qayta ishlash usullaridan foydalanildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

neft xomashyosi va distillat fraksiyalari xossalarning faza holati va qizdirish haroratiga bog'liq o'zgarishi isbotlanib, qobiq trubali issiqlik almashinish apparatlarda issiqlik uzatish koeffitsienti aniqlangan;

atmosfera xaydash reglament sharoitida xom ashyoni isitish uchun, birinchi bosqich issiqlik almashinish apparatlari isitish sirtlarining optimal qiymatlari ($F_{opt} = 856,7 \text{ m}^2$, $G_0 = 105508 \text{ kg/soat}$, $t = 20 \div 150 \text{ }^\circ\text{C}$ va $F_{um} = 1781,7 \text{ m}^2$) aniqlanib, 925 m^2 isitish sirtining zaxirasida issiqlik yuklamasini $50 \div 62,5 \%$ ga oshirishi isbotlangan;

unumdorligi $105508,3 \text{ kg/soat}$ bo'lgan issiqlik almashinish apparatlarning reglamentlangan harorat bo'yicha ishlashi uchun isitiladigan xom ashyoning minimal qiymatini ta'minlaydigan jarayonning maqbul texnologik parametrlari asoslangan;

neft xomashyosini isituvchi issiqlik almashinish apparatlarning samaradorligini baholashning isitish yuzasi F birligiga to'g'ri keluvchi issiqlik Q va energiya N harajatlari nisbatini tavsiflovchi $\theta = Q/(NF)$ mezon asoslangan;

qobiq quvirli apparatlarda uglevodorod xomashyosiga distillat fraksiyalari issiqlik oqimlari bilan ishlov berish orqali takomillashtirilgan birlamchi xaydash texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

neft xomashyosi va distillat fraksiyalarining fizikaviy va termofizik xossalari trubali issiqlik almashinish apparatlarda oqim harakatining gidrodinamik rejimlariga ta'siri aniqlangan;

neftni qayta ishlash uskunasi tartibga solinadigan ish sharoitida xomashyoni oldindan qizdirishning 1-bosqichidagi qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmalarning maqbul parametrlari aniqlangan;

xom ashyoni xaydash uchun termik tayyorlashning 1-bosqichidagi quvurli isitgichlarda distillat fraksiyalarining issiq oqimlari bilan neft-gaz-kondensati aralashmasini isitish jarayoni maqbul parametrlari ishlab chiqilgan;

uglevodorod xomashyosiga distillat fraksiyalari issiqlik oqimlari bilan ishlov berish orqali birlamchi xaydashning takomillashtirilgan texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi matematik hisoblashlarning aniqligi, ularni nazariy tadqiqotlar bilan asoslanganligi, zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullarining qo'llanilganligi hamda olingan tajriba natijalarining ishlab chiqarish sinovlari natijalariga mos kelishi tadqiqot natijalarining ishonchliligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati distillat fraksiyalarining issiqlik oqimlaridan foydalanib qobiq-quvurli issiqlik almashinish qurilmalarida neft xomashyosini isitish jarayonlarini maqbullashtirishning ilmiy-amaliy asoslari rivojlantirilganligi va issiqlik uzatish quvurlari uzunligi bo'ylab xom ashyo va distillat fraksiyalarining haroratlari taqsimotini hisobga olgan holda issiqlik almashinish apparatlarini optimal hisoblash va loyihalash uslubini takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati distillat fraksiyalari issiqligidan foydalanib quvurli issiqlik almashinish apparatlarida xom ashyoni isitib xaydashga tayyorlashning 1-bosqichidagi jarayonlarni samarali tashkil etish va shu asosda energiya samarador ishchi yuzali apparatlar tutgan kam bosqichli birlamchi xaydashning takomillashgan texnologiyasini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Uglevodorod xomashyosiga issiqlik ishlovi berib birlamchi xaydashga tayyorlash jarayonlarini maqbullashtirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

distillat fraksiyalari issiqligi bilan uglevodorod xomashyosini birlamchi xaydash texnologiyasi «Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning «2025-2027 yillarda amaliyotga joriy etilishi bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati»ga kiritilgan («Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning 2025 yil 21 yanvardagi 01-05/112-sonli ma'lumotnomasi). Natijada birinchi bosqichidagi xom ashyoni isitish uchun issiqlik almashinish apparatlarining umumiy optimal isitish yuzasi ($F_{opt} = 856,7 \text{ m}^2$) hisoblanib, qurilmalarning issiqlik yuklamasini 50÷60 % ga oshirish imkonini beradi;

xom ashyoni qaynoq disstilyatlar oqimi bilan qizdirish texnologiyasi «Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning «2025-2027 yillarda amaliyotga joriy etilish bo‘yicha istiqbolli ishlanmalar ro‘yxati»ga kiritilgan («Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning 2025 yil 21 yanvardagi 01-05/112-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada, qizdiruvchi apparatlarning ekspluatatsion va energetik sarf harajatlarni 1,3 marotabagacha kamaytirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqotning asosiy natijalari 15 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 30 ta ilmiy ish chop etilgan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan nashrlarida 11 ta maqola, jumladan, 6 tasi Respublika va 5 tasi xalqaro jurnallarda nashr etilgan. O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining 2 ta DGU № 28440 va 27919-sonli guvohnomalari olindi.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 123 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya ishi mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va asosiy vazifalari shakllantirilgan, tadqiqotning ob‘ekti va predmeti tavsiflangan, dissertatsiya mavzusining Respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi ko‘rsatilgan, tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati bayon qilingan, olingan natijalarining ishonchligiga asoslanib, ularning ilmiy va amaliy ahamiyati ochilgan, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi xaqidagi ma‘lumotlar keltirilgan.

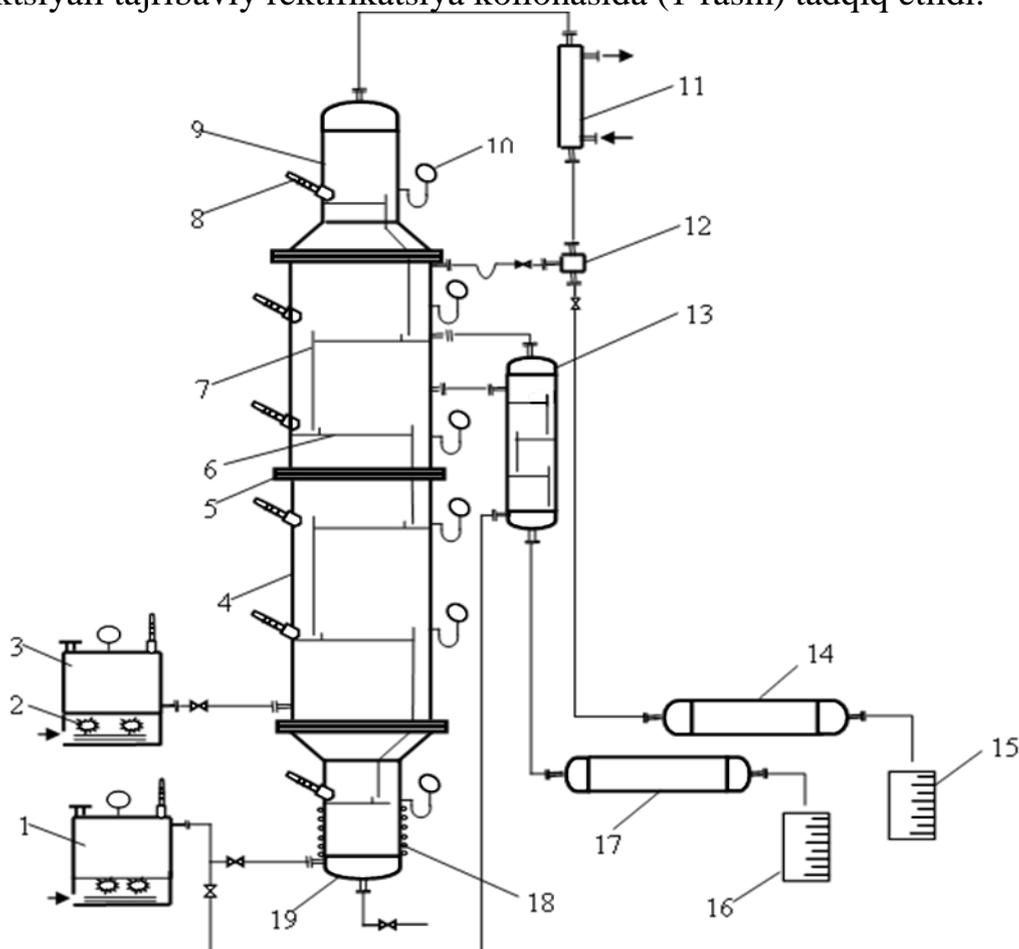
Dissertatsiyaning «**Uglevodorod xomashyosiga issiqlik ishlovi berib birlamchi xaydashga tayyorlash jarayonlari nazariyasi va amaliyoti asoslari**» deb nomlangan **birinchi bobida** adabiyotda keltirilgan konvektiv issiqlik almashinish asoslari, xomashyo, suyuq va bug‘ fazalaridagi distillatlar xossa ko‘rsatkichlarini hisoblash tenglamalari batafsil tahlil qilingan; turli konstruksiyadagi qobiq-trubali qurilmalarining ishlash samaradorligi kritik tahlil qilingan, quvurli qurilmalarda xomashyoni isitish jarayonlarini modellashtirish va optimallashtirish asoslariga e‘tibor berildi. Qayd etildiki, neftni qayta ishlash uskunalarning issiqlik almashtirgichlari issiqlik uzatish samaradorligi past, energiya sarfi yuqori va katta vazni va o‘lchamlari bilan ajralib turadi. Ko‘rib chiqilgan materiallarni tahlil qilish asosida xom ashyoni distillat fraksiyalarining issiqlik oqimlari bilan isitishning konstruktiv va texnologik parametrlarini maqbullashtirish orqali neftni qayta ishlash uskunalarning quvurli issiqlik almashtirgichlarni samaradorligini oshirishning ilmiy va amaliy tamoyillarini ishlab chiqishning maqsadga muvofiqligi asoslanadi va tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyasining «**Neft xomashyosiga issiqlik ishlovi berib xaydashga tayyorlash jarayonlarini tajriba-hisoblash yo‘li bilan tadqiq etish**» nomli **ikkinchi bobida** neft xomashyosini xaydash jarayonida kechadigan issiqlik va massa

almashinish jarayonlarini tadqiq etish uchun tajriba uskunalarning konstruksiyalari, ishlash printsiplari va o'tqazilgan tadqiqotlarning natijalari keltirilgan.

Quvurli apparatlarda distillat fraksiyalari bug'larini kondensatsiyalanishi paytida neft xomashyosini isitish va uni birlamchi xaydash jarayonlarini tadqiq etish ishlari O'zR FA Umumiy va noorganik kimyo institutining "Kimyoviy texnologiya jarayonlari va apparatlari" laboratoriyasida olib borilgan.

Neft va neftgazkondensati aralashmalarini xaydash jarayonining asosiy qonuniyatlari beshta disk tipidagi tarelkali kontakt moslamalari ($d = 76 \text{ mm}$) bilan butlangan uchta sektsiyali tajribaviy rektifikatsiya kollonasida (1-rasm) tadqiq etildi.



1 - bug 'qozon-qizdirgich; 2 - gaz gorelkasi; 3 - xom ashyoni isitgich; 4 - rektifikatsion kolonnasi; 5 - flanetsli birikma; 6 - klapanli tarelka; 7 - oqib tushish plastinasi; 8 - termometrlar; 9 - kollonna yuqori qismi; 10 - bug' bosimini o'lchash uchun manometrlar; 11- bug' fraksiyalarini kondensatsiyalash uchun vertical deflegmator; 12 - ajratuvchi moslama; 13- stripping-kolonna; 14 va 17 - fraksiyalar distillatlarini sovutish uchun gorizontaal suvli sovutkichlar; 15 va 16 - distillat fraksiyalari uchun o'lchov idishlari; 18 -elektr isitgich; 19 - kolonna kub qismi.

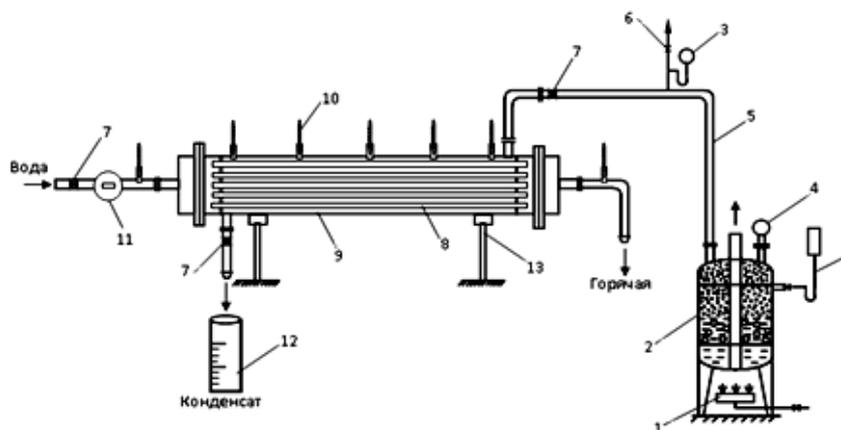
1-rasm. Uglevodorod xomashyosini xaydash etish uchun tajriba uskunasi sxemasi

Tajribalar davrida asosiy e'tibor rektifikatsiya kollonasining kub qismi va sektsiyalarida suyuqlik haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishini o'rganishga qaratildi.

Neft bug'larini quvurli apparatlarda kondensatsiyalanishi paytida xomashyoni isitish jarayoni asosan bug' generatori 2, qobiq-quvurli apparat 9 ($D = 70/76 \text{ mm}$, $d = 10/13 \text{ mm}$, $l = 1000 \text{ mm}$, trubalar soni $n = 7$ ta va $F = 0,236 \text{ m}^2$), kondensatni

yig'uvchi o'lchov idishi 12 va sovytuvchi agent sarfini o'lchash uchun hisoblagich 11 dan iborat bo'lgan tajriba uskunasida (2-rasm) tadqiq etildi.

Tajribalarda xomashyo va sovytuvchi suv haroratlarini vaqt va apparatning issiqlik almashinish quvuri uzunligi bo'yicha taqsimlanishi o'rganildi. Eksperimental qurilmalarda haroratni o'lchash natijalariga ko'ra Hisoblash-tajribalar o'tkazish yo'li bilan mahalliy neft, neftegazkondensat aralashmalari hamda bug' va suyuq holatidagi



1- gaz gorelkasi; 2- bug' generatori; 3- manometer; 4- manometrik termometr; 5- tytashtiryv quvuri; 6- prodyvka ventili; 7- ventily; 8- issiqlik uzatish quvurlari; 9- modulli qobiq-quvurli apparat; 10- termometr; 11- suv sarfi hisoblagichi; 12- kondensat uchun o'lchov idishi; 13- tayanch.

2-rasm. Neft xomashyosi bug'larini quvurli apparatda kondensatsiyalanish jarayonida issiqlik almashinishni tadqiq etish uchun tajriba uskunasi sxemasi

distillat fraktsiyalarining asosiy xossalari ko'rsatkichlarining $20 \div 200$ °C va $40 \div 300$ kPa oraliqlardagi o'zgarish chegaralari aniqlandi.

Hisoblash va eksperimental ma'lumotlarga matematik ishlov berish orqali $t = 20 \div 200$ °C haroratlarda xomashyo va distillat fraktsiyalarining quyidagi xossa ko'rsatkichlarini hisoblash uchun empirik tenglamalar olindi:

- benzin fraktsiyasi zichligi - $\rho = - 0,6848 t + 772,72;$ (1)

- qovushqoqlikning kinematik koeffitsienti ν (mm^2/s):
neftni $\nu = 9,4016 e^{-0,018 t};$ (2)

70%N+30%GK aralashmasini $\nu = 3,7157 e^{-0,018 t};$ (3)

30%N+70%GK aralashmasini $\nu = - 0,0067 t + 1,1726;$ (4)

- benzin distillatlari fraktsiyalarining entalpiyasi:
bug' fazasida $i_{\text{II}} = 1,8914 t + 352,5;$ (5)

suyuq fazasida $i_{\text{Ж}} = 2,3572 t - 17,746;$ (6)

- neftning issiqlik o'tkazuvchanligi $\lambda = - 9e^{-0,05 t} + 0,1617;$ (7)

- benzin fraktsiyasi distillatlari uchun $\lambda = - 8e^{-0,07 t} + 0,0015.$ (8)

Jarayon davomida xom ashyo, distillat fraktsiyalari va ularning bug'lari xususiyatlarining harorat o'zgarishini hisobga olgan holda quvurli issiqlik almashinish apparatlarda issiqlik uzatish koeffitsientini aniq hisoblash usuli ishlab chiqilgan. Ushbu uslub orqali qurilmalarda issiqlik uzatish koeffitsientining haqiqiy qiymatini aniqlashga yordam berib, energiya samarador va ixcham konstruktsiyali apparatlarni loyihalashda sezilarli energiya tejash imqonini beradi.

«**Neft xomashyosini distillyat fraksiyalari oqimlari bilan qobiq-trubali apparatlarda isitish jarayonini matematik modellashtirish**» deb nomlangan dissertatsiyasining **uchinchi** bobida tizimli tahlil printsiplariga muvofiq, qobiq-trubali apparatda xomashyoni qizdirish jarayonini uning tarqibiy «elementar» jarayonlariga (xodisalarga) блокlab dekompozitsiya qilingan. Quvurli apparatda o'rganilayotgan jarayon tabiatini tavsiflovchi xodisalarni pog'onali tahlili asosida uning besh bosqichli ierarxik tuzilmasi aniqlandi.

Jarayonning ierarxik tuzilishining I (yuqori) darajasida apparat undagi issiqlik almashinish jarayonlar tizimi sifatida ko'rib chiqilgan. Ierarxiyaning II bosqichida apparatning tarkibiy bo'linmalaridagi jarayonlar tahlil qilinadi - suyuqlik taqsimlash kamerasida, quvurli qismda, isitiladigan suyuqlik chiqish kamerasida va quvurlar orasidagi bo'shliqda. Ierarxiyaning III bosqichida apparatning quvurli qismi ko'p kvazi-apparatli sifatida taqdim etiladi. Ierarxiyaning IV darajasida har bir kvazi-qurilma isitish kamerasi, quvur devorlari va quvur bo'shlig'idan iborat kompleks shaklida taqdim etiladi. Ierarxiyaning V bosqichida quvurlararo makonning har bir quyi tizimidagi jarayonlar - bug'ning kondensatsiya haroratigacha sovutish zonasi, bug'ning kondensatsiyalanishisi va kondensatni sovutilishi, shuningdek, quvurlarning devorlari o'rganildi.

Ixcham va adekvat matematik modelini tuzish uchun neftni qayta ishlash uskunasining apparatlarida jarayonning konstruktiv-texnologik parametrlarining chegara qiymatlaridan foydalangan holda o'rganilayotgan jarayonning yuqorida aniqlangan hodisalarning og'irligi θ_τ xom ashyoni xaydashga termik tayyorlash uchun I blok 10E01÷10E08 apparatlarning birliklarida θ_τ mezoniga muvofiq qurilmalar suyuqlik va energiya oqimlarining τ_e bo'lish vaqtining o'rtacha qiymati bilan aniqlandi:

$$\theta_\tau = f(\tau_{\text{э.ср}} / \Sigma \tau) 100 \% \leq \varepsilon_\tau, \quad (9)$$

Quvurlar ichidagi **sovutish suvi** (10), quvurlar devorlarida issiqlik almashinuvi (11), quvurlardagi suyuqlikni isitish (12), zichlikdagi harorat o'zgarishi (13) va xom ashyoning issiqlik sig'imi (14) jarayonlarining matematik tavsiflarini o'z ichiga olgan holda, qizdirgichlardagi hodisalarning og'irligini baholash natijalariga ko'ra quvurli apparatlarda xom ashyoni isitish dinamikasining to'liq matematik modeli olindi:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{\text{KHj}} = t_{\text{KHj-1}} + (t_{\text{KH BX}} - t_{\text{KHj-1}}) (G_\Pi / V_\kappa \rho_\Pi) \Delta \tau, \quad (10) \\ dt_{\text{CT2}} / d\tau = [4 / (d_{\text{HP}}^2 - d_{\text{BH}}^2) \rho_{\text{CT}} c_{\text{CT}}] [\alpha_1 d_{\text{HP}} (t_{\text{KH}} - t_{\text{CT1}}) - \alpha_2 d_{\text{BH}} (t_{\text{CT2}} - t_{\text{Ж1}})]; \quad (11) \\ dt_{\text{Ж2}} / d\tau = (4 / \pi d_{\text{BH}}^2 \ln \rho_{\text{Ж2}} c_{\text{Ж2}}) [G_{\text{Ж}} (c_{\text{Ж1}} t_{\text{Ж1}} - c_{\text{Ж2}} t_{\text{Ж2}}) + \alpha_2 \pi d_{\text{BH}} \ln (t_{\text{CT2}} - t_{\text{Ж1}})]; \quad (12) \\ \rho_4^t = 1000 \rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}} (t - 20) - \frac{[t - 1200 (\rho_4^{20} - 0.68)]}{1000} \cdot (t - 20); \quad (13) \\ c_p = 1,5072 + \frac{T - 223}{100} \times (1,7182 - 1,5072 \rho_4^{20}); \quad (14) \\ t_{\text{Ж2}} \leq t_{\text{огр.}} \end{array} \right.$$

Kelgysida apparatlarning optimal issiqlik almashinish yuzasini hisoblash uchun neft xomashyosini distillangan fraksiyalarning issiq oqimlari bilan qobiq-quvurli apparatda isitish jarayoni statikasining matematik modeli tuzildi, bu jarayon statikaning matematik modeli bo'lib, ma'lum konstruktiv va texnologik parametrlari

G , d_{BH} , l va n bo'lgan quvurlar (15) uzunligi l bo'yicha xom ashyo t haroratining o'zgarishini tavsiflaydi:

$$\begin{cases} G \frac{d(ct)}{dl} = \alpha_2 \pi d_{BH} n (t_{ct} - t), & (15) \\ \rho_4^t = 1000 \rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}} (t - 20) - \frac{[t - 1200(\rho_4^{20} - 0,68)]}{1000} \cdot (t - 20); & (13) \end{cases}$$

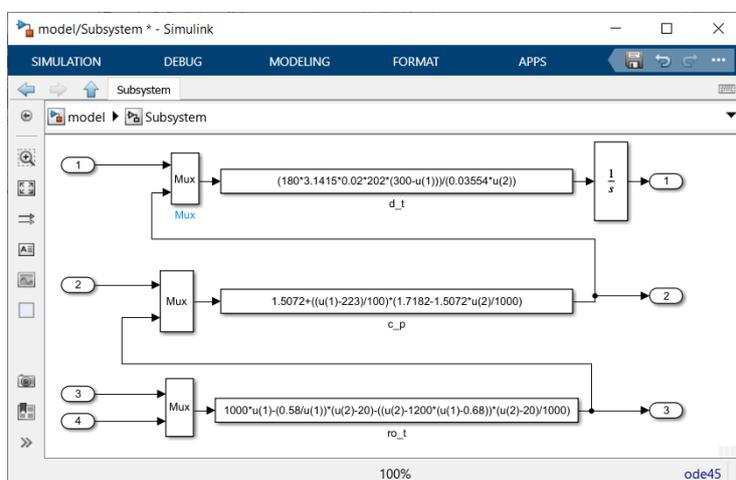
$$c_p = 1,5072 + \frac{T - 223}{100} \times (1,7182 - 1,5072 \rho_4^{20}); \quad (14)$$

$$t = f(P); \quad t \leq t_{chek}, \quad (16)$$

Yuqorida taklif etilayotgan texnologik modellarda G - xom ashyo sarfi, kg/s; c - t haroratda xomashyoning issiqlik sig'imi, J/(kg K); α_2 - quvur devoridan qizdirilgan suyuqlikka issiqlik berish koeffitsienti, Vt/(m²·K); d_{BH} - quvurlarning ichki diametri, n - apparatdagi quvurlar soni, dona; t_{st} - quvur devorining ichki yuzasi harorati, °C; $T = t + 273,15$, K; ρ_4^t - t haroratda xomashyoning zichligi, kg/m³; ρ_4^{20} - 20 °C da xom ashyoning zichligi, kg/m³; t_{chek} - apparatda isitiladigan xomashyoning harorati bo'yicha texnologik cheklovlar, °C.

Xomashyo isitishning statik modeliga asoslanib, berilgan texnologik parametrlar bo'yicha apparat quvurlari uzunligi bo'yicha suyuqlik haroratining uzluksiz taqsimlanish xarakteri asosida o'rganilishi ushbu jarayonni optimal hisoblash va loyihalash metodikasi taklif etiladi.

Jarayonning matematik modelidan foydalangan holda qobiq trubali qurilmalarda neftgazokondensat aralashmasini isitish statikasini o'rganish uchun MATLAB/Simulink platformasida uning kompyuter modeli tuzildi (3-rasm).

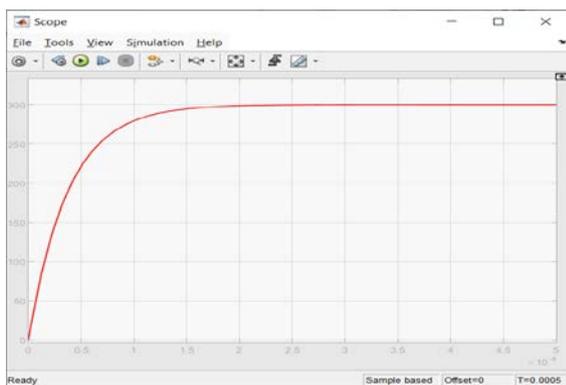


3-rasm. MATLAB Simulink platformasida neftgazokondensat aralashmasini isitish jarayonining kompyuter modeli bloking ko'rinishi

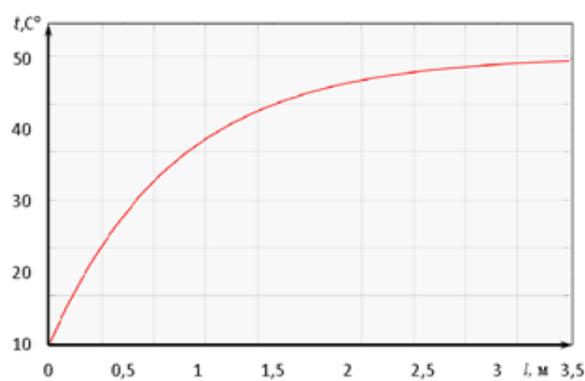
Kompyuter modelidan foydalanib, neftni va 30 % neft va 70 % gazokondensatidan iborat ishchi aralashmani issiqlik ishlovi berib xaydash uchun I bloking 10E-01÷10E-08 raqamli sakkizta ketma-ket ulangan qurilmalarida qizdirish jarayonining statikasi o'rganildi. Xom ashyoni isitish Buxoro neftni qayta ishlash zavodining birlamchi neft xaydash uskunasi 10C-02 atmosferali rektifikatsion kolonnasidan chiqadigan issiq texnologik oqimlarning issiqligini olib tashlash orqali amalga oshiriladi.

Quyida 10E-02 qobiqtrubali issiqlik almashinish apparatlarda umumiy nafta bug'larini kondensatsiyalash orqali aralashmani isitish statikasini tadqiqot natijalari keltirilgan. Uning pasporti bo'yicha apparatning isitish yuzasi $F_{BH1} = 196,7 \text{ m}^2$ ($d = 20/25 \text{ mm}$ dagi, $l = 4,8 \text{ m}$ uzunlikdagi va $n = 580$ dona miqdoridagi quvurlardan iborat bo'lgan). Aralashmaning apparatda qizdirilishi texnologik jarayon parametrlarining quyidagi tartibga solingan qiymatlarda o'rganildi: aralashma uchun apparatning unumdorligi $G_o = 105508 \text{ kg/soat}$, aralashmaning zichligi $\rho_{20} = 768 \text{ kg/m}^3$, apparatga kirish joyidagi aralashmaning harorati $t_{kir} = 25,6 \text{ }^\circ\text{C}$, undan chiqishda $- t_{chik} = 49,1 \text{ }^\circ\text{C}$ va apparat qobiqidagi bug' kondensasiyasi harorati $t_{kn} = 148,72 \text{ }^\circ\text{C}$.

4-rasmda jarayon davomida apparatning quvurlari l uzunligi bo'yicha issiqlik uzatish koeffitsienti K o'zgarishining egri chizig'i ko'rsatilgan. Qurilmadagi K koeffitsienti qiymatlarini hisoblash jarayon haroratiga qarab xom ashyo va distillat fraksiyalari xususiyatlarining doimiy o'zgarishini hisobga olgan holda amalga oshirilgan. Matematik model bo'yicha izlanish natijalariga ko'ra, issiqlik almashinish qurilmasining quvurlar uzunligi l bo'yicha, uning berilgan texnologik unumdorlikda G_o qizdirilgan neftegazokondensat aralashmasining harorat taqsimoti egri chizig'i t qurilgan (5-rasm).



4-rasm. 10E-02 apparatida $G = 105508 \text{ kg/soat}$ aralashmani qizdirish jarayonida issiqlik uzatish koeffitsientini quvurlar uzunligi l bo'ylab taqsimlanishi



5-rasm. 10E-02 issiqlik almashinish apparatida qizdirilayotgan $G = 105508 \text{ kg/soat}$ aralashma haroratini t quvurlar uzunligi l bo'ylab taqsimlanish egri chizig'i

Egri chizig'ini $l = f(t)$ tahlil qilinishi shuni ko'rsatadiki, berilgan sarf G_o bo'yicha qurilmadagi aralashma harorati t uzunligi $l \leq 2,5 \text{ m}$ bo'lgan qismida, seqinlik bilan $50 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha ortib borayotgan tezlik ($14,3 \text{ }^\circ\text{C/m}$) bilan ko'tariladi. Keyinchalik, aralashma va issiqlik tashuvchi o'rtasidagi doimiy harorat farqiga erishish bilan quvurlarning uzunligi bo'yicha qolgan qismida aralashmaning isitish tezligi ($2,5$ dan $4,8 \text{ m}$ gacha) doimiy xarakterga ega bo'ladi.

Shuningdek, 5- rasmdan ko'rinib turibdi, chiqish $t_{chik} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ da aralashmaning kerakli haroratiga erishish uchun faol uzunlikdagi $l_{faol} = 2,5 \text{ m}$ bo'lgan quvur to'plamining bir qismi etarli, bu esa apparatdagi issiqlik uzatish quvurlarining umumiy uzunligining 52% ni tashkil qiladi. Bunday holda, apparatning kerakli isitish yuzasi $F_{BH2} = 81,96 \text{ m}^2$ ni tashkil qiladi. Qurilmaning issiqlik uzatish yuzasining aniqlangan zaxirasi $\Delta F_{BH} = F_{BH1} - F_{BH2} = 14,74 \text{ m}^2$ uning unumdorligini yanada oshirish uchun zaxira mavjudligini ko'rsatadi. 10C02 neftni qayta ishlash qurilmasining aralashmasini isitish I blokining 10E-01÷10E-08 issiqlik almashtirgichlarining F_{opt}

Issiqlik uzatish yuzalarining optimal qiymatlarini aniqlash bo'yicha hisob-kitoblarning asosiy natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval materiallaridan kelib chiqadiki, korxonada berilgan $G_o = 105508$ kg/s ishchi aralashmasining miqdorini 20 dan 150 °C gacha qizdirish uchun $F_{so'm} = 1781,7$ m² issiqlik almashinuvining umumiy yuzasiga ega qurilmalar qo'llani-ladi. Shu bilan birga, aralashmani isitishning ushbu bosqichidagi barcha issiqlik almashtirgichlarning talab qilinadigan (optimal) isitish yuzasi $F_{opt} = 856,7$ m² ni tashkil qiladi. Shuning uchun, ushbu blok qurilmalarining issiqlik almashinuvi yuzasi $\Delta F = 925$ m² (yoki 52 %) uchun zaxira mavjud.

1-jadval

Buxoro NQZ 10C02 neftni qayta ishlash uskunasining issiqlik almashinish qurilmalari quvurlarining optimal uzunligi (yuzasi F_{opt}) ni hisoblash natijalari ($G = 105508$ kg/soat, $d = 20/25$ mm)

Litera	l, m	$F_{o'r}, m^2$	t_n	t_k	t_n	t_k	l_{opt}, m	F_{opt}, m^2	$\Delta F, m^2$	$\Delta F, \%$
10E-01	4,8	97,6	20	25,6	125,6	103,2	2,25	45,8	51,8	53,07
10E-02	4,8	196,7	25,6	49	148,7	146	2,5	81,96	114,74	58,33
10E-03	6,0	468,8	49,1	96,1	165	152	2,5	195,4	273,4	58,32
10E-04	6,0	273	96,1	111,7	137	114	4,8	218,4	54,6	20,0
10E-05	6,0	113,6	111,7	119,7	138,8	125,6	2,6	49,23	64,37	56,66
10E-06	6,0	192	119,7	126,3	159,4	136,9	2,28	73,13	118,87	61,91
10E-07	6,0	222	126,3	142,3	171	167	3,0	111,06	111	50,0
10E-08	6,0	218	142,3	150	257,7	185,3	2,25	81,71	136,29	62,5
		1781,7						Σ 856,7	Σ 925	51,92

Aniqlangan ΔF qiymati ekspluatatsiyadagi qurilmalarda - issiqlik almashinishni jadallashtirilish ko'rsatkichi bo'lib ularning issiqlik samaradorligini oshirish, unumdorligini ko'paytirish (masalan, 1,5÷2 marta) bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish uchun asos bo'lib xizmat qiladi yoki I blok xomashyoni issitishga tayyorlashning texnologik sxemasini soddalashtirish uchun.

Dissertatsiyaning «**Neftni qayta ishlash zavodi birlamchi xaydash uskunasining qobiq-quvurli apparatlarida neftgazokondensat aralashmasini isitish jarayonlarini optimallashtirish**» deb nomlangan **to'rtinchi bobida** issiqlik almashinish qurilmalarining texnologik rejimlarini optimallashtirish orqali uskunaning energiya samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish masalalari ko'rib chiqilgan.

Xom ashyo distillatlarining fraksiyalari issiqligi bilan isitish rejimining optimal chegaralarini aniqlash uchun optimallik mezoni sifatida apparatlarning ishlash iqtisodiy samaradorligini bilvosita baholaydigan isitiladigan xom ashyo C_t ning texnologik qiymati tanlangan. Issiqlik almashinish apparatlarning konstruksiyasidagi va unumdorlikdagi farqlarni hisobga olgan holda, ularning ish samaradorligini tahlil qilish uchun optimallik mezoni sifatida isitiladigan xom ashyoning solishtirma texnologik tan narxi $C_{sol} = C_{tex}/G_o$ qabul qilindi:

$$C_{sol} = 1/G_o [C_e(N_n+N_d) + A_a F_a + A_n (N_n + N_d)], \quad (17)$$

bu erda G_0 - xom ashyo sarfi; C_e - elektr energiyaning tannarxi, so'm/kVt; N_n va N_d - neft va distillat fraktsiyalarini uzatuvchi nasoslarning iste'mol quvvati, kVt; F_a va F_{kn} - aralashmaning xossaligidagi ko'rsatkichlarni harorat o'zgarishi bo'yicha hisobga olgan holda aniqlashtirilgan usul orqali issiqlik koeffitsientlarini hisoblangan issiqlik almashinish apparatlarning va kondensatorlarning issiqlik o'tkazish yuzalari, m^2 ; A_a , A_{kn} va A_n - qurilmalar va nasoslarning intensiv ishlashining T davomiyligiga qarab amortizatsiya chegirmalari.

Qizdirilgan aralashmaning texnologik tannarxiga xarajat elementining ta'sirini qiyosiy baholashda (17) ifodaga kiritilgan parametrlarni hisoblash uchun tenglamalarni tahlil qilish orqali amalga oshiriladi.

Neftgazkondensat aralashmasini uglevodorod issiqlik tashuvchilari bilan qobiqtrubali issiqlik almashinish apparatida isitish uchun optimallik mezzonini maqsad funksiyasi qo'yidagi (18-25) tenglamalar tizimi ko'rinishida shakllantirildi:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{sol} = 1/G_0 [C_9(N_H + N_D) + A_a F_a + A_H (N_H + N_D)]; \quad (18) \\ \rho_4^t = 1000 \rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}} (t - 20) - \frac{[t - 1200(\rho_4^{20} - 0,68)]}{1000} \cdot (t - 20); \quad (19) \\ c_p = 1,5072 + \frac{T - 223}{100} \times (1,7182 - 1,5072 \rho_4^{20}); \quad (20) \\ N_H = (G_0 \Delta P) / (1000 \rho \eta_H); \quad (21) \\ \Delta P = 0,5 v^2 \rho (\lambda n l / d_{\text{KB}} + \sum \varphi_i); \quad (22) \\ F_a = G_0 (c_{\text{BIX}} t_{\text{BIX}} - c_{\text{BX}} t_{\text{BX}}) / (K_{\text{KH}} \Delta t_{\text{cp}}); \quad (23) \\ A_a = (E_H U_T) / 24 T_H F_a; \quad (24) \\ A_H = (E_H U_H) / 24 T_H N_H; \quad (25) \\ t_{\text{BIX}} \leq t_{\text{orp}}. \end{array} \right.$$

Ushbu tenglamalar tizimini yechimi ishchi aralashmani fraktsiyalarning issiq oqimlari bilan issiqlik almashinish apparatlarda isitishning optimal chegaralarini aniqlashga karatilgan bo'lib, bu esa xom ashyoni C_{sol} isitishning solishtirma texnologik tannarxining minimal ko'rsatkichlarini ta'minlaydi.

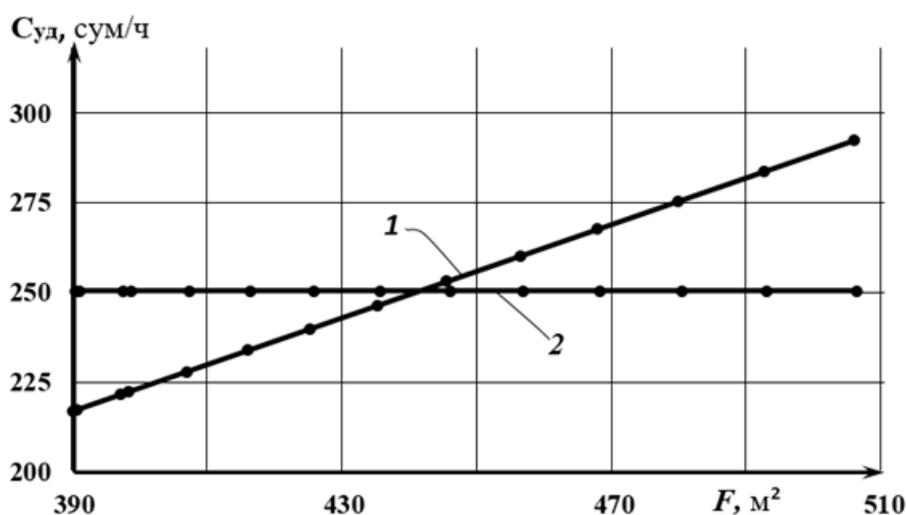
Bu jihatdan, quyidagi 10E-03 qobiqtrubali issiqlik almashinish-kondensatorida ishchi aralashmani isitilish texnologik tannarxi, ya'ni xarajatlar tahlili keltirilgan. Qurilmaning isitish yuzasi (korxonadagi texnik pasporti bo'yicha) $F = 468,8 m^2$ ($d = 20/25 mm$, $l = 6000 mm$ va $n = 1106$ dona). Ishchi aralashmani I blokning sakkizta ketma-ket ulangan issiqlik almashinish apparatlari nasos orqali haydash uchun o'rnatilgan quvvati $N_n = 250 kVt$ va balans narxi $U_n = 224,432 mln$ so'm bo'lgandagi ko'rsatkichlarda amalga oshiriladi. Issiqlik almashinish apparatlarning balans qiymati $U_a = 462,842 mln$ so'm, (24) ifodaga muvofiq issiqlik almashinish apparatlari uchun amortizatsiya to'lovlarning qiymati $A_a = 16,939 so'm/m^2$, nasos uchun esa (25) $A_n = 15,402 so'm/kVt$ tashkil etadi.

Tadqiqot natijalari 10E-03 issiqlik almashinish apparatining qo'yidagi texnologik parametrlarda o'tkazilgan: aralashma sarfi $G_0 = 105508 kg/soat$ va 10C-02 kollonnasining yuqori qismidan chiqayotgan og'ir nafta bug'lari sarfi $G_d = 61898 kg/soat$. Aralashmani issiqlik almashinish apparatiga qirish xarorati $t_k = 49 ^\circ C$, u

eyrda $t_{ch} = 96 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha og'ir nafta bug'lari kondensatsiya temperaturasi $T_I = 165 \text{ }^\circ\text{C}$ orqali isitilib boradi.

6-rasmda apparatda solishtirma texnologik aralashma isitish tannarxi C_{sol} tarkibiga qiruvchi ko'rsatkichlar - jarayonni amalga oshirish uchun energetik xarajatlar $E = C_e N_n + A_n N_n$ va qurilmalarga amortizatsiya to'lovlari $A = A_a F_a$ o'zgarishi tasvirlangan.

Aniqlanishicha, $G_o = 105508,3 \text{ kg/soat}$ aralashmani qurilmaning quvurlari orqali xaydash uchun $N_n = 16,1 \text{ kVt}$ quvvat kerak bo'ladi. Elektr energiyaning tannarxi $C_e = 440,52 \text{ so'm/kVt}$ bo'lsa, jarayonni amalga oshirish uchun energiya xarajatlari doimiy $E = 250,456 \text{ so'm/kg}$ (egri chiziq 2) ni tashkil qiladi. Bunday holda, A issiqlik almashinish apparatlari ajratmalar ko'rsatkichi moyil egri chiziq bo'ylab 214,62 dan 277,98 so'm/kg gacha intensiv ravishda oshadi (egri chiziq 1). Fikrimizcha, (1) va (2) egri chiziqlarning o'zaro kesishishgan nuqtasidagi parametrlar kiymatlari ($F = 445 \text{ m}^2$, $E = 250,5 \text{ so'm/kg}$, $A = 244,8 \text{ so'm/kg}$, $C_{sol} = 508,5 \text{ so'm/kg}$ va $t_{chiq} = 77,0 \text{ }^\circ\text{C}$) bo'lganda mazkur 10E-03 issiqlik almashinish apparatning ish sharoitlarning belgilangan sarfda $G_o = 105508,3 \text{ kg/soat}$ ekspluatatsiyasini optimal sharoitlarni tavsiflaydi.



6-rasm. 10E-03 apparatida $G_o = 105508 \text{ kg/soat}$ aralashmani $G_d = 61898 \text{ kg/soat}$ og'ir nafta bug'lari bilan qizdirishda amortizatsiya to'lovlari 1 va energetik xarajatlarning 2 o'zgarishi

Keyinchalik, xom ashyoni xaydash uchun ishchi aralashmani isitishning optimallik mezoni maqsadli funksiyasini tadqiqotlar natijasiga ko'ra, I blok 10E-01÷10E-08 issiqlik almashinish apparatlarning optimal ishlash sharoitlari aniqlandi. Hisob-kitoblarga ko'ra, 1 m^2 isitish moslamasining o'rtacha narxi $U_{o,r} = 0,9873 \text{ mln so'm/m}^2$ ni tashkil qiladi.

2-jadvalda distillat oqimlarining issiqligi bilan apparatlarda isitiladigan aralashmasining texnologik tannarxi C_t qiymatini aniqlaydigan $A_t F_t$ apparati va $A_n N_n$ nasosining elektr energiyasi $C_e N_n$ va amortizatsiy chegirmasi uchun ekspluatatsiya xarajatlarini hisoblash natijalari keltirilgan.

2-jadval

BNQZ 10C02 neftni haydash uskunasi 10E-01÷10E-08 qurilmalarida distillat oqimlari bilan aralashmani isitishning texnologik tannarxi

Apparat literasi	$F_{o'ri}$, m ²	N , kVt/soat	$C_e N_n$, so'm/soat	$A_T F_T$, so'm/soat	$A_n N_n$, so'm/soat	C_T , so'm/soat	C_{sol} , so'm/kg
10E-01	97,6	4,25	1872,21	1653,25	65,46	3590,92	0,0340
10E-02	196,7	7,75	3414,03	3331,9	119,37	6865,3	0,0651
10E-03	468,8	9,7	4273,04	7941	149,4	12363,44	0,1172
10E-04	273	20,1	8854,45	4624,35	309,58	13788,38	0,1307
10E-05	113,6	46,08	20299,16	1924,27	709,72	22933,16	0,2174
10E-06	192	28,16	12405,04	3252,29	433,72	16091,05	0,1525
10E-07	222	25,33	11158,37	3760,46	390,13	15308,96	0,1451
10E-08	218	25,54	11250,88	3692,70	393,37	15336,95	0,1454
Σ	1781,7	166,91				106278,2	1,0073

Ma'lumotlardan ko'rinib turganidek qurilmalardagi ishchi aralashmani ishchi unumdorligi $G_o = 105508,3$ kg/soat bo'lganda, isitish uchun texnologik tannarxi $C_T = 106278,2$ so'mni/soatga tashkil etadi. Aralashmani isitish uchun texnologik tannarning tarkibiy qismlarni tahlil qilinishi shuni ko'rsatadiki, aralashmani sakkizta apparatlar orqali xaydash uchun quvvat sarfi C_T ga - 49,7 dan 88,6 % gacha sezilarli darajada uning isitish tannarhiga ta'sir e'tadi (10E-05 apparatida). $A_T F_T$ ko'rsatkichi C_T ko'rsatkichidan 20,2 (10E-06) dan 48,5% (10E-02) oralig'ida. $A_n F_n$ ajratmalarining hajmi iste'mol quvvat qiymatiga N bog'liq va 1,7 (10E-02 dan) 3,1 % gacha (10E-05 da) isitilgan aralashmaning C_T tannarxidan o'zgaradi.

3-jadvalda ushbu qurilmalarda aralashmani fraktsiyalar distillatlari issiqligi bilan isitish uchun ekspluatatsiya xarajatlarini hisoblangan natijalari keltirilgan. Bajarilgan hisoblashlar NQZ da ishlatilayotgan va aniqlangan optimal isitish yuzali qurilmalarda (1-jadval) aralashmani isitish texnologik tannarxlarini taqqoslash uchun bajarilgan.

3-jadval

10C02 neftni haydash uskunasi issiqlik almashtirgichlarining optimal konstruktiv-texnologik parametrlarini xisoblash natijalari

Apparat literasi	$F_{o'ri}$, m ²	$t_{o'qa}$, °C	F_{opt} , m ²	N_a , mln so'm	N , kVt/soat	$C_e N_n$, so'm/s	$A_T F_T$, so'm/s	$A_n N_n$, so'm/s	C_T , so'm/s	C_{opt} , so'm/kg
10E-01	97,6	26	45,8	96,36	4,25	1872,2	775,8	65,5	2713,5	0,0256
10E-02	196,7	49	81,96	194,20	7,75	3414,0	1388,3	119,4	4921,7	0,0467
10E-03	468,8	96	195,4	462,85	9,7	4273,0	3309,9	149,4	7732,3	0,0733
10E-04	273	112	218,4	269,53	20,1	8854,5	3699,5	309,6	12863,5	0,1219
10E-05	113,6	120	49,23	112,16	46,08	20299,2	833,9	709,7	21842,8	0,2070
10E-06	192	126	73,13	189,18	28,16	12405,0	1238,8	433,7	14077,5	0,1334
10E-07	222	142	111	219,44	25,33	11158,4	1880,2	390,1	13428,7	0,1273
10E-08	218	150	81,71	215,23	25,54	11250,9	1384,1	393,4	13028,3	0,1235
Σ	1781,7		856,7		166,91				90608,4	0,8588

2- va 3 - jadvallarning ko'rsatkichlarini taqqoslash ishlari shuni ko'rsatadiki, optimal isitish yuzasiga ega bo'lgan quvurli qurilmalardan foydalanilganda isitiladigan ishchi aralashmaning texnologik tan narxi 15669,8 (106278,2-90608,4)

so'm soatiga kamayishiga olib keladi, issiqlik almashinish apparatlarning belgilangan bir xil harorat rejimdagi ishlashida va uskunaning G_o unumdorligi sharoitida.

«Uglevodorod xom ashyosiga issiqlik ishlovi berib birlamchi xaydashga tayyorlash jarayonlarini optimallashtirishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari» nomli dissertatsiyasining beshinchi bobida Buxoro neftni qayta ishlash zavodining neftegazo-kondensat aralashmasini xaydash uskunasi texnologik sxemasi tavsifi, 10E01÷10E08 isitgichlarning konstruktiv-texnologik parametrlari, aralashmani xaydash va uni fraktsiyalarga ajratish bosqichlarining moddiy balanslari, rektifikatsiya kolonnasi va uning sovuq va aylanma sug'orish konturlarini issiqlik balansi hisoblari keltirilgan.

Aralashmani isitishning I bosqichidagi issiqlik almashinish qurilmalarning samaradorligi $\theta = Q/(NF)$ mezonining qiymati bilan baholanadi, bu issiqlik xarajatlari Q va energiya N ning isitish yuzasi birligi F ga nisbati bilan tavsiflanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalarning texnologik liniyasi tarkibini soddalashtirish mezoni sifatida quyidagi nisbat qabul qilinish uchun tavsiya etildi:

$$\theta = [(Q/N)_i / \Sigma(Q/N)_i] 100 \% \leq \varepsilon, \quad (26)$$

bu erda $(Q/N)_i$ - i -apparatning samaradorligi; ε - θ bo'yicha eng kichik qiymat.

Korxonaning 10C02 neftni qayta ishlash uskunasi quvvatli isitgichlarda xom ashyo iste'moli $G_o=105508$ kg/soat va issiqlik tashuvchi G_m bo'lganda, issiqlik va quvvat sarfini hisoblash natijalari quyidagi 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

BNQIZ 10C02 uskunasi issiqlik almashinish apparatlarining ishlash samaradorligi tahlili

Apparat literasi	t_n	t_k	t_n	t_k	Issiqlik tashuvchi	G_t	Q	N	Q/N	$Q/(NF)$
	°C	°C	°C	°C		kg/s	kvt	kvt		
10E-01	20	25,6	125,6	103,2	kerosin	15475	226,80	4,25	53,365	0,5468
10E-02	25,6	49	148,7	146	um. naftani bug'lari	80372	125,43	7,75	16,185	0,0823
10E-03	49,1	96,1	165	152	og'ir naftani bug'lari	61898	468,33	9,7	48,281	0,103
10E-04	96,1	111,7	137	114	engil naftani bug'lari	18474	238,55	20,1	11,868	0,0435
10E-05	111,7	119,7	138,8	125,6	kerosin	15475	137,55	46,08	2,985	0,0263
10E-06	119,7	126,3	159,4	136,9	umumiy gazoyl	18991	286,91	28,16	10,188	0,0531
10E-07	126,3	142,3	171	167	kerosin TSO	15475	44,12	25,33	1,7418	0,0079
10E-08	142,3	150	257,7	185,3	mazut	9144	462,77	25,54	18,119	0,0831
Σ							1990,4	166,9	11,926	0,0067

4-jadval ma'lumotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, 10E-05 va 10E-07 issiqlik almashtirgichlari Q/N (11,926) qiymatiga nisbatan Q/N (mos ravishda 2,985 va 1,7418) mezonlari bo'yicha past samaradorlik koeffitsientiga ega. Buning sababi shundaki, 10E-05 ($F=113,6$ m²) issiqlik almashinish qurilmalarda aralashma atigi 2 °C ga isitiladi va 10E-07 ($F=222$ m²) apparatida kerosin isitish oqimining harorat farqi 4 °C ni tashkil qiladi. Shu bilan birga, ushbu qurilmalarda N quvvat sarfi mos ravishda 46,08 va 25,33 kVt ni tashkil qiladi.

10E-05 va 10E-07 issiqlik almashtirgichlarida jarayonni tashkil qilishni

yaxshilash uchun ularning isitish yuzalarini 56,7 % va 50 % ga kamaytirish tavsiya etiladi (1-jadvalda ko'rsatilgan) yoki ularning umumiy issiqlik yuklamasiga muvofiq o'rniga $F_{opt} = 160 \text{ m}^2$ bo'lgan boshqa qurilmani joylashtirish mumkin bo'ladi. Turi va F qiymati bo'yicha qurilmalarni tanlash orqali amalga oshiriladigan bunday echim xom ashyoni isitishning I bosqichidagi qurilmalarning issiqlik samaradorligini oshirishga, liniyadagi qurilmalar sonini oqilona kamaytirishga va jarayon uchun elektr energiyasini iste'mol qilishni kamaytirishga yordam beradi.

Issiqlik almashinish apparatlarda xom ashyoni isitishning aniqlangan maqbul parametrlarini amalga oshirishning iqtisodiy samarasi (mln.so'm) qurilmalarni isitish yuzasini kamaytirish evaziga (913,2525), elektr energiya sarfini iste'mol qilishni kamaytirish (345,086) va amortizatsiya chegirmalarini kamaytirish (93,7234), bu yiliga 1352,062 million so'mni tashkil etadi.

XULOSA

1. Tajriba natijalarni matematik qayta ishlash yo'li bilan 20÷200 °C haroratlarda neft xom ashyosi va distillat fraksiyalarining asosiy xossalari ko'rsatkichlarini hisoblash uchun empirik tenglamalar olindi.

2. Issiqlik tashuvchilar xossa ko'rsatkichlarini haroratdan bogliq o'zgarishini hisobga olgan holda, issiqlik almashinish apparatlarida fraksiyalarning issiq oqimlari bilan xom ashyoni isitish jarayonida issiqlik koeffitsientlarini aniqlashtirilgan hisoblash metodikasi ishlab chiqilgan.

3. Qobiq-quvurli apparatda fraksiyalarning issiq oqimlari bilan xom ashyoni isitish jarayonining ierarxik tuzilmasi va matematik modeli qurilgan. Xom ashyo haroratini issiqlik uzatish quvurlari uzunligi bo'yicha taqsimlanishi asosida NQZning quvurli apparatlarida distillat fraksiyalari oqimlari bilan neftni isitish jarayonini optimal hisoblash va loyihalash metodikasi ishlab chiqildi.

4. Neftni haydash uskunasi reglamentda belgilangan ish sharoitida ($G_o = 105508 \text{ kg/soat}$, $t = 20\div150 \text{ }^\circ\text{C}$, $F_{um} = 1781,7 \text{ m}^2$) xom ashyoni isitishning I bosqichidagi issiqlik almashinish qurilmalarining optimal isitish yuzalari qiymatlari $F_{opt} = 856,7 \text{ m}^2$ aniqlandi. Qurilmalarning issiqlik yuklamasini qo'shimcha 50÷62,5 % ga oshirish imkonini beryvchi 925 m² zaxira isitish yuzalari mavjydligi aniqlandi.

5. Tadqiq etilayotgan jarayon uchun optimallik kriteriysi - xom ashyoni xaydashga tayyorlashning I bosqichidagi issiqlik almashgichlarda fraksiyalarning issiq oqimlari bilan isitilgan neftegazokondensat aralashmasining texnologik tannarxining C_{opt} maqsadli funksiyasi shakllantirildi. Reglamentda belgilangan harorat rejimlarida ishlovchi apparatlarda isitilgan xom ashyoning minimal tannarxini 15670 so'm/soat ta'minlovchi jarayonning maqbul texnologik parametrlari aniqlandi.

6. Buxoro NQIZ sharoitida neftegazokondensat aralashmasini xaydashga tayyorlashning I bosqichidagi issiqlik almashgichlarda xom ashyoni isitishni samarali tashkil etish bo'yicha tavsiyalarni va jarayonning aniqlangan optimal konstruktiv-texnologik parametrlarini ishlab chiqarishga joriy etilishdan kutiladigan yillik iqtisodiy samara 1352 mln so'mni tashkil etadi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.03/30.12.2019. Т.04.01. ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

РАХИМЖАНОВА ШАХНОЗА САИДАНВАРОВНА

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОЙ ПОДГОТОВКИ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ К ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕГОНКЕ**

**02.00.16 - Процессы и аппараты химической технологии
и пищевых производств**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

Ташкент - 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и национальной Республики Узбекистан за номером ВЭ20.1. PhDT1730.

Диссертация написана в Ташкентском химико-технологическом институте

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, анлийский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного совета по адресу www.icti.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyouMarta» по адресу www.ziyoumarta.uz.

Научный руководитель:

Худайбердиев Аббасом Абдурашодович
доктор технических наук, профессор

Официальные рецензенты:

Хасанов Азхар Махсудович
доктор технических наук, доцент

Шариев Марат Саидович
доктор технических наук, доцент

Высшая организация:

Ташкентский государственный технический
университет
имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится «01» ноября 2023 г. в «15» часа на заседании Научного совета ВЭс.03/30.12.2019 Т.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтоурский район, ул. Алишера Навои, 22. Тел.: (99871) 2447920 факс: (99871) 2447917, e-mail: icti@icti.uz.

С диссертационной работой можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института зарегистрированном за № 326 (по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтоурский район, ул. Алишера Навои, 22. Тел.: (99871) 244-79-25).

Автореферат диссертации размещен «01» ноября 2023 года
в реестр авторефератов размещен ВЭ.РФ от «01» 01 2023 года




Турдибеков С.М.
Председатель Научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., академик


Кадимов Х.Н.
Заместитель председателя Научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор


Раймбердиев Г.Р.
Председатель Научного совета
при Научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в мире нефть и природный газ являются основным сырьем для производства моторного топлива, тепловой и электрической энергии. С постоянным ростом спроса на моторное топливо, важное значение приобретает техническое и технологическое перевооружение предприятий нефтегазовой отрасли. В этом аспекте, рациональное использование местного углеводородного сырья, освоение инновационных технологий его глубокой переработки и выработка нефтепродуктов с улучшенными экологическими показателями, соответствующими требованиям международных стандартов за счет оптимизации технологических режимов перегонки нефти, рациональной компоновки технологических схем нефтеперегонных установок и совершенствования конструкции составного технологического оборудования, являются важным направлением дальнейшего развития отрасли.

В мире проводятся глубокие исследования, направленные на повышение энергоэффективности топливно-энергетического комплекса и использовании энергосберегающих технологий перегонки нефти. В этом аспекте особое внимание уделяется исследованию энерго- и ресурсосберегающих технологий переработке углеродного сырья, расширению ассортимента и увеличению объема выпускаемых нефтепродуктов, синтеза технологических схем подогрева сырья с рациональным количеством аппаратов, эффективной организации использования тепла технологических потоков, испытание и оптимизация малоэтапных технологий, способствующих снижению технологической себестоимости продукции и сокращению энергетических затрат.

В нашей республике в нефтеперерабатывающей отрасли ведутся научно-исследовательские работы, направленные на качественно новый уровень подъема производства, его модернизации и диверсификации, широкого внедрения инновационных технологий, увеличения объема и качества выпускаемой продукции, расширению ее ассортимента, а также оптимизации малоэтапных технологий. В рамках Стратегии развития Нового Узбекистана определены такие важные задачи, как «широкое внедрение инноваций в экономику, развитие кооперационных связей между промышленными предприятиями и научными учреждениями, продолжение реализации промышленной политики по обеспечению стабильности национальной экономики, увеличению доли промышленности в валовом внутреннем продукте и роста объема производства промышленной продукции в 1,4 раза»¹. В этом аспекте важное значение приобретают научные исследования, направленные на модернизацию установок атмосферной перегонки нефтяного сырья, выбора альтернативного теплоносителя и оптимизации их технологических режимов для повышения энергоэффективности и снижения себестоимости выпускаемых нефтепродуктов.

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

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению вышеуказанных стратегических задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан за № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-6097 от 29 октября 2020 года «Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года», а также в Постановлении Президента Республики Узбекистан за № ПП-4664 от 04 апреля 2020 года «О первоочередных мерах по повышению финансовой устойчивости нефтегазовой отрасли» и в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В разработку основ энергосберегающих технологий переработки углеродного сырья, увеличения ассортимента и объемов выпускаемых нефтепродуктов, оптимизации малоэтапных технологий, способствующих снижению их себестоимости большой вклад внесли такие известные ученые, как Менделеев Д.И., Губкин И.М., Smith J.F.D., Багатуров С.А., Воинов Б.П., Касаткин А.Г., Александров А.И., Плановский А.Н., Кафаров В.В., Скобло А.И., Глаголева О.Ф., Капустин В.М., Мановян А.К., Юсупбеков Н.Р., Салимов З.С., Артиков А., Туробжонов С.М., Сайдахмедов И.М., Сайдахмедов Ш.М., Юнусов М.П., Абдурахимов С.А., Гулямов Ш.М., Икрамов А., Худайбердиев А.А., Рахмонов Т.З., Абдурахмонов О.Р., Хурмаматов А.М., Исмаилов О.Ю. и др.

В результате проведенной ими научно-исследовательской работы были созданы теоретические основы химической технологии, усовершенствованы технологии переработки нефти и газа, развита нефтегазовая химия, разработаны основы расчета и проектирования технологического оборудования, предложены энергосберегающие технологии проведения процессов теплообмена в трубчатых аппаратах и технологии снижения расхода энергии для перекачки жидких углеводородных потоков при различных гидродинамических режимах.

Вместе с тем, на сегодняшний день не проведены исследования по усовершенствованию установок атмосферной перегонки нефти, не разработана технология перегонки нефти альтернативными теплоносителями, недостаточно изучены проблемы синтеза энергосберегающих технологических схем тепловой подготовки сырья к перегонке и оптимизации технологических режимов нефтеперегонных установок с целью повышения их энергоэффективности и снижения себестоимости вырабатываемых нефтепродуктов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами НИР Ташкентского химико-технологического института и в рамках научно-прикладного проекта ФА-А13-140 «Разработка энергосберегающей технологии процессов нагревания углеводородного сырья

для первичной перегонки путем оптимизации гидродинамических режимов» (2014-2017 гг.).

Целью исследования является усовершенствование технологии первичной перегонки путем тепловой подготовки углеводородного сырья горячими потоками дистиллятных фракций в кожухотрубчатых аппаратах.

Задачи исследования:

математическая обработка расчетно-экспериментальных данных по определению показателей основных физических и теплофизических свойств нефти, газового конденсата и их смесей;

многоступенчатый анализ процессов, протекающих при подогреве сырья теплом дистиллятных фракций в рабочих зонах кожухотрубчатого теплообменника по каналам движения жидкости и распространения тепловой энергии, и выявление иерархической структуры процесса в аппарате;

построение математической модели процесса подогрева нефтяного сырья на основе сопоставительной оценки весомости выявленных явлений в рабочих зонах теплообменника;

разработка методики уточненного расчета коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в кожухотрубчатых аппаратах при подогреве нефтяного сырья горячими потоками дистиллятных фракций в жидкой и паровой фазах;

исследование статистики процесса на модели, построение и анализ кривых распределения температуры сырья по длине трубок аппаратов;

оптимизация процесса подогрева нефтегазоконденсатной смеси горячими потоками фракций в кожухотрубчатых теплообменниках;

оценка технико-экономической эффективности реализации выявленных оптимальных конструктивно-технологических параметров тепловой подготовки сырья к перегонке в условиях НПЗ.

Объектом исследования является нефть, газоконденсат и их смеси, а также образуемые при их перегонке дистилляты фракций.

Предметом исследования являются протекающие в теплообменных аппаратах технологические процессы подогрева нефтегазоконденсатной смеси горячими потоками дистиллятных фракций в паровой и жидкой фазах, процессы подготовки и аппараты для первичной перегонки.

Методы исследования. При выполнении диссертации использованы методы планирования опытов, статистической обработки экспериментальных данных, определения показателей основных физических и теплофизических свойств нефтяного сырья и их фракций, оптимизации технологических процессов, теории подобия и моделирования, а также компьютерной обработки полученных результатов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

уточнена методика расчета коэффициента теплопередачи в кожухотрубчатых теплообменниках, учитывающая изменения показателей свойств нефтяного сырья и дистиллятных фракций от фазового состояния и температуры подогрева;

выявлены оптимальные значения поверхностей нагрева теплообменников I этапа подогрева сырья $F_{\text{opt}} = 856,7 \text{ м}^2$ при регламентированных условиях

работы атмосферной нефтеперегонной установки ($G_o = 105508$ кг/ч, $t = 20 \div 150$ °С и $F_{\text{общ}} = 1781,7$ м²), а также запас поверхности нагрева аппаратов в 925 м², способствующий наращиванию их тепловой нагрузки на 50÷62,5 %;

выявлены оптимальные технологические параметры процесса теплопереноса при регламентированных температурных режимах и производительности нефтеперегонной установки 105508,3 кг/ч, обеспечивающие минимальную себестоимость подогретого сырья;

предложен критерий оценки эффективности работы теплообменников для подогрева нефтяного сырья $\theta = Q/(NF)$, характеризующий соотношение затрат тепла Q и энергии N на единицу их поверхности нагрева F ;

усовершенствована технология первичной перегонки путем подогрева углеводородного сырья теплом потоков дистиллятных фракций в кожухотрубчатых аппаратах.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

выявлены оптимальные параметры кожухотрубчатых теплообменников I этапа предварительного подогрева сырья нефтеперегонной установки при регламентированных условиях ее работы;

разработаны оптимальные границы режима работы кожухотрубчатых теплообменников I этапа предварительного подогрева нефтегазоконденсатной смеси горячими потоками дистиллятных фракций установки при перекачке сырья;

разработана рекомендация по эффективной организации процесса подогрева нефтегазоконденсатной смеси в теплообменниках I этапа тепловой подготовки сырья к перегонке.

Достоверность результатов исследования подтверждается точностью математических расчетов, их обоснованностью теоретическими исследованиями, применением современных методов физико-химического анализа, а также соответствием полученных результатов экспериментов с результатами производственных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке основ оптимизации процессов подогрева нефтяного сырья в кожухотрубчатых аппаратах горячими потоками дистиллятных фракций и в усовершенствовании методики оптимального расчета и проектирования теплообменников с учетом распределения температуры сырья и дистиллятных фракций по длине теплопередающих трубок.

Практическая ценность результатов исследования заключается в разработке рекомендаций по эффективной организации процессов подогрева нефтяного сырья в трубчатых теплообменниках I этапа тепловой подготовки сырья к атмосферной перегонке, содержащей рациональное количество аппаратов с энергоэффективной поверхностью теплопередачи.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научно-практических результатов по оптимизации процессов тепловой подготовки углеводородного сырья к первичной перегонке:

технология подогрева углеводородного сырья теплом дистиллятных фракций при первичной перегонке внесена в «Перечень перспективных разработок для реализации в практику ООО «Ферганский НПЗ» на 2025-2027 годы» (справка за № 01-05/112 от 21 января 2025 года ООО «Ферганский НПЗ»). В результате выявлена суммарная оптимальная поверхность нагрева ($F_{\text{опт}} = 856,7 \text{ м}^2$) теплообменников I этапа подогрева сырья, которая способствует дальнейшему наращиванию тепловой мощности аппаратов на 50÷60 %;

разработанные рекомендации по эффективной организации процессов подогрева нефтяного сырья в теплообменниках нефтеперегонной установки, содержащие рациональное количество аппаратов с оптимальной поверхностью теплопередачи, внесены в «Перечень перспективных разработок для реализации в практику ООО «Ферганский НПЗ» на 2025-2027 годы» (справка за № 01-05/112 от 21 января 2025 года ООО «Ферганский НПЗ»). В результате этого станет возможным уменьшить эксплуатационные и энергетические расходы теплообменников нефтеперегонной установки в 1,3 раза.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты исследования были обсуждены на 15 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликованы 30 научных работ, из них 11 статей, в том числе 5 в зарубежных и 6 в республиканских научных журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией при министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций. Разработаны 2 программных материала для ЭВМ (удостоверения Министерства юстиции РУз о регистрации за №№ 28440 и 27919).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 123 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

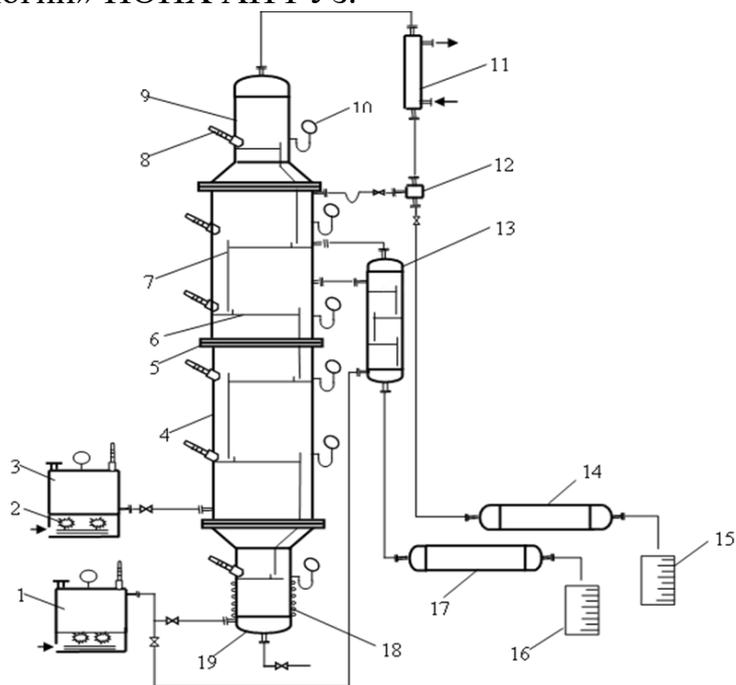
В введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, выявлены объект и предмет исследования, показано соответствие данного исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложены научная и практическая значимость результатов исследования, обоснована достоверность полученных результатов и раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов работы в практику, их апробации и информация об опубликованных научных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Основы теории и практики процессов тепловой подготовки углеводородного сырья к первичной перегонке**» проанализированы приведенные в литературе основы конвективного

теплообмена и уравнения для расчета показателей свойств сырья и дистиллятных фракций в жидкой и паровой фазах; критически оценена эффективность работы кожухотрубчатых аппаратов различных конструкций, уделено внимание основам моделирования и оптимизации процессов подогрева сырья в трубчатых аппаратах. Отмечено, что теплообменники нефтеперегонных установок характеризуются низкой эффективностью теплопередачи, большими расходами энергии и крупными массогабаритными размерами. На основе анализа рассмотренных материалов обоснована целесообразность разработки научно-практических основ повышения эффективности трубчатых теплообменников нефтеперегонных установок за счет оптимизации конструктивно-технологических параметров подогрева сырья горячими потоками дистиллятных фракций, сформулированы цели и задачи данного исследования.

Во второй главе диссертации «**Расчетно-экспериментальное исследование процессов тепловой подготовки нефтяного сырья к перегонке**» приведены описания конструкции и принципа работы опытных установок для исследования процессов тепло- и массообмена при перегонке нефтяного сырья.

Исследования процессов тепловой подготовки (подогрева) нефтяного сырья при конденсации паров дистиллятных фракций в трубчатых аппаратах и его атмосферной перегонки проведены в лаборатории «Процессы и аппараты химической технологии» ИОНХ АН РУз.



1 - паровой котел-пароперегреватель; 2 - газовая горелка; 3 - подогреватель сырья; 4 - ректификационная колонна; 5 - фланцевое соединение; 6 - тарелка клапанная; 7 - переливная пластина; 8 - термометры; 9 - верхняя часть колонны; 10 - манометры; 11 - вертикальный дефлегматор для конденсации паров; 12 - разделительное устройство; 13 - отпарная колонна; 14 и 17 – горизонтальные водяные холодильники для охлаждения дистиллятов фракций; 15 и 16 - измерительные емкости для дистиллятных фракций; 18 - электрический нагреватель; 19 - кубовая часть колонны

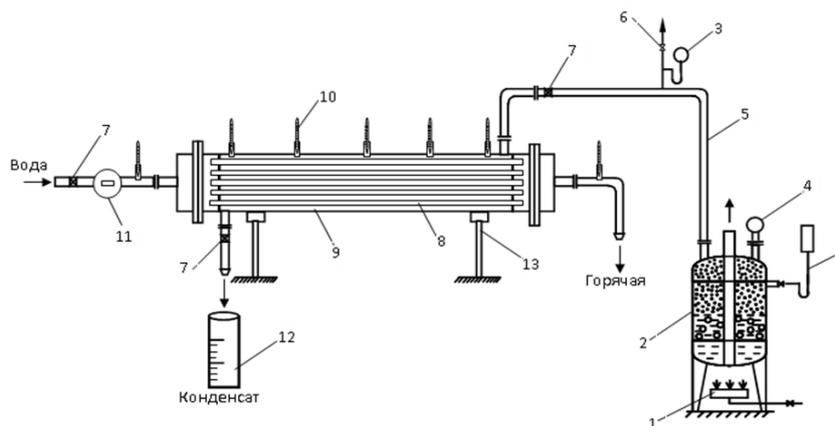
Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования процесса перегонки углеводородного сырья

Основные закономерности процесса перегонки нефти и нефтегазоконденсатных смесей исследованы на опытном образце ректификационной колонны диаметром $D = 210/219$ мм, состоящей из верхней ($D_v = 150$ мм, $n_n = 4$ шт) укрепляющей и нижней кубовой части ($D_k = 76/82$ мм, $n_n = 1$ шт высота $H_k = 760$ мм) и трех секций скрепленных между собой при помощи фланцевых соединений, с пятью контактными устройствами - тарелками клапанного типа с переливными устройствами (рис. 1).

Количество клапанов на одной тарелке $n_o = 5$ шт, диаметр клапана $d_k = 40$ мм, диаметр отверстий под клапаном $d_o = 36$ мм, зазор между тарелкой и клапаном при работе колонны составляет $2 \div 5$ мм. дискового типа.

При проведении опытов основное внимание было уделено изучению изменения температуры жидкости по времени в кубе и на секциях ректификационной колонны.

Процесс подогрева в трубчатых аппаратах нефтяного сырья при конденсации паров нефтяного сырья исследован на опытной установке (рис. 2), которая состоит из парогенератора 2, кожухотрубчатого аппарата 9 ($D = 70/76$ мм, $d = 10/13$ мм и $l = 1000$ мм и число труб $n = 7$ шт, $F = 0,236$ м²), мерного сборника конденсата 12 и счетчика 11 для измерения расхода охлаждающего агента.



1 - горелка; 2 - парогенератор; 3 - манометр; 4 - термометр манометрический; 5 - соединительная труба; 6 - продувочный вентиль; 7 - вентиль; 8 - теплообменные трубки; 9 - кожухотрубчатый теплообменник; 10 - термометр; 11 - счетчик расхода воды; 12 - мерный сборник конденсата; 13 - стойка

Рис. 2. Схема опытной установки для исследования теплообмена при конденсации паров нефтяного сырья в трубчатом аппарате

В ходе экспериментов были изучены распределения температуры сырья и теплоносителя по времени и по длине теплообменных труб аппарата. По результатам измерений температуры в опытных аппаратах расчетно-экспериментальным путем определены пределы изменения показателей основных свойств местной нефти, нефтегазоконденсатных смесей и дистиллятов фракций в паровом и жидком состояниях при $20 \div 200$ °С и $40 \div 300$ кПа.

Путем математической обработки расчетно-экспериментальных данных получены эмпирические уравнения для расчета следующих показателей сырья

и дистиллятных фракций при температурах $t = 20 \div 200$ °С:

- плотности фракции бензина - $\rho = - 0,6848 t + 772,72$. (1)

- кинематического коэффициента вязкости ν (мм²/с):

нефти $\nu = 9,4016 e^{-0,018 t}$, (2)

смеси 70%Н+30%ГК $\nu = 3,7157 e^{-0,018 t}$, (3)

смеси 30%Н+70%ГК $\nu = - 0,0067 t + 1,1726$; (4)

- энтальпия дистиллятных фракций бензина:

в паровой фазе $i_{п} = 1,8914 t + 352,5$, (5)

в жидкой фазе $i_{ж} = 2,3572 t - 17,746$; (6)

- теплопроводность нефти $\lambda = - 9e^{-0,05 t} + 0,1617$, (7)

и дистиллятов бензиновой фракции $\lambda = - 8e^{-0,07 t} + 0,0015$. (8)

Разработана методика уточненного расчета коэффициента теплопередачи в трубчатых теплообменниках, основанная на учете температурных изменений показателей свойств сырья, дистиллятных фракций и их паров в ходе процесса. Данная методика способствует определению реального значения коэффициента теплопередачи в аппаратах, проектированию их энергетически эффективных и компактных конструкций, обеспечивающие значительную экономию энергии.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Математическое моделирование процесса подогрева нефтяного сырья потоками дистиллятов фракций в кожухотрубчатых аппаратах**», в соответствии с принципами системного анализа, осуществлена поблочная декомпозиция процесса подогрева сырья в кожухотрубчатом аппарате на составляющие его «элементарные» процессы (явления). На основе ступенчатого анализа явлений, характеризующих природу исследуемого процесса в трубчатом аппарате, определена его пятиступенчатая иерархическая структура.

На I (верхнем) уровне иерархической структуры процесса, аппарат рассмотрен как система процессов теплообмена в нем. На II ступени иерархии анализированы процессы в конструктивных узлах аппарата - в камере распределения жидкости, трубчатой части, камере отвода нагретой жидкости и межтрубном пространстве. На III ступени иерархии трубчатая часть аппарата представлена как многоквазиаппаратная. На IV ступени иерархии, каждый квазиаппарат представлен в виде комплекса, состоящего из греющей камеры, стенок труб и трубного пространства. На V ступени иерархии изучены процессы в каждой из подсистем межтрубного пространства - зона охлаждения пара до температуры конденсации, конденсации пара и охлаждения конденсата, а также стенок трубок.

С целью получения компактной и адекватной математической модели исследуемого процесса определена весомость θ_{τ} , выявленных выше явлений по среднему значению времени пребывания потоков жидкости и энергии τ , в узлах аппаратов 10E01÷10E08 I блока тепловой подготовки сырья к перегонке по критерию θ_{τ} , используя предельные значения конструктивно-технологических параметров процесса в аппаратах нефтеперегонной установки:

$$\theta_{\tau} = f(\tau_{\tau, \text{cp}} / \Sigma \tau) 100 \% \leq \varepsilon_{\tau}. \quad (9)$$

На основании результатов оценки весомости явлений в теплообменниках получена полная математическая модель динамики подогрева сырья

$$\begin{cases}
 t_{\text{кн}j} = t_{\text{кн}j-1} + (t_{\text{кн} \text{вх}} - t_{\text{кн}j-1}) (G_{\text{п}}/V_{\text{к}}\rho_{\text{п}})\Delta\tau, & (10) \\
 dt_{\text{ст}2}/d\tau = [4/(d_{\text{нр}}^2 - d_{\text{вн}}^2)\rho_{\text{ст}}c_{\text{ст}}][\alpha_1 d_{\text{нр}}(t_{\text{кн}} - t_{\text{ст}1}) - \alpha_2 d_{\text{вн}}(t_{\text{ст}2} - t_{\text{ж}1})]; & (11) \\
 dt_{\text{ж}2}/d\tau = (4/\pi d_{\text{вн}}^2 \ln \rho_{\text{ж}2} c_{\text{ж}2})[G_{\text{ж}}(c_{\text{ж}1} t_{\text{ж}1} - c_{\text{ж}2} t_{\text{ж}2}) + \alpha_2 \pi d_{\text{вн}} \ln(t_{\text{ст}2} - t_{\text{ж}1})]; & (12) \\
 \rho_4^t = 1000\rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}}(t-20) - \frac{[t-1200(\rho_4^{20} - 0.68)]}{1000} \cdot (t-20); & (13) \\
 c_p = 1,5072 + \frac{T-223}{100} \times (1,7182 - 1,5072\rho_4^{20}); & (14) \\
 t_{\text{ж}2} \leq t_{\text{огр}}. &
 \end{cases}$$

в трубчатом аппарате, включающая в себя математические описания процессов охлаждения (конденсации) теплоносителя в межтрубном пространстве (10), теплообмена в стенках труб (11), подогрева жидкости в трубах (12), температурного изменения плотности (13) и теплоемкости (14) сырья.

В дальнейшем, для расчета оптимальной поверхности теплообмена аппаратов составлена *математическая модель статики процесса подогрева нефтяного сырья* горячими потоками дистиллятных фракций в кожухотрубчатом аппарате, представляющая собой математическую модель статики данного процесса, характеризующая изменения температуры сырья t по длине l трубок (15) при известных конструктивно-технологических параметрах G , $d_{\text{вн}}$, l и n :

$$\begin{cases}
 G d(ct)/dl = \alpha_2 \pi d_{\text{вн}} n (t_{\text{ст}} - t), & (15) \\
 \rho_4^t = 1000\rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}}(t-20) - \frac{[t-1200(\rho_4^{20} - 0.68)]}{1000} \cdot (t-20), & (13) \\
 c_p = 1,5072 + \frac{T-223}{100} \times (1,7182 - 1,5072\rho_4^{20}); & (14) \\
 t = f(P); \quad t \leq t_{\text{огр}}. & (16)
 \end{cases}$$

В предложенных выше моделях процесса G - расход сырья, кг/с; c - теплоемкость сырья при температуре t , Дж/(кг·К); α_2 - коэффициент теплоотдачи от стенки труб к нагреваемой жидкости, Вт/(м²·К); $d_{\text{вн}}$ - внутренний диаметр труб, м. n - число трубок в аппарате, шт.; $t_{\text{ст}}$ - температура внутренней поверхности стенки труб, °С; $T = t + 273,15$, К; ρ_4^t - плотность сырья при температуре t , кг/м³; ρ_4^{20} - плотность сырья при 20 °С, кг/м³; $t_{\text{огр}}$ - технологические ограничения по величине температуры подогрева сырья в аппарате, °С.

На основе модели статики подогрева сырья предложена методика оптимального расчета и проектирования данного процесса, основанная на исследовании характера непрерывного распределения температуры жидкости по длине труб аппарата при заданных технологических параметрах.

Для исследования статики подогрева нефтегазоконденсатной смеси в кожухотрубчатых аппаратах на математической модели процесса составлена его компьютерная модель на платформе MATLAB/Simulink (рис.3).

На компьютерной модели была исследована статика процесса подогрева нефти и рабочей смеси, состоящей из 30 % нефти и 70 % газоконденсата на восьми последовательно подключенных аппаратах 10E-01÷10E-08 I блока тепловой подготовки сырья к перегонке. Подогрев сырья осуществляется за

счет съема тепла горячих потоков, выходящих из атмосферной ректификационной колонны 10С-02 установки первичной перегонки нефти Бухарского НПЗ.

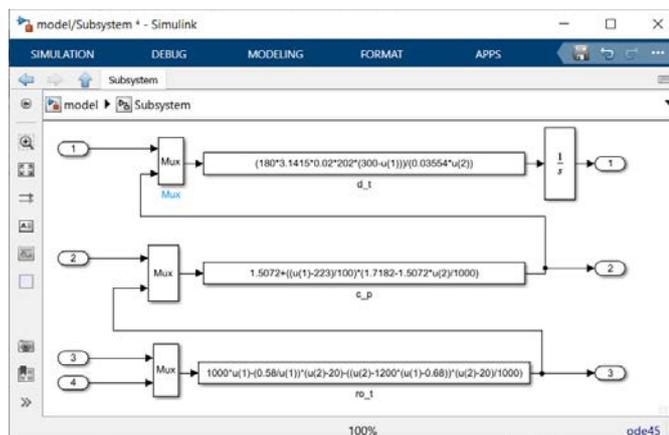


Рис. 3. Вид блока компьютерной модели процесса подогрева нефтегазоконденсатной смеси на платформе MATLAB Simulink

Ниже приведены результаты исследования статике подогрева смеси конденсирующимися парами общей нефти в кожухотрубчатом теплообменнике 10E-02. Поверхность нагрева аппарата по его паспорту $F_{\text{вн1}} = 196,7 \text{ м}^2$ ($d = 20/25$ мм, $l = 4,8$ м и $n = 580$ шт). Подогрев смеси в аппарате исследован при следующих регламентированных значениях параметров процесса: $G_0 = 105508$ кг/ч, $\rho_{20} = 768$ кг/м³, $t_{\text{вх}} = 25,6$ °С, $t_{\text{вых}} = 49,1$ °С и $t_{\text{кн}} = 148,72$ °С.

На рис. 4 изображена кривая изменения коэффициента теплопередачи K , по длине труб l аппарата в ходе процесса. Расчет значений коэффициента K в аппарате осуществлен с учетом непрерывного изменения показателей свойств сырья и дистиллятов фракций от температуры процесса. По результатам исследования процесса на математической модели построена кривая распределения температуры подогреваемой нефтегазоконденсатной смеси t по длине труб l теплообменника при его заданной производительности G_0 (рис. 5).

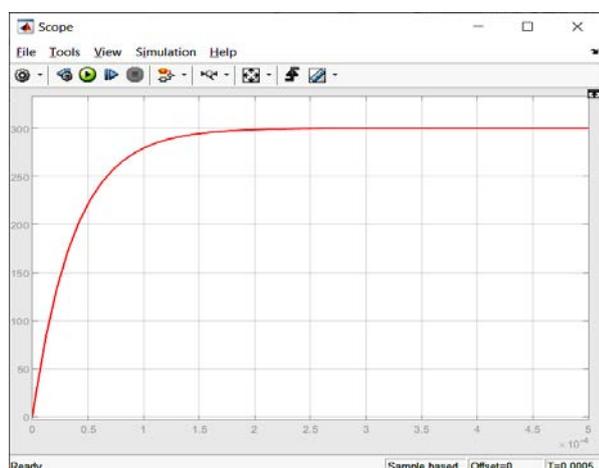


Рис. 4. Распределение коэффициента теплопередачи по длине труб l в аппарате 10E-02 при расходе нагреваемой смеси $G = 105508$ кг/ч

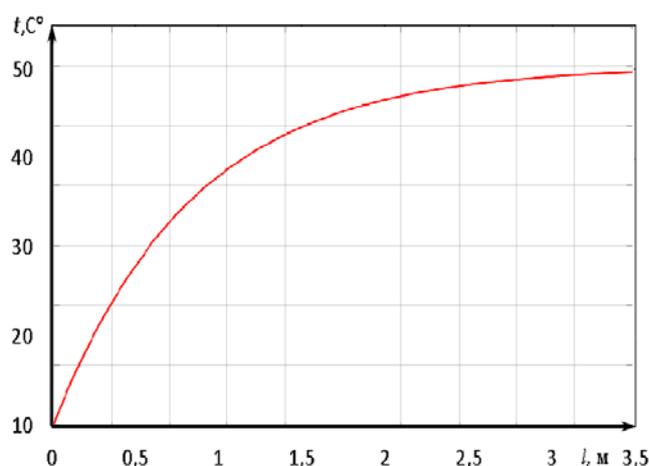


Рис. 5. Кривая распределения температуры смеси t по длине труб l теплообменника 10E-02 при ее расходе $G = 105508$ кг/ч

Анализ кривой $l = f(t)$ показывает, что при заданном расходе G_0 температура смеси t в аппарате плавно повышается до $50\text{ }^\circ\text{C}$ с нарастающей скоростью ($14,3\text{ }^\circ\text{C/м}$) на участке трубы длиной $l \leq 2,5\text{ м}$. В дальнейшем, с достижением постоянного перепада температур между смесью и теплоносителем, темп подогрева смеси на оставшемся участке длины труб (от $2,5$ до $4,8\text{ м}$) температура приобретает постоянный характер.

На графике (рис. 5) также видно, что для достижения требуемой температуры смеси на выходе $t_{\text{вых}} = 50\text{ }^\circ\text{C}$ достаточным является участок трубного пучка с активной длиной $l_{\text{акт}} = 2,5\text{ м}$, что составляет 52% от общей его длины. При этом потребная поверхность нагрева аппарата составляет $F_{\text{вн2}} = 81,96\text{ м}^2$. Выявленный запас поверхности теплопередачи аппарата $\Delta F_{\text{вн}} = F_{\text{вн1}} - F_{\text{вн2}} = 114,74\text{ м}^2$ указывает на наличие резерва дальнейшего увеличения его производительности.

Основные результаты проведенных сопоставительных расчетов по определению оптимальных значений поверхностей теплопередачи $F_{\text{опт}}$ теплообменников 10Е-01÷10Е-08 I блока подогрева смеси нефтеперегонной установки 10С02 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов оптимальной длины $l_{\text{опт}}$ (поверхности $F_{\text{опт}}$) трубок теплообменников установки 10С02 ($G = 105508\text{ кг/ч}$, $d = 20/25\text{ мм}$)

Литера	$l, \text{ м}$	$F_{\text{ср}}, \text{ м}^2$	$t_{\text{н}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{к}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{н}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{к}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$l_{\text{опт}}, \text{ м}$	$F_{\text{опт}}, \text{ м}^2$	$\Delta F, \text{ м}^2$	$\Delta F, \%$
10Е-01	4,8	97,6	20	25,6	125,6	103,2	2,25	45,8	51,8	53,07
10Е-02	4,8	196,7	25,6	49	148,7	146	2,5	81,96	114,74	58,33
10Е-03	6,0	468,8	49,1	96,1	165	152	2,5	195,4	273,4	58,32
10Е-04	6,0	273	96,1	111,7	137	114	4,8	218,4	54,6	20,0
10Е-05	6,0	113,6	111,7	119,7	138,8	125,6	2,6	49,23	64,37	56,66
10Е-06	6,0	192	119,7	126,3	159,4	136,9	2,28	73,13	118,87	61,91
10Е-07	6,0	222	126,3	142,3	171	167	3,0	111,06	111	50,0
10Е-08	6,0	218	142,3	150	257,7	185,3	2,25	81,71	136,29	62,5
Σ		1781,7						$\Sigma 856,7$	$\Sigma 925$	51,92

Из материалов табл. 1 следует, что на предприятии для подогрева заданного количества $G_0 = 105508\text{ кг/ч}$ рабочей смеси от 20 до $150\text{ }^\circ\text{C}$, применяют аппараты с суммарной поверхностью теплообмена $F_{\text{ср}} = 1781,7\text{ м}^2$. При этом требуемая для этой цели необходимая поверхность нагрева всех теплообменников данного этапа подогрева смеси составляет $F_{\text{опт}} = 856,7\text{ м}^2$. Следовательно, имеется резерв теплообменной поверхности аппаратов данного блока на $\Delta F = 925\text{ м}^2$ (или на 52%). Выявленная величина ΔF является показателем интенсификации теплообмена в эксплуатируемых аппаратах и служит основанием для предложения рекомендаций по повышению их тепловой эффективности, наращиванию производительности (например, в $1,5\div 2$ раза) или же для упрощения технологической схемы тепловой подготовки сырья данного блока.

В четвертой главе диссертации «**Оптимизация процессов подогрева нефтегазоконденсатной смеси в кожухотрубчатых аппаратах установки**

атмосферной перегонки НПЗ» осуществлены поставленные задачи для повышения энергоэффективности перегонной установки за счет оптимизации технологических режимов теплообменников, приводящие к снижению производственных затрат.

Для выявления оптимальных границ режима подогрева сырья теплом дистиллятных фракций в качестве критерия оптимальности выбрана технологическая себестоимость подогретого сырья C_T , которая косвенно оценивает экономические возможности работы аппаратов. Учитывая различия в конструкции и по производительности теплообменников, для анализа их эффективной работы в качестве критерия оптимальности принята удельная технологическая себестоимость подогретого сырья $C_{уд} = C_T / G_o$:

$$C_{уд} = 1/G_o [C_3(N_H + N_D) + A_a F_a + A_H (N_H + N_D)], \quad (17)$$

где C_o и C_3 - соответственно, себестоимость сырья и электроэнергии; N_H и N_D - мощность насосов для перекачки нефти и дистиллятов фракций; F_a и $F_{кн}$ - поверхность теплопередачи теплообменников и конденсаторов, определяется с применением уточненной методики расчета тепловых коэффициентов, учитывающая температурные изменения показателей свойств смеси; A_a , $A_{кн}$ и A_H - амортизационные отчисления для аппаратов и насосов, зависящей от продолжительности T их интенсивной работы.

Таким образом, целевая функция критерия оптимальности подогрева нефтегазоконденсатной смеси углеводородными теплоносителями в кожухотрубчатом аппарате сформулирована как следующая система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{уд} = 1/G_o [C_3(N_H + N_D) + A_a F_a + A_H (N_H + N_D)]; \quad (18) \\ \rho_4^t = 1000 \rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}} (t - 20) - \frac{[t - 1200(\rho_4^{20} - 0,68)]}{1000} \cdot (t - 20); \quad (19) \\ c_p = 1,5072 + \frac{T - 223}{100} \times (1,7182 - 1,5072 \rho_4^{20}); \quad (20) \\ N_H = (G_o \Delta P) / (1000 \rho \eta_H); \quad (21) \\ \Delta P = 0,5 \nu^2 \rho (\lambda n l / d_{экв} + \sum \varphi_i); \quad (22) \\ F_a = G_o (c_{вых} t_{вых} - c_{вх} t_{вх}) / (K_{кн} \Delta t_{cp}); \quad (23) \\ A_a = (E_H \Pi_T) / 24 T_H F_a; \quad (24) \\ A_H = (E_H \Pi_H) / 24 T_H N_H; \quad (25) \\ t_{вых} \leq t_{огр}. \end{array} \right.$$

выявляющая оптимальные границы режима подогрева рабочей смеси горячими потоками дистиллятных фракций в теплообменниках, обеспечивающие минимальные значения удельной технологической себестоимости подогреваемого сырья $C_{уд}$.

Сопоставительная оценка влияния статей затрат на технологическую себестоимость подогретой смеси проведена путем анализа уравнений для расчета параметров, входящих в вышеуказанное выражение (17).

В этом аспекте, проведена оценка технологической себестоимости подогрева рабочей смеси в кожухотрубчатом теплообменнике-конденсаторе 10E-03. Поверхность нагрева аппарата $F = 468,8 \text{ м}^2$ ($d = 20/25 \text{ мм}$, $l = 6000 \text{ мм}$ и

$n = 1106$ шт). Перекачка рабочей смеси через I блок - восемь последовательно соединенных теплообменников, осуществляется насосом с установленной мощностью $N_n = 250$ кВт и балансовой стоимостью $C_n = 224,432$ млн сум. Балансовая стоимость теплообменника $C_a = 462,842$ млн сум, величина амортизационных отчислений для аппарата по (24) составляет $A_T = 16,939$ сум/м², а для насоса по (25) $A_n = 15,402$ сум/кВт.

Исследования проведены при следующих технологических параметрах работы аппарата 10E-03: $G_o = 105508,3$ кг/ч и при расходе греющих паров тяжелой нефти $G_d = 61898$ кг/ч, с верха колонны 10C02. Смесь поступает в аппарат при $t_{вх} = 49$ °С, где она нагревается при конденсации паров тяжелой нефти $T_1 = 165$ °С. до $t_{вых} = 96$ °С

На графике (рис. 6) изображены характер изменений составляющих удельную технологическую себестоимость подогрева смеси $C_{уд}$ в аппарате - энергетических затрат для осуществления процесса $\mathcal{E} = C_n N_n + A_n N_n$ и амортизационных отчислений на оборудование $A = A_a F_a$.

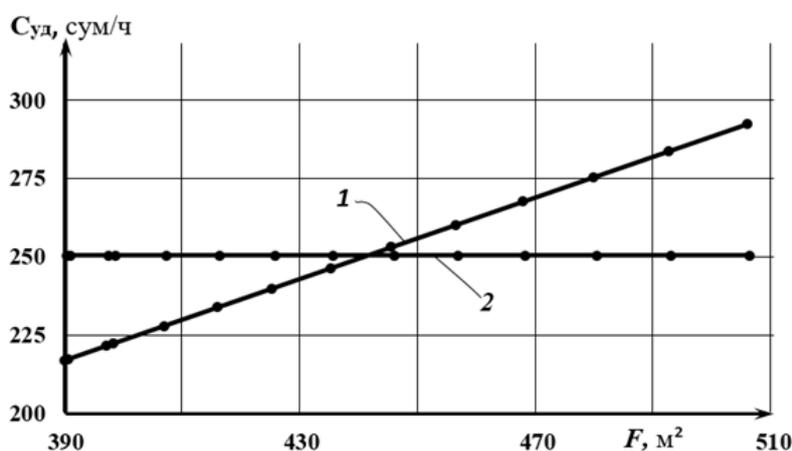


Рис. 6. Изменение амортизационных отчислений 1 и энергетических затрат 2 при подогреве смеси парами тяжелой нефти в аппарате 10E-03 при $G_o = 105508$ кг/ч и $G_d = 61898$ кг/ч

Выявлено, что для перекачки $G_o = 105508,3$ кг/ч смеси по трубкам аппарата потребуется $N_n = 9,7$ кВт мощности. При себестоимости электроэнергии $C_n = 440,52$ сум/кВт энергетические затраты для проведения процесса составляют постоянную величину $\mathcal{E} = 250,456$ сум/кг (кривая 2). В данном случае величина отчислений на теплообменник A интенсивно возрастает по наклонной кривой от 214,62 до 277,98 сум/кг (кривая 1). По нашему мнению, точка пересечений кривых 1 и 2, где $F = 445$ м², $\mathcal{E} = 250,5$ сум/кг, $A = 244,8$ сум/кг, $C_{уд} = 508,5$ сум/кг и $t_{вых} = 77,0$ °С, характеризуют оптимальные условия эксплуатации теплообменника 10E-03 при заданной его производительности $G_o = 105508,3$ кг/ч.

В дальнейшем, по результатам исследований целевой функции критерия оптимальности подогрева рабочей смеси, выявлены оптимальные условия работы аппаратов 10E-01÷10E-08 I блока тепловой подготовки сырья к перегонке. В расчетах учтена, средняя стоимость 1 м² поверхности нагрева аппаратов равная $C_{cp} = 0,9873$ млн сум/м².

В нижеследующей таблице 2 приведены результаты расчета эксплуатационных расходов на электроэнергию $C_эN_n$ и амортизационные отчисления аппаратов $A_T F_T$ и насоса $A_n N_n$, определяющие величину технологической себестоимости подогретой в аппаратах смеси C_T теплом дистиллятных потоков.

Как видно, технологическая себестоимость подогрева рабочей смеси в аппаратах составляет $C_T = 106278,2$ сум в час при ее расходе $G_o = 105508,3$ кг/ч. Анализ составляющих себестоимости показывает, что расход мощности на перекачку смеси через сеть аппаратов ощутимо влияют на C_T - от 49,7 до 88,6 % (в 10E-05). Величина $A_T F_T$ колеблется от 20,2 (в 10E-06) до 48,5 % (в 10E-02) от величины C_T . Размер отчислений $A_n N_n$ зависит от величины N и изменяется в пределах от 1,7 (в 10E-02) до 3,1 % (в 10E-05) от себестоимости C_T .

Таблица 2

Технологическая себестоимость подогрева смеси потоками дистиллятов в аппаратах 10E-01÷10E-08 нефтеперегонной установки 10C02 БНПЗ

Литера аппарата	$F_{ср}$, м ²	N , кВт/ч	$C_эN_n$, сум/ч	$A_T F_T$, сум/ч	$A_n N_n$, сум/ч	C_T , сум/ч	$C_{уд}$, сум/кг
10E-01	97,6	4,25	1872,21	1653,25	65,46	3590,92	0,0340
10E-02	196,7	7,75	3414,03	3331,9	119,37	6865,3	0,0651
10E-03	468,8	9,7	4273,04	7941	149,4	12363,44	0,1172
10E-04	273	20,1	8854,45	4624,35	309,58	13788,38	0,1307
10E-05	113,6	46,08	20299,16	1924,27	709,72	22933,16	0,2174
10E-06	192	28,16	12405,04	3252,29	433,72	16091,05	0,1525
10E-07	222	25,33	11158,37	3760,46	390,13	15308,96	0,1451
10E-08	218	25,54	11250,88	3692,70	393,37	15336,95	0,1454
Σ	1781,7	166,91				106278,2	1,0073

В нижеследующей таблице 3 приведены результаты расчета статьей эксплуатационных расходов на подогрев смеси в этих аппаратах горячими потоками дистиллятов фракций.

Расчеты выполнены для сравнения технологической себестоимости подогрева смеси в применяемых на НПЗ аппаратах, и в аппаратах с выявленной оптимальной поверхностью нагрева (см. табл. 1).

Таблица 3

Результаты расчетов оптимальных конструктивно-технологических параметров теплообменников нефтеперегонной установки 10C02

Литера	$F_{ср}$, м ²	$t_{зад}$, °C	$F_{опт}$, м ²	C_a , млн сум	N , кВт/ч	$C_эN_n$, сум/ч	$A_T F_T$, сум/ч	$A_n N_n$, сум/ч	C_T , сум/ч	$C_{уд}$, сум/кг
10E-01	97,6	26	45,8	96,36	4,25	1872,2	775,8	65,5	2713,5	0,0256
10E-02	196,7	49	81,96	194,20	7,75	3414,0	1388,3	119,4	4921,7	0,0467
10E-03	468,8	96	195,4	462,85	9,7	4273,0	3309,9	149,4	7732,3	0,0733
10E-04	273	112	218,4	269,53	20,1	8854,5	3699,5	309,6	12863,5	0,1219
10E-05	113,6	120	49,23	112,16	46,08	20299,2	833,9	709,7	21842,8	0,2070
10E-06	192	126	73,13	189,18	28,16	12405,0	1238,8	433,7	14077,5	0,1334
10E-07	222	142	111	219,44	25,33	11158,4	1880,2	390,1	13428,7	0,1273
10E-08	218	150	81,71	215,23	25,54	11250,9	1384,1	393,4	13028,3	0,1235
Σ	1781,7		856,7		166,91				90608,4	0,8588

Сравнения данных таблиц 2 и 3 показывает, что применение трубчатых аппаратов с оптимальной поверхностью нагрева способствует снижению технологической себестоимости подогретой рабочей смеси на 15669,8 (106278,2 - 90608,4) сум в час работы теплообменников при одинаковых температурных режимах и производительности G_o установки атмосферной перегонки.

В пятой главе диссертации «Технико-экономические показатели оптимизации тепловой подготовки углеводородного сырья к первичной перегонке» приведены описание технологической схемы установки атмосферной перегонки нефтегазоконденсатной смеси Бухарского НПЗ, конструктивно-технологические параметры теплообменников E01÷E08 и результаты поверочного расчета процессов - материальные балансы стадий перегонки смеси и ее фракционирования, теплового баланса ректификационной колонны и контуров ее холодного и циркуляционного орошений.

Эффективность работы теплообменников I этапа подогрева смеси оценена по значению критерия $\theta = Q/(NF)$, характеризующий соотношение затрат тепла Q и энергии N на единицу их поверхности нагрева F .

В качестве критерия упрощения состава технологической линии теплообменников принято соотношения

$$\theta = [(Q/N)_i / \Sigma(Q/N)_i] 100 \% \leq \varepsilon, \quad (26)$$

где $(Q/N)_i$ - эффективность i -го аппарата; ε - наименьшая величина по θ .

Результаты расчетов затрат тепла и мощности в теплообменниках нефтеперегонной установки 10C02 предприятия при расходе сырья $G_o = 105508$ кг/ч и теплоносителя $G_{тн}$ приведены в нижеследующей таблице 4.

Таблица 4

Анализ эффективности работы теплообменников установки 10C02 БНПЗ

Литера аппарата	t_n	t_k	t_n	t_k	Теплоноситель	$G_{тн}$	Q	N	Q/N	$Q/(NF)$
	°С	°С	°С	°С		кг/ч	кВт	кВт		
10E-01	20	25,6	125,6	103,2	керосин	15475	226,80	4,25	53,365	0,5468
10E-02	25,6	49	148,7	146	пары общей нефти	80372	125,43	7,75	16,185	0,0823
10E-03	49,1	96,1	165	152	пары тяжел. нефти	61898	468,33	9,7	48,281	0,103
10E-04	96,1	111,7	137	114	пары легкой нефти	18474	238,55	20,1	11,868	0,0435
10E-05	111,7	119,7	138,8	125,6	керосин	15475	137,55	46,08	2,985	0,0263
10E-06	119,7	126,3	159,4	136,9	общ. газойл	18991	286,91	28,16	10,188	0,0531
10E-07	126,3	142,3	171	167	керосин ЦО	15475	44,12	25,33	1,7418	0,0079
10E-08	142,3	150	257,7	185,3	мазут	9144	462,77	25,54	18,119	0,0831
Σ							1990,4	166,9	11,926	0,0067

Анализ материалов табл. 4 показывает, что теплообменники 10E-05 и 10E-07 имеют низкий коэффициент эффективности по критерию Q/N (2,985 и 1,7418 соответственно) по сравнению со значением $Q/N_{лин}$ (11,926). Это объясняется тем, что в теплообменнике 10E-05 ($F = 113,6$ м²) смесь подогревается всего на 2 °С, а в аппарате 10E-07 ($F = 222$ м²) перепад температуры греющего потока керосина составляет 4 °С. При этом, расход мощности N в этих аппаратах составляет 46,08 и 25,33 кВт соответственно.

Для улучшения организации процесса в теплообменниках 10E-05 и 10E-07 рекомендовано сократить их поверхности нагрева на 56,7 % и 50 % (см. табл. 1) или взамен их вмонтировать другой аппарат с $F_{\text{опт}} = 160 \text{ м}^2$ при соблюдении их общей тепловой нагрузки. Такое решение, осуществляемое подбором аппаратов по типу и величине F , способствует увеличению тепловой эффективности аппаратов I этапа подогрева сырья, рациональному сокращению их числа на линии и снижению расхода электроэнергии на процесс.

Экономический эффект от реализации выявленных оптимальных параметров подогрева сырья в теплообменниках складывается из статей экономии (млн сум) за счет уменьшения поверхности нагрева аппаратов (913,2525), сокращения расхода электроэнергии (345,086) и амортизационных отчислений (93,7234), что составило 1352,062 млн. сум в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Путем математической обработки опытных данных получены эмпирические уравнения для расчета показателей основных свойств нефтяного сырья и дистиллятных фракций при температурах $20 \div 200 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Разработана методика уточненного расчета тепловых коэффициентов при подогреве сырья горячими потоками фракций в кожухотрубчатых теплообменниках, учитывающая температурные изменения показателей свойств теплоносителей.

3. Построена иерархическая структура и математическая модель подогрева сырья горячими потоками фракций в кожухотрубчатом аппарате. Разработана методика оптимального расчёта и проектирования процесса подогрева сырья горячими потоками дистиллятных фракций в трубчатых аппаратах НПЗ, основанные на распределении температуры сырья по длине трубок.

4. Выявлены оптимальные значения поверхностей нагрева теплообменников I этапа подогрева сырья $F_{\text{опт}} = 856,7 \text{ м}^2$ при регламентированных условиях работы нефтеперегонной установки: $G_o = 105508 \text{ кг/ч}$, $t = 20 \div 150 \text{ }^\circ\text{C}$, $F_{\text{об}} = 1781,7 \text{ м}^2$. Выявлен запас поверхности нагрева теплообменников в 925 м^2 , способствующий дальнейшему наращиванию их тепловой нагрузки на $50 \div 62,5 \text{ } \%$.

5. Сформулирована целевая функция критерия оптимальности исследуемого процесса - технологической себестоимости $C_{\text{уд}}$ подогретой горячими потоками фракций нефтегазоконденсатной смеси, в теплообменниках I этапа подготовки сырья к перегонке. Выявлены оптимальные технологические параметры процесса, обеспечивающие минимальную себестоимость подогретого сырья 15670 сум в час работы аппаратов при регламентированных температурных режимах.

6. Ожидаемый экономический эффект от внедрения в производство рекомендаций по эффективной организации подогрева нефтегазоконденсатной смеси в теплообменниках I этапа тепловой подготовки сырья к перегонке и выявленных оптимальных конструктивно-технологических параметров процесса в условиях Бухарского НПЗ составляет 1352 млн сум в год.

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

TASHKENT CHEMICAL TECHNOLOGICAL INSTITUTE

RAKHIMJANOVA SHAKHNOZA SAIDANVAROVNA

**OPTIMISATION OF PROCESSES FOR THERMAL PREPARATION OF
HYDROCARBON FEEDSTOCKS FOR PRIMARY DISTILLATION**

02.00.16 - Processes and apparatus of chemical technologies and food productions

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

Tashkent - 2025

The dissertation subject doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2020.2, PhD/T17.01

Dissertation has been carried out at Tashkent chemical-technological institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (summary)) on the scientific council website www.itsc.uz and on the website of "Ziynet" Information and educational portal www.ziynet.uz

Research supervisor:	Abulqasim A. Khudayberdiyev doctor of technical sciences, professor.
Official appraisers:	Anvar M. Khamsidov doctor of technical sciences, associate professor Mirza S. Narziyev doctor of technical sciences, professor
Leading organization:	I. Karimov Tashkent State Technical University

The presentation of doctoral thesis will be held on 04 november 2023 at 13 at the meeting of the Scientific Council DSc-01/90.12.2009 T.04.01 at the Tashkent chemical-technological institute (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32, tel (+99877) 244-79-21, fax: (99877) 244-79-17, e-mail: itsc-info@tdk.uz)

Doctoral dissertation can be reviewed at the Information-science center at Tashkent chemical-technology institute (registered number 386). Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32, tel (+99877) 244-79-21, fax: (99877) 244-79-17

Abstract of dissertation sent out on 29 september 2023 y.
(mailing report No 242 on 19 september 2023 y.)



S.M. Turshjonov
S.M. Turshjonov
Chairman of the Scientific Council for the
Award of the scientific Degrees,
Department of Technical Sciences, Academician

Kh.B. Kadriev
Kh.B. Kadriev
Secretary of the Scientific Council for
the Award of Scientific Degrees,
Department of Technical Sciences, Professor

G.H. Rustamov
G.H. Rustamov
Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the Award of Scientific Degrees
Doctor of Chemical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the optimisation of processes of thermal preparation of hydrocarbon feedstock for primary distillation by hot streams of distillate fractions in shell-and-tube apparatuses.

The objects of the work oil, gas condensate and their mixtures in various ratios, as well as distillates of fuel fractions formed during the distillation of raw materials.

The subject of research are technological processes occurring in heat-exchange apparatuses for heating of oil-gas-condensate mixture by hot streams of distillate fractions in steam and liquid phases.

Scientific novelty of the research work consists in the following:

the method of calculation of heat transfer coefficient in shell-and-tube heat exchangers, which takes into account changes in the properties of oil feedstock and distillate fractions from the phase state and heating temperature, has been specified;

the methodology of optimal calculation and design of shell-and-tube heat exchangers on the basis of temperature distribution of heated feedstock and distillate fractions along the length of tubes has been developed;

the optimum values of the heating surfaces of the heat exchangers of the I stage of the feedstock heating $F_{opt} = 856,7 \text{ m}^2$ under the regulated conditions of the refinery unit operation: $G = 105508 \text{ kg/h}$, $t = 20\div 150\text{oC}$ and $F_{ob} = 1781,7 \text{ m}^2$; the reserve of the heating surface of the heat exchangers in 925 m^2 is revealed, contributing to further increase of the heat load of the heat exchangers by $50\div 62,5 \%$;

the optimum technological parameters of the process providing the minimum prime cost of the heated raw material for 15670 sum/hour of work of heat exchangers at regulated temperature modes and productivity 105508,3 kg/h of the oil refining unit have been revealed;

the criterion $\theta = Q/(NF)$ of an estimation of efficiency of work of heat exchangers for heating of oil raw material, characterising a ratio of expenses of heat Q and energy N on unit of their heating surface F has been offered;

Implementation of the research results.

On the basis of the obtained scientific and practical results on optimisation of processes of thermal preparation of hydrocarbon feedstock for primary distillation:

the total optimum heating surface $F = 856,7 \text{ m}^2$ of heat exchangers of the I stage of feedstock heating at their total heating surface of $1781,7 \text{ m}^2$ was revealed (reference No. 26-62/292 from 22.01.2025 of 'Bukhara Oil Refinery' LLC). As a result, it became possible to further increase the heat capacity of apparatuses by $50\div 62,5 \%$;

developed recommendations on effective organisation of oil feedstock heating processes in heat exchangers of the oil refinery unit, containing a rational number of apparatuses with optimal heat transfer surface, are included in the 'List of promising developments for implementation in practice for 2025-2027 ears of 'Fergana Oil Refinery LLC (reference No. 01-05/112 dated 21 January 2025 of 'Fergana Oil Refinery" LLC). As a result, it will be possible to reduce the technological cost of the heated mixture by 15670 soums per hour of operation of heat exchangers of the I block at regulated temperature regimes and reduce the operating costs of the unit up to 1352 million soums/year.

The structure and volume of the thesis. The thesis consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the thesis is 123 pages.

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

I bo'lim (1 часть; 1 part)

1. Худайбердиев А.А., Ш.С. Рахимжанова. Efficiency of heating raw materials in pairs of the dehydrated distillates of fractions in tubular devices of oil retreatment// International scientific and technical journal Chemical technology. Control and management. - Т.: 2019, № 4 и 5. - p. 42-48 (02.00.16; №10).
2. Худайбердиев А.А., Шарипов К.К., Худайбердиев Аб.А., Исмоилов О.Ю., Рахимжанова Ш.С. Кожухотрубчатый теплообменник с эффективной зоной конденсации пара на поверхности труб// Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ. - Инф. сб. № 11. - Москва, 2020, 1-56 - С. 48-49. (02.00.16; №16).
3. Раджибоев Д.П., Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С., Кучкарова Д.И. Анализ плотности и вязкости дистиллятов фракций, образованных при перегонке нефтегазоконденсатных смесей углеводородными парами// Universum: технические науки: электрон. научн. журнал. 6(87). Част 3. - М.: МЦНО, 2021. - С. 81-87. URL:<http://7universum.com/ru/tech/archive/category/687>. (02.00.16; №1).
4. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А. Методика уточненного расчета теплообмена при конденсации паров фракций нефтегазоконденсатной смеси в кожухотрубчатом аппарате// Наманган мухандислик-технология институти илмий-техника журнали. - Наманган, 2021. - № 4. - С.126-133. (02.00.16; №33).
5. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С. Определение эффективных параметров трубчатого теплообменника для конденсации паров тяжелой нефти// Наманган мухандислик-технология институти илмий-техника журнали. - Наманган, 2021. - № 4. - С.45-50. (02.00.16; №33).
6. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф., Шафоатов Н.Ф. Моделирование статике процесса подогрева нефтегазоконденсатной смеси при конденсации паров нефти в горизонтальном кожухотрубчатом аппарате // Universum: технические науки: научн. журн. - №4(97). Част 10. - М.: МЦНО, 2022. - С.17-22. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13542>. DOI - 10.32743/UniTech.2022.97.4.13542. (02.00.16; №1).
7. Худайбердиев А.А., Артиков А.А., Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф. Оптимизация процесса подогрева нефтегазоконденсатной смеси парами нефти в теплообменнике-конденсаторе 10Е-03 установки первичной перегонки нефти // Universum: технические науки: научн. журн. -№4(97). Част 10. - М.: МЦНО, 2022. - С. 10-16. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/497>. DOI - 10.32743/UniTech.2022.97.4-10. (02.00.16; №1).
8. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф. Modelling and optimization of the process of heating oil and gas condensate mixture by hydrocarbon heat carriers in a shell and tube apparatus// Scientific and technical journal of Namangan institute of engineering and technology. - Namangan. - Volume 7 Issue (4) 2022. - P. 113-122. (02.00.16; №33).

9. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А. Optimization of heating of mixtures of oil and gas condensate by hot flows of fractions in tubular heat exchangers// Scientific and technical journal Namangan Institute of engineering and technology. Volume 8, issue 2. 2023. - P.138-145. (02.00.16; №33).

10. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А., Хакимова Г.Н., Францкевич В.С. Методика уточненного расчета поверхности теплопередачи трубчатого аппарата для подогрева углеводородного сырья// Эл. журнал: Труды БГТУ серия 2, №2. - С.43-49. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/67116?locale=ru>.

11. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А., Шералиева О.А. Математическое описание теплообменного процесса установки переработки нефтегазоконденсатного сырья// Central Asian Food Engineering and Technology (SAFET) electron ilmiy jurnal. Volume 2, issue 5. - С.102-107. May 2024.

II bo‘lim (II часть; part II)

12. Худайбердиев Аб.А., Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А. Моделирование процесса подогрева нефти в трубчатом теплообменниках НПЗ// Материалы международной конференции: Инновационное развитие нефтегазовой отрасли, современная энергетика и их актуальные проблемы. - Ташкент: ТХТИ, 26 мая 2020 г. - С. 887-889.

13. Рахимжанова Ш.С., Артиков А.А., Худайбердиев Аб.А. Оптимизация процессов тепловой подготовки нефти к перегонке// Материалы международной конференции: Инновационное развитие нефтегазовой отрасли, современная энергетика и их актуальные проблемы. - Ташкент: ТХТИ, 26 мая 2020 г. - С. 903-904.

14. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А. А. Расчет материального баланса установки атмосферной перегонки нефти// Сборник тезисов международной НТК: Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химических и пищевых продуктов. - Ташкент, 24-25 сентября 2021 г. - С.225-226.

15. Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф., Шофоатов Н. Ф. Определение эффективной поверхности кожухотрубчатого теплообменника для конденсации паров тяжелой нефти// Сборник научных трудов VI Международной молодежной НК: Tatarstan Urexprou 2022. - Казань, 14-17 апреля 2022 г. - С. 230-233.

16. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф., Шофоатов Н.Ф. Оптимизация подогрева нефтегазоконденсатной смеси в кожухотрубчатом теплообменнике 10E-03 Бухарского НПЗ// Нефт ва газ сохасида таълим-ишлабчиқариш кластерини ривожлантиришда инновацион ёндашувлар: халқаро конференция материаллари. - Тошкент, 30 апрел 2022 г. Т. 2. - С.191-192.

17. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф. Оптимизация подогрева нефтегазоконденсатной смеси парами нефти в теплообменнике 10E-03 установки атмосферной перегонки нефти// Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей производства строительных материалов: материалы конференции. - Ташкент, ИОНХ АН РУз, 12-14 мая 2022. - С.374-376.

18. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф. Математическое моделирование трубчатого конденсатора для подогрева углеводородного сырья// Научно-техническая неделя «Химия для устойчивого развития» в рамках «2022 год - Международный год фундаментальных наук в интересах устойчивого развития». - Ташкент 25-29 мая 2022 г. - С.174-177.

19. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С., Шомансуров Ф.Ф. Моделирование процесса подогрева нефтяного сырья углеводородными теплоносителями в трубчатом аппарате// Кимё технология, кимё ва озик-овкат саноатидаги муаммолар ҳамда уларни бартараф этиш йўллари: халқаро ИАА материаллари тўплами. 2-қисм. - Наманган: НамМТИ, 18-19-ноябр 2022 й. - Б. 247-250.

20. Рахимжанова Ш.С., Салимова С.А. Энергоэффективность процессов тепловой подготовки нефти к перегонке// Women in stem: сборник научных трудов международного форума. - Ташкент, ТХТИ, 10-14 февраля 2023 г. - С. 383-386.

21. Рахимжанова Ш.С., Маназарова Х.И., Нодирхонова С.И. Исследование процесса подогрева нефтегазоконденсатной смеси парами легкой нефти в теплообменном аппарате 10E04// Научная неделя «Зеленая химия и устойчивое развитие». <https://doi.org/10.47689/ПАЕ-CPDCE-vol1-iss1-2023>. - Ташкент, 24-27 мая 2023 г. - С.120-122.

22. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С. Оптимизация конструктивно-технологических параметров подогрева нефтегазоконденсатной смеси в трубчатом теплообменнике нефтеперегонной установки Бухарского НПЗ// Озик-овкат ва кимё саноатида инновацион технологияларни жорий қилиш: республика ИАК конференция материаллари. 2 жилд. - Наманган: НамМТИ, 2023. - С.189-192.

23. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А. Recommendations and mathematical calculations on scheme of installation 10A of process of heating of oil gas condensate mixture in heat-exchange apparatus 10E06// Ўзбек-Япония ёшлар инновацион маркази. Ўзбекистон- Япония III Халқаро конференция: Energy-earth-environment-engineering. - Ташкент, 5 декабр 2023 й. - С. 102.

24. Рахимжанова Ш.С., Салимова С.А., Файзиева Н.С. Технические и экологические аспекты применения паров фракций при перегонке нефтяного сырья// Women in STEM: халқаро фестивал. - Тошкент, 13-15 феврал 2024 й. - С.149-150.

25. Рахимжанова Ш.С., Хамдамов М.Б., Худайбердиев А.А. Сопоставительная оценка весомости элементарных явлений при тепловой обработке органических растворов в трубчатых аппаратах// Физикавий ва коллоид кимё фанларининг фундаментал ва амалий муаммолари ҳамда уларнинг инновацион ечимлари: халқаро ИАА материаллари тўплами. - Наманган, НамМТИ, 9-10 феврал 2024. - С.869-872.

26. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А., Нодирхонова С.И. Методика оценки эффективности работы кожухотрубчатых теплообменников для подогрева рабочей смеси нефтеперегонной установки// Актуальные проблемы и перспективы технологических процессов и аппаратов в промышленных

отраслях: материалы международной НПК. - Ташкент, ТХТИ, 27-28 сентября 2024 г. - С.201-205.

27. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С. Результаты исследования статистики процесса подогрева сырья горячими потоками дистиллятов фракций в кожухотрубчатых теплообменниках нефтеперегонной установки НПЗ// Кимё, органик моддалар ва нефтгаз саноати сохалардаги долзарб муаммолар ва инновацион ечимлар: республика ИАА материаллари. - Наманган, НамМТИ, 14-15 ноябр 2024 й. - С.814-816.

28. Худайбердиев А.А., Рахимжанова Ш.С. Критерий оценки эффективности работы теплообменников НПЗ по тепловым и гидравлическим показателям// Кимё, органик моддалар ва нефтгаз саноати сохалардаги долзарб муаммолар ва инновацион ечимлар: республика ИАА материаллари. - Наманган, НамМТИ, 14-15 ноябр 2024 й. - С.763-767.

29. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А. Эмпирический метод статистики процесса подогрева сырья горячими потоками дистиллятов фракций в кожухотрубчатых теплообменниках// Актуальные вопросы науки, общества и образования: сборник статей II Международной НПК. - Пенза: МЦНС "Наука и просвещение", 2025. - С.17-20.

30. Рахимжанова Ш.С., Худайбердиев А.А. Анализ эффективности работы теплообменников на НПЗ по тепловым и гидравлическим показателям. Problems and solutions of scientific and innovative research. - Istanbul, Volume 02. Issue 01. 2025. - P. 46-51.

Avtoreferat «Kimyo va kimyoviy texnologiya» jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog'i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 29/25.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.

