

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.04/30.04.2021.T.111.04. RAQAMLI ILMIY KENGASH

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

AVLAKULOV ABDIMAJIT MEYLIYEVICH

GAZ MIQDORI YUQORI ARALASHMALARNI JOY RELYEFI
BO‘YICHA O‘TADIGAN QUVURLAR ORQALI TASHISHNING
GIDRAVLIK HISOBINI TAKOMILLASHTIRISH

05.09.07- Gidravlika va muhandislik gidrologiyasi

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

Qarshi – 2025

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

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Avlakulov Abdimajit Meyliyevich

Gaz miqdori yo‘qori aralashmalarni joy relyefi bo‘yicha o‘tadigan quvurlar orqali
tashishning gidravlik hisobini takomillashtirish.....

5

Авлакулов Абдимажит Мейлиевич

Совершенствование гидравлического расчета транспортировки высоко
газосодержащих смесей по трубопроводам, проходящим по рельефу
местности.....

23

Avlakulov Abdimajit Meylievich

Improvement of the hydraulic calculation of transportation of high-gas mixtures
through pipelines passing through the terrain.....

43

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....

46

**QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.04/30.04.2021.T.111.04. RAQAMLI ILMIY KENGASH**

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

AVLAKULOV ABDIMAJIT MEYLIYEVICH

**GAZ MIQDORI YUQORI ARALASHMALARNI JOY RELYEFI
BO‘YICHA O‘TADIGAN QUVURLAR ORQALI TASHISHNING
GIDRAVLIK HISOBINI TAKOMILLASHTIRISH**

05.09.07- Gidravlika va muhandislik gidrologiyasi

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

Qarshi – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/T5537 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi Qarshi davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.kstu.uz) va "ZiyoNet" axborot ta'lim portali (www.ziynet.uz) manziliga joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Eshev Sobir Samatovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Uralov Baxtiyor Raxmatullaevich
texnika fanlari doktori, professor

Rajabov Ulug'bek Mamashoevich
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Samarqand davlat arxitektura – qurilish universiteti

Dissertatsiya himoyasi Qarshi davlat texnika universiteti huzuridagi Ilmiy darajalar beruvchi PhD.04/30.04.2021.T.111.04. raqamli ilmiy kengashining 2025-yil 14 07 soat 15 da majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 180100, Qarshi sh., Mustaqillik ko'chasi 225-uy. Tel:(+99875) - 221-09-23 faks: (+99875) 224-13-95 e-mail: kstu@kstu.uz

Dissertatsiya bilan Qarshi davlat texnika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 180100, Qarshi sh., Mustaqillik ko'chasi 225-uy, Tel:(+99875)-221-09-23.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil 03 07 kuni tarqatildi
(2025- yil "03" 07 daqi No 1 raqamli revestr bayonnomasi.)



R.Xujaqulov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

Sh.A. Latipov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., dotsent

U.U. Jonqobilov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash huzuridagi ilmiy seminar raisi t.f.d., professor

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zazuriyati. Jahonda gazni qazib chiqarish va quvurlar orqali tashish, ularni begona qo‘shilmalardan tozalash uchun resurtejamkor texnologiyalar va texnik vositalarni qo‘llash yetakchi o‘rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida gazni qazib chiqarish va tashish bilan bog‘liq xarajatlar barchasining 75% qismi faqat tashish xarajatlariga to‘g‘ri kelishini hisobga olsak, uglevodorod xomashyosini (neft va gaz kondensati quduqlari mahsulotlari) yig‘ish va tashishning eng samarali usuli gaz va suyuqlikni, ya‘ni bir quvurli tizimni amaliyotga joriy etishni taqozo etadi. Shu jihatdan neft, gaz va kondensat aralashmalarini quvurlarda tashish muammosi zamonaviy gidrogazodinamika yutuqlariga asoslangan gidravlik hisob usullarini takomillashtirish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda ko‘pgina tadqiqotlar aralashma xususiyatlari va aralashmaning quvurlardagi harakati gidrodinamikasiga oid bo‘lgandigii uchun ulardan bevosita kon quvurlaridagi suyuqlik va gaz aralashmasining muhandislik hisoblarida foydalanib bo‘lmaydi. Ulardan foydalanish uchun ba‘zi soddalashtirishlarni, quvur yotqizilgan relyeflarni hisobga olishga to‘g‘ri keladi. Chunki real quvurlar gorizontol qismdan, pastga tushuvchi va yuqoriga ko‘tariluvchi uchastkalaridan tashkil topadi. Quvurning bunday uchastkalaridan oqib o‘tuvchi gaz-suyuqlik aralashmalaridan oqimning turli strukturalari yuzaga keladi. Shu sababli relyeflar bilan bog‘liq va oqim strukturasining o‘zgarishi sharoitida quvurlarda ikki fazalik muhitning gidravlik hisob usullarini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada gaz-suyuqlik aralashmasini quvurlar orqali tashishda relyef bilan bog‘liq va oqim strukturasining o‘zgarishi sharoitida quvurlarda ikki fazalik muhitning gidravlik parametrlari hisobini tashkomillashtirishga alohida e‘tibor berilmoqda.

Respublikamizda gaz qazib chiqarish va uni tashishda energiya sarfini kamaytirish, resurtejamkor texnika va texnologiyalarni ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026-yillarda O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha harakatlar strategiyasida, jumladan “... iqtisodiyot tarmoqlari va aholiga neft-gaz mahsulotlarini uzluksiz yetkazib berilishini ta‘minlash hamda kimyo va gaz-kimyosi sohalarini rivojlantirish va tabiiy gazni qayta ishlash darajasini 8 foizdan 20 foizga yetkazish orqali kimyo sanoatida milliard AQSh dollariga teng mahsulot ishlab chiqarish...” bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan¹. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda jumladan tabiiy gaz va suyuq uglevodorodlarni qazib chiqarish, ularni tashishda energiya tejamkor texnologiyalarni qo‘llash bilan birga takomillashgan gidravlik hisob usullarini yaratish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning tarqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni, 2019-yil 9-iyuldagi PQ-4388-son “Aholi va iqtisodiyotni energiya resurslari bilan barqaror ta‘minlash, neft-gaz tarmog‘ini moliyaviy sog‘lomlashtirish va uning boshqaruv tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari

¹O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning tarqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.

to'g'risida"gi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 12-maydagi" Tabiiy gaz va suyuq uglevodorodni qazib chiqarish, qayta ishlash hamda realizatsiya qilish hisobini yuritish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi qarorlari² hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning II. "Energetika, energotejamkorlik va muqobil energiya manbalari" ustuvor yo'nalishi darajasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Aralashmalarning quvurdagi harakatini ko'plab olimlar: A.A. Armand, Boris A.A., Lyagov A.V., Zaychenko Ye.A., Mamaev V.A., Maron V.I., Nikolaeva V., Odishariya G.E., Osinsov A.A., Pashali A.A., Sadullaev R., Sitenkov V.T., Ter-Sarkisov P.M., Umarov A.I., Uollis G., Chisolm D., Xyuit Dj., Brill, J.P., Azzopazdi B.J., Al-Sheikh, I.N., Crowe C.T., Kajchiro, M., Gray W.G. va boshqalar tomonidan batafsil tadqiq qilingan. Ular tomonidan kon sharoitida quvurlardagi gaz-suyuqlik aralashmasi harakatining matematik ifodasini yaratishga harakat qilingan. Aralashma oqimining qatlamli harakatida bosim tushishi uchun analitik formulalar taklif etilgan. Lekin kon sharoitida gaz-suyuqlik harakati quvurda strukturalar o'zgarishi, ya'ni almashunuvi sharoitida kechadi. Mualliflar tomonidan bunday jarayonni harakat differensial tenglamalari sistemasi murakkabligi sababli tekshirilmagan. M.A. Guseynzade va boshqalar quvur bo'ylab gazning nostatsionar harakatini va gaz –suyuqlik aralashmalari harakatini magistral quvurlar uchun nazariy jihatdan o'rganishgan.

Quvurda aralashma oqimining rejim xarakteristikasi asosida gidravlik hisobning asosiy parametrlari uchun analitik formulalar tavsiya etilgan. Ushbu metodika kon hududidagi quvurlar tizimi uchun sinab ko'rilgan va yaxshi natija berganligi ta'kidlanadi. Mualliflar Frud va Reynolds o'lchovsiz parametrlar va gidravlik qarshilik koeffitsientlari asosida ikki fazalik sistemaning gidrodinamik jarayonlarini modellashtirish mumkin ekanligini ko'rsatishgan. Bunda oqim strukturasi e'tiborga olinmaganligi sababli hisoblash formulalarini matematik yo'l bilan keltirib chiqarish uncha qiyinchilik tug'dirmasligini ko'rish mumkin.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining "Gidrotexnika inshootlari, gidroenergetika va suv ta'minoti muammolarini tadqiqot qilish" (2021-2023-yillarda) va Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining "Gaz quvurining gidravlik samaradorligini oshirish orqali gazni tashishda energiya sarfini kamaytirishning instrumental usulini ishlab chiqish" (2024-2025-yillarda)" GvaGI/20-24-son xo'jalik shartnomasi mavzusi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi relyefli quvurlarda gaz va suyuqlikning birgalikdagi harakati natijasida yuzaga keladigan gidravlik jarayonlarni tadqiq qilish asosida oqim

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 12-maydagi" Tabiiy gaz va suyuq uglevodorodni qazib chiqarish, qayta ishlash hamda realizatsiya qilish hisobini yuritish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi qarori

sarfi, uining turli strukturalarida bosim yo'qotilishini hisobga oluvchi gidravlik hisoblarni takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

- quvurlarda gaz-suyuqlik harakati gidravlik hisobiga doir hozirgacha mavjud usullarni qiyosiy taqqoslash;

- Sho'rtan neft-gaz qazib olish boshqarmasi quduqlarida uchraydigan gaz-kondensat aralashmalarining gidravlik va fizik-kimyoviy xossalari hamda ularning kon quvurlaridagi harakati gidrodinamik xususiyatlarini o'rganish;

- gaz-suyuqlik tashuvchi quvurlar samaradorligini oshirish maqsadida relyefli quvurlarning pasaygan va ko'tarilgan joylarida to'plangan suyuqlik hajmini aniqlash va ulardan tozalashning optimal muddatlarini o'rnatish hamda quvur liniyasi samaradorligini belgilash.

- quduq va gaz yig'uvchi tarmoqlarning birgalikda ishlashi sharoitida quvurda yuzaga keladigan oqim strukturalari almashinuvi chegaralarini aniqlash asosida bosim pasayishiga doir differensial tenglamasini tanlash va quvurning real trassa profiliga ekvivalent hisob profillarini qurishga doir tavsiyalar ishlab chiqish;

Tadqiqot ob'ekti sifatida Sh o'rtan neft-gaz qazib olish boshqarmasiga qarashli 289-quduqdan yig'ish punktigacha bo'lgan quvur trassasi tanlab olindi.

Tadqiqotning predmeti kon sharoitida tarkibida gaz miqdori yuqori bo'lgan gaz-suyuqlik aralashmasi va uni tashuvchi relyefli quvurlardan iborat.

Tadqiqot usullari. Hidrodinamika tenglamalaridan, bosimli quvurlarda gaz va suyuqlik harakati gidravlikasi hisobi va matematik statistika usullaridan, hamda modellashtirishning matematik va gidravlik usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

- gorizontal va relyefli quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining turli strukturalari inobatga olingan holda bosim yo'qotilishini hisoblash usuli takomillashtirilgan;

- quvurlarda halqali strukturadagi suyuq plyonka va gazning birgalikdagi harakati rejimida suyuq plyonka qalinligini inobatga olgan holda bosim tushishini aniqlash bo'yicha gidravlik hisob usuli takomillashtirilgan yangi bog'lanish hosil qilingan;

- gaz yig'uvchi tizimning asosiy elementi hisoblangan relyefli quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasining harakati jarayonida bosim yo'qotilishining oqim strukturasi, oqimning gidravlik xususiyatlarini yagona hisob tizimiga keltiruvchi matematik modeli ishlab chiqilgan;

kon sharoitida tarkibida suyuqlik miqdori kam bo'lgan gaz-suyuqlik aralashmasini tashuvchi quvurlar gidravlik hisob usuli, relyef xususiyatlarini inobatga olgan holda yig'iladigan suyuqlik hajmi va uni tozalash davriyligini aniqlash usuli takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijasi quyidagilardan iborat:

gorizontal va relyefli quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining bosim yo'qotilishini hisoblash usuli takomillashtirilgan;

gaz yig'uvchi tizimning asosiy elementi hisoblangan relyefli quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasining harakati jarayonida bosim yo'qotilishining oqim strukturasi,

oqimning gidravlik hususiyatlarini yagona hisob tizimiga keltiruvchi matematik modeli ishlab chiqilgan;

quvurdagi cho'kindilar miqdorini aniqlash va quvur ichki bo'shlig'ini tozalashning optimal davriylik muddatlari aniqlangan. Relyefli quvurlarning gidravlik hisobi algoritmi va blok-sxemasi ishlab chiqilgan

kon sharoitida tarkibida suyuqlik miqdori kam bo'lgan gaz-suyuqlik aralashmasini tashuvchi quvurlar gidravlik hisob usuli, relyef xususiyatlarini inobatga olgan holda yig'iladigan suyuqlik hajmi va uni tozalash davriyligini aniqlash usuli takomillashtirilgan va tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi qo'yilgan masalalarning aniqligiga, sifatli gidravlik usullardan foydalanilganligiga va hisobiy qiymatlarning nazariy, laboratoriya va dala sharoitidagi tadqiqotlar olib borilishi jarayonida olingan eksperimental ma'lumotlar bilan taqqoslanganligiga hamda matematik usullar va fizikaning qonunlaridan foydalanilganligiga, shuningdek, nazariy va tajriba natijalarini ushbu tadqiqot yo'nalishidagi boshqa mualliflarning natijalari bilan taqqoslanganligi, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati gorizontal va relyefli quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining qatlamli strukturasi bosim yo'qotilishini hisoblovchi yangi formula taklif etilganligi, quvurda suyuq plyonka va gazning birgalikdagi harakati tadqiq etilishi natijasida ushbu rejimda bosim tushishini hisoblovchi formulaning ilk bor suyuq plyonka qalinligiga bog'liq holdagi sodda ko'rinishi ishlab chiqilganligi, gaz yig'ish tizimining alohida gidrodinamik modullari elementlarini yagona hisob tizimiga keltiruvchi dastur jamlamasi yaratilganligi va tarkibida suyuqlik miqdori kam bo'lgan gaz-kondensat aralashmasini relyefli quvurlar orqali tashishda quvur joylashish holatini hisobga oluvchi gidravlik bog'liqliklarning yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Sho'rtan neft-gaz qazib olish boshqarmasi quduqlarida uchraydigan gaz-kondensat aralashmalarining gidravlik va termodinamik xossalari va ularning kon quvurlaridagi harakati gidrodinamik xususiyatlarini o'rganish asosida quduq va gaz yig'uvchi tarmoqlarning birgalikda ishlashi sharoitida quvurda yuzaga keladigan oqim strukturalari almashinuvi chegaralarini aniqlash va ekspluatatsiya sharoitida quvurning real trassa profiliga ekvivalent hisob profillarini qurishga doir tavsiyalar ishlab chiqish va ularni joriy etishdan iborat.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Yuqori gaz ulushiga ega aralashmalarni murakkab relyefli hududlardan o'tuvchi quvurlar orqali tashish jarayonini gidravlik jihatdan hisoblash usullari bo'yicha olingan natijalar asosida:

relyef bo'ylab o'tuvchi gaz-suyuqlik aralashmasini tashuvchi quvurlarning samaradorligiga dastlabki talablar tasdiqlangan (Sho'rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining 2024-yil 20-dekabrda OP 02/BO-4870-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, gaz quvurining ishlash koeffitsienti loyihaviy ko'rsatkichdan 10% ga kamaygan holatda ham, o'tkazish qobiliyatini saqlagan holda quvvat ko'rsatkichi 20,3% ga yaxshilanishiga erishilgan;

ushbu koeffitsientni 70% ga oshirishga erishish uchun tozalash jarayoni uchun optimal davriylik joriy etilgan. (Shoʻrtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining 2024 yil 20 dekabrda OP 02/BO-4870-sonli maʼlumotnomasi). Natijada, gazni quvur orqali uzatish uchun zarur boʻlgan energiya sarfini 20% ga kamaytirish imkoniyati yaratilgan;

quduqlar va gaz yigʻuvchi tarmoqlarning birgalikdagi ishlashi jarayonida quvurlar ichida hosil boʻladigan oqim rejimlarining almashinuvi joriy etilgan. (Shoʻrtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining 2024 yil 20 dekabrda OP 02/BO-4870-sonli maʼlumotnomasi). Natijada, quvur 10⁰ qiyaligda, 100 sm³ miqdorda suyuqlik toʻplanishi gazning oʻtkazuvchanlik qobiliyatini 5–7% ga kamaytirishi va shu bilan birga kompressor stansiyasining energiya sarfini 2–3% ga oshishiga olib kelishi ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Tadqiqot natijalari approbatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 1 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan oʻtkazilgan.

Tadqiqot natijalarining eʼlon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi boʻyicha 20 ta ilmiy ishlar chop etilgan, jumladan 1 ta darslik, Oʻzbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, shu jumladan 6 ta maqola respublika va 1 ta maqola xorijiy jurnallarda nashr qilingan. Shulardan 1 tasi impakt faktori yuqori boʻlgan jurnalda, 2 ta xalqaro anjumanlarda muhokamadan oʻtgan, jumladan 1 ta maqola Skopus bazasidagi anjumanlarda chop etilgan va 4 ta EHM dasturi uchun guvohnoma olingan

Tadqiqot hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya ishi kirish, toʻrtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya ishining hajmi 107 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning **kirish** qismida muammoni oʻrganish uchun olib borilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari hamda obʻekti va predmetlari tavsiflangan, Oʻzbekiston Respublikasi fan va texnologiyasi rivojlanishining ustuvor yoʻnalishlariga mosligi koʻrsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi boʻyicha maʼlumotlar keltirilgan.

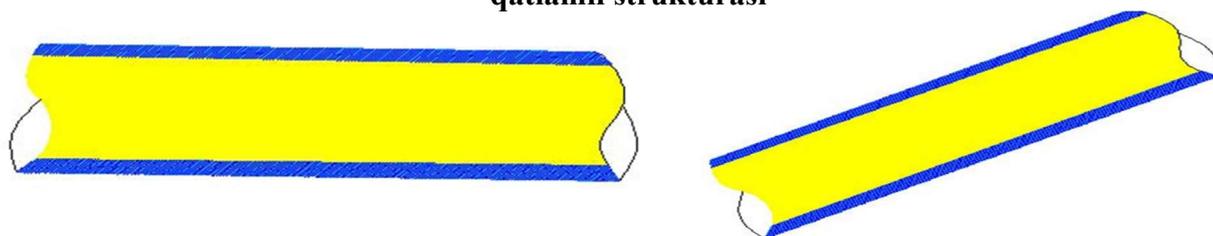
Dissertatsiyaning **“Joy relyefi boʻyicha oʻtadigan quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmalari oqimini gidravlik hisoblashga bagʻishlangan asosiy ishlar tahlili”** deb nomlangan birinchi bobida joy relyefi boʻyicha oʻtadigan quvurlarda gaz-suyuqlik oqimlariga bagʻishlangan nazariy tadqiqotlar natijalari, gaz-suyuqlik oqimlarining nazariy asoslarini ishlab chiqishda hissa qoʻshgan olim va tadqiqotchilar ilmiy ishlari tahlillari yoritilgan. Ikki fazali gidrodinamika boʻyicha soʻnggi nazariy ishlar gorizontol quvurlardagi oqim bilan bogʻliq. Ushbu tadqiqotlar qozon-turbinali qurilishda, gaz-suyuqlik aralashmalarini gorizontol quvurlarda, shuningdek, murakkab relyefli quvurlarda birgalikda tashishda oqilona hisob-kitoblarni ishlab chiqish zarurati bilan ragʻbatlantiriladi. Bu tadqiqotlarga, birinchi navbatda, F.T. Agaev A.A., Armand,

A.I.Guzxov, V.A.Mamaev, G.E.Odishariya, V.T. Sitenkov, A.A.Tochilin, W.G. Gray, M.A.Styrikckarte, M.A.Stirikovich, Lokkarte-Martinellilarning ishlari taalluqlidir.

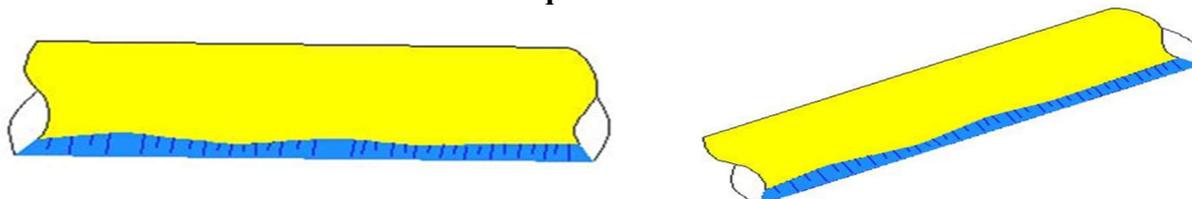
Dissertasiyaning **“Gaz-suyuqlik aralashmasi va ularning relyefli quvurlardagi harakatlarning o‘ziga xos xususiyatlari”** deb nomlangan ikkinchi bobida gaz-kondensat konlarini o‘zlashtirishdan olingan mahsulotlar xususiyatlari va tarkibi, ishlab chiqarilgan gaz va kondensat tarkibiga kiradigan alohida uglevodorodlar, azot, karbonat angidrid va vodorod sulfidining fizik-kimyoviy xossalari keltirilgan. Ushbu ma’lumotlar asosida quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining harakat davomida muhitning bir necha fizikaviy modellarga, strukturalarga aylanishi aniqlanadi. O‘tkazilgan ko‘pgina tadqiqotlar natijasiga ko‘ra oqim strukturasi shakli turli-tuman bo‘lib, u aralashmadagi suyuqlik va gaz sarflari nisbatiga, bu fazalarning fizik xossalari, shuningdek quvur ko‘ndalang kesim yuzasi va uning gorizontga nisbatan joylashuviga bog‘liq bo‘lar ekan. Yuz berishi mumkin bo‘lgan strukturalar soni bir qancha bo‘lsada, biz gorizont va qiya joylashgan quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasi struktura ko‘rinishining biz uchun kerakli bo‘lgan hollari bilan tanishganmiz. Bunda gorizont va kam qiyalik bo‘ylab joylashgan quvurlarda pufakchalar konsentratsiyasi yuqorida zichroq bo‘ladi. Bu holat gravitatsiya kuchi ta’sirida ruy beradi. Pufakchali struktura - bu konsentratsiyali gaz. Ikkinchisi bu tiqin strukturasi, ya’ni aralashmada neft yoki kondensat nostabil bo‘lganda gaz fazasi hajmining o‘shishiga sabab bo‘ladi (1-3 rasmlarga qarang).



1-rasm. Gorizont va qiya joylashgan quvurda gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining qatlamli strukturasi



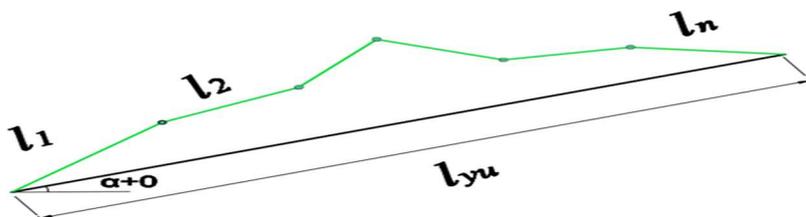
2-rasm. Gorizont va qiya joylashgan quvurda gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining halqalik strukturasi



3-rasm. Gorizont va qiya joylashgan quvurda gaz-uyuqlik aralashmasi oqimining tiqinli strukturasi

Aralashmada alohida gaz pufakchalari o‘zaro qo‘shilib probka (tiqin) hosil qiladi. Bu strukturada gaz va suyuqlik tiqinlari navbatma-navbat hosil bo‘lishadi.

Quvurlarning yuqoriga chiquvchi va pastga tushuvchi trassalari hisobi deb nomlangan bo‘limda kichik burchak ostida tushayotgan (pastga yo‘nalgan) va gorizontall joylashgan quvurlarda qatlamli, tiqinli va halqali, yuqoriga yo‘nalgan quvurlarda tiqinli va halqali strukturali aralashma oqimi yuzaga kelishini hisobga olgan holda. quvurlarning gidravlik hisobi to‘g‘ri chiziqli yuqorilovchi va pastga tushuvchi quvurning alohida-alohida uchastkalari uchun olib borildi va uchastkalar uchun turlicha harakat differensial tenglamalari sistemasi tuzildi (4-rasmga qarang).



4-rasm. Quvurning ko‘tariluvchi ekvivalent uchastkasi

— - Ekvivalent uchastka chizig‘i; — - Oraliq uchastka chizig‘i

Qatlamli struktura faqat gorizontall yoki nisbatan kam qiyalikda joylashgan quvurlarda yuz beradi. Bunda turli fazalar gravitatsiya kuchi ta‘sirida qatlamlarga ajratiladi: suyuqlik pastki qatlam, gaz yuqori qatlamda harakatlanadi. Bunda gaz-suyuqlik chegarasi silliq va tekis yoki uzun amplitudalik to‘lqin ko‘rinishida bo‘lishi mumkin. Halqalik strukturada quvur devori bo‘ylab suyuqlik qatlami, quvur markazida esa gaz fazasi harakatlanadi. Gaz egallagan markazda suyuq fazaning kichik tomchilari ham harakatlanadi. Halqalik struktura quvurda gaz fazasi juda katta bo‘lganda va aralashma tezligi yuqori bo‘lganda ruy beradi. Quvurdagi ikki fazali suyuqlik oqimining xususiyati shundaki, bu oqimning quvur devori bilan o‘ralgan chegarasidan tashqari fazalar orasida ham ichki sirt-chegara mavjud bo‘lib, u vaqtga bog‘liq ravishda o‘zgarib turadi.

Quvurlardagi aralashmalar harakatining gidravlik hisobida oqimni xarakterlaydigan kattaliklarni hisoblash muhim rol o‘ynaydi. Bularning ba‘zilarini hisoblash emperik formulalarga asoslanadi.

Ikki fazali oqimni aniqlovchi muhim mezonlardan biri aralashmada gaz ulushining hajmiy sarfi β hisoblanib, u gazning hajmiy sarfi Q_2 ni aralashma hajmiy sarfi $Q_1 + Q_2$ ga nisbati sifatida qabul qilingan:

$$\beta = \frac{Q_2}{Q_{aral}} = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

Agar yetarlicha uzun gaz quvuridagi oqim qaralayotgan bo‘lsa, unda bosim o‘zgarishi bilan bir qatorda Q_2 va β ham o‘zgarib boradi.

Gaz ulushining hajmiy sarfi β kabi gaz-suyuqlik aralashmasining zichligi tushunchasi qo‘yidagicha aniqlanadi:

$$\rho_{aral} = \frac{G_{aral}}{Q_{aral}} = \rho_{aral}(1 - \beta) + \rho_g \cdot \beta$$

Bu yerda ρ_1, ρ_2 - lar mos ravishda quvur muhitidagi suyuqlik va gaz zichliklari.

Yana muhim parametrlardan biri gaz-suyuqlik oqimining o'xshashlik mezonlaralashmaning Frud soni quyidagi formula bilan ifodalanadi

$$Fr_{aral} = V_{aral}^2 / (gD),$$

Bu yerda V_{aral} – aralashma kesimidagi o'rtacha tezlik

$$V_{aral} = \frac{Q_{aral}}{F} = \frac{4(Q_1 + Q_2)}{\pi D^2}$$

Bu yerda F - quvurning ko'ndalang kesim yuzasi, D - quvur diametri

Quvurlarda gaz-suyuqlik oqimi davomida fazalarning nisbiy harakati kuzatiladi, bu holda quvur bo'ylab fazalar hajmiy sarflarining nisbati ham o'zgarib boradi. Natijada aralashmali quvur yuqoriga ko'tarilishida quvurda suyuq fazada tormozlanish yuz berib, og'irlik ortishiga sabab bo'ladi. Bu hodisani hisobga olish uchun haqiqiy (hajmiy) gaz ulushi (gazosoderjanie) tushunchasi kiritiladi. Bu parametr hajmiy gaz ulushi β bilan quyidagi bog'lanishga ega:

$$\varphi = \beta \frac{V_{aral}}{V_2} = \frac{F_g 2}{F} = \frac{F_2}{F_2 + F_{aral}}$$

Bu yerda $V_2 = \frac{Q_2}{F_2}$ gaz harakatining haqiqiy tezligi, F_1, F_2 - quvur kesimining mos ravishda suyuqlik va gaz egallagan ulushlari.

Yuqoriga ko'tariluvchi quvurlarda ($\alpha > 2^0$) hamisha tiqinli (probkovaya) struktura yuz berishi aniqlangan. Oqimning har bir strukturasi fazalar harakatining nisbiy tezligi va gidravlik qarshilikning qonuniyatari bilan xarakterlanadi. Shuning uchun ham gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining strukturasi to'g'ri aniqlash muhim hisoblanadi. Bunda strukturani aniqlaydigan o'xshashlik mezonlaralashmaning $F_{r aral} < F_{r kr}$ bo'lsa gaz-suyuqlik aralashmasining oqimi qatlamli bo'lib, $F_{r aral} \geq F_{r kr}$ bo'lsa struktura tiqinli bo'ladi. Ma'lumki, aralashma uchun Frud soni quyidagiga teng:

$$F_{r aral} = \left[\frac{4Q}{\pi d^2} \right]^2 \frac{1}{gd}$$

Bu yerda d – quvur diametri

Frud sonining kritik qiymati quyidagiga teng;

$$F_{r kr} = \left[0,2 + \frac{2 \sin \alpha}{\lambda_s} \right] \exp(-2,5\beta) \frac{1}{(1 - \beta)^2}$$

Bu yerda $\lambda_s = 0,067 \left(\frac{158}{Re_1} + \frac{2K}{d} \right)^{0,2}$; K - quvur g'adir - budirligi, d - quvur diametri.

Bu kritik qiymatlar gaz-suyuqlik aralashmasining V^* kritik tezligiga mos kelib, bunda oniy oqim rejimi o'zgarishi tufayli bosim yo'qotilishining tubdan o'zgarishi ruy beradi.

Shunday qilib, quvurning gorizontga nisbatan tashkil qilgan burchagining kichik o'zgarishi ham quvur ish rejimining parametrlariga sezilarli ta'sir qiladi. Jumladan gaz-suyuqlik oqimining kritik tezligi o'zgarishi oqibatida oqim qatlamli rejimdan xalqalik rejimga o'tishi mumkin bo'ladi, natijada quvurda keskin bosim yo'qotilishiga sabab bo'ladi.

Dissertatsiyaning “**Kon hududidagi relyefli quvurlarda suyuqlik va gaz oqimining gidravlik hisobi**” deb nomlangan uchinchi bobi tadqiqotning dastlabki yo‘nalishi, yani jarayonning eksperimental usullariga bag‘ishlangan. Bu holat gaz-suyuqlik aralashmasining ko‘p parametrliligi va muhitning matematik modelini yaratishning murakkabligi bilan izohlanadi. Ta’kidlash joizki, hozirgacha relyefli quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasining strukturaviy almashinuvini hisobga olgan holdagi harakati differensial tenglamalari yechimi olinmagan. Shu sababli tenglamalar sistemasini hal etishning turli usullari tadqiqotchilar tomonidan taklif etilmoqda. Bu yechimni olish gaz-suyuqlik aralashmasini uzoqroq masofaga uzatuvchi quvurlar uchun oqim parametrlarining gidravlik hisobini bajarish hozirgi zamon EHM da ham murakkab bo‘lib qolmoqda.

Biz gaz-suyuqlik aralashmasi gidravlik hisobini bajarish uchun kondan yig‘ish punktigacha uncha uzoq bo‘lmagan masofaga tortilgan Shurtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga tegishli bo‘lgan 289-sonli quduqni ob’ekt sifatida qabul qildik. Bu yerdagi gaz quvurlari (shleflar) uzoq masofaga uzatilmagani uchun ($800\text{ m} \leq L \leq 8000\text{ m}$) aralashmalarni karakterlovchi parametrlarning o‘zgarishi uncha katta bo‘lmaydi. Ammo bu yerda ham quvurlar tortilgan joylar relyefli bo‘lganligi uchun parametrlarni hisoblashda oqim strukturasi almashinuvini e’tiborga olmaslikning iloji yo‘q. Lekin ba’zi mualliflar ishlarida oqim rejimi e’tiborga olinmagan. Gaz-suyuqlik aralashmasining kon quvurlaridagi harakatida asosan uchta struktura ko‘p uchraydi. U yoki bu strukturaning ruy berish sohasini aniqlay bilish quvurlarda gaz-suyuqlik harakati gidravlik hisobida muhim bosqich hisoblanadi. Ko‘pgina eksperimental kuzatishlarda quvurning pastga yo‘nalgan va gorizontal uchastkalarida oqimning qatlamli, tiqinli va xalqali rejimlari, yuqoriga ko‘tariladigan uchastkasida tiqinli va xalqali rejimlar ruy berishi aniqlangan.

Gaz-suyuqlik aralashmasini quvurlarda tashish jarayonning gidravlik hisobida yana bir muhim jihat, quvur yotqizilgan trassa profilini hisobga olish hisoblanadi. Barcha gidravlik hisoblar pastlovchi va yuqoriga ko‘tariluvchi to‘g‘ri chiziqli uchastkalarda bajariladi. Bu uchastkalar ko‘rinishi chizmada aks ettirilsada, u real ekvivalent trassa bilan teng qiymatli bo‘ladi.

Biz dastlab gaz-suyuqlik aralashmasining gorizontal quvurdagi harakati gidravlik hisobini bajaramiz.

Gorizontal quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasining bir o‘lchovli harakati quyidagi tenglamalar sistemasini bilan ifodalanadi.

$$\left. \begin{aligned} -\frac{dP}{dx} &= \frac{\lambda_1 G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\xi)^2}{(1-\varphi)\gamma_1} + \frac{\xi^2}{\varphi\gamma_2} \right] \\ [\gamma_1 V_1(1-\varphi) + \gamma_2 V_2 \varphi] F &= G = idem \\ \varphi &= \alpha\beta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

bu yerda λ_{aral} - aralashma gidravlik qarshiligi; G – aralashma hajmiy sarfi; d – quvur diametri; F – quvur kesimi yuzasi; g – erkin tushishi tezlanishi; $\xi = \frac{G_2}{G_1 + G_2}$ aralashmadagi gaz massasining ulushi; $\varphi = \frac{F_2}{F_1 + F_2}$ – aralashmada gazning hajmiy

(haqiqiy) ulushi; F_2 – quvurning gaz egallagan kesim yuzasi; F_1 – quvurning suyuqlik egallagan kesim yuzasi; γ_1 va γ_2 - mos ravishda suyuqlik va gaz solishtirma og'irligi

$$\varphi = \alpha\beta; \alpha = k(1 - e)^{-4,4} \sqrt{F_{r\ aral}/F_{r\ a}}; K = (1 + 4,5\bar{\mu}) - (0,14\bar{\mu}^{0,15})$$

$$\bar{\mu} \leq 0,001 \text{ bo'lganda } F_{r\ a} = 1150\bar{\mu}^{0,79}; \bar{\mu} \leq 0,001 \text{ bo'lganda } F_{r\ a} = 9,8\bar{\mu}^{0,1},$$

(1) tenglamani λ_{aral} va α larning o'rtacha qiymatlarida taqribiy integrallasak va $\lambda_{aral} = \lambda(R_e; \varepsilon) \frac{1-\varphi}{1-\beta}$ deb hisoblasak, bosim tushishi uchun quyidagi formulani hosil qilamiz

$$\Delta P = \frac{\lambda(R_e; \varepsilon) G^2 \mathcal{L}(1-\bar{z})[\bar{z}(1-\alpha)+\alpha]}{2gdF^2 \left[1 + \frac{A}{P_1 + \frac{1}{a}} - \frac{B}{P_1 + \frac{1}{a}} \right]^\alpha} \quad (2)$$

Bu yerda P_1 -quvurga kirishdagi aralashma bosimi

$$\lambda(R_e; \varepsilon) = 0,067 \left(\frac{158}{Re_{aral}} + \frac{2k}{d} \right)^{0,2}; \quad Re_{aral} = \frac{4}{\pi d} \left(\frac{G_1}{\mu_1} + \frac{G_2}{\mu_2} \right)$$

μ_1 va μ_2 – suyuqlik va gaz yopishqoqlik koeffitsienti

$$a = \rho \frac{\alpha + \bar{z}(1-\alpha)}{\bar{z}(1-\alpha)}; \quad \rho = \frac{1-\bar{z}}{3\rho_1 \cdot ZR_{ort}}; \quad A = \frac{\bar{z}(1-\alpha)}{\alpha} \cdot \frac{1}{a}; \quad B = \frac{\bar{z}(1-\alpha)+\alpha}{\alpha q}$$

Gaz-suyuqlik aralashmasining relyefli quvurlarda tiqinli strukturadagi oqimning gidravlik hisobi amalga oshirilgan bo'lib, bunda quvurning pastga yo'nalgan uchastka elementidagi oqim harakati tenglamasi qo'yidagicha bo'ladi.

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\lambda_{aral} G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\bar{z})^2}{(1-\varphi_p)\gamma_1} + \frac{\bar{z}^2}{\varphi_p\gamma_2} \right] - [\gamma_1(1 - \varphi_p) + \gamma_2\varphi_p] \sin \alpha_1 \quad (3)$$

Quvurning yuqoriga yo'nalgan uchastka elementidagi oqim harakati tenglamasi quyidagicha

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\lambda_{aral} G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\bar{z})^2}{(1-\varphi_{yu})\gamma_1} + \frac{\bar{z}^2}{\varphi_{yu}\gamma_2} \right] + [\gamma_1(1 - \varphi_{yu}) + \gamma_2\varphi_{yu}] \sin \alpha_2 \quad (4)$$

$$\text{Keltirilgan tenglamalarda } \sin \alpha_1 = \frac{Z_2 - Z_1}{\ell_1}; \quad \sin \alpha_2 = \frac{Z_3 - Z_2}{\ell_2}$$

Agar (3) va (4) tenglamalarda gaz zichligini bir xil deb hisoblasak, bu ikki tenglamani birlashtirib, quyidagi bitta tenglama hosil qilamiz:

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\lambda_{aral} G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\bar{z})^2}{(1-\varphi)\gamma_1} + \frac{\bar{z}^2}{\varphi\gamma_2} \right] + [\gamma_1(1 - \varphi) + \varphi\gamma_2] \frac{Z_2 - Z_1}{\ell_1 + \ell_2} \quad (5)$$

Bu tenglamani integrallashda $P_1 \leq P \leq P_3$ va $\alpha \leq x \leq \ell_1 + \ell_2$ deb hisoblash kerak bo'ladi.

Gaz-suyuqlik aralashmasining quvurdagi xalqalik strukturada bosim yo'qotilishini aniqlash deb nomlangan bo'limda laminar va turbulent suyuqlik plyonkasi va turbulent gaz oqimining birgalikdagi harakati o'rganildi. Laminar rejimda gaz oqimining harakati odatda kvadratik ishqalanish qonuni zonasida sodir bo'ladi va Darsi tenglamasi bilan tavsiflanadi, ya'ni quyidagi shaklga ega bo'ladi:

$$-\left(\frac{dp}{dx}\right)_2 = \lambda_r \frac{\rho_2}{2(R-\delta)} \cdot \frac{(\bar{\omega} - \omega_0)^2}{2}, \quad (6)$$

bu yerda; λ_2 – suyuq plyonkada gazning gidravlik qarshilik koeffitsienti; ρ_2 – gaz zichligi; $\bar{\omega}$ – gaz oqimining o'rtacha tezligi; ω_0 – gaz - suyuqlik o'rtasidagi gaz tezligi.

Shuni ta'kidlash lozimki, plyonka va gazning birgalikdagi harakatining ko'rib chiqilayotgan sxemasi suyuq plyonka bilan aloqa qiladigan gazning laminar chegara qatlamini o'z ichiga oladi. Shuning uchun plyonka va gaz o'zaro harakatidagi tezliklar bir-biriga tengdir:

$$\omega_0 = v_0 = \frac{Q_1}{\pi R \delta}$$

Chunki plyonka halqasi mavjud bo'lganda gazning o'rtacha tezligi

$$\bar{\omega} = \frac{Q_2}{\pi(R - \delta)^2}$$

bu yerda; Q_2 – gaz oqimi sarfi, u holda (6) formula gaz fazasidagi bosim gradienti uchun oxirgi ifodalarni hisobga olgan holda biroz o'zgartiriladi:

$$-\left(\frac{dp}{dx}\right)_2 = \lambda_2 \frac{\rho_2}{4\pi^2(R-\delta)} \left[\frac{Q_2}{(R-\delta)^2} - \frac{Q_1}{R\delta} \right]^2 \quad (7)$$

Shunday qilib suyuqlik plyonkasi laminar va turbulent gaz oqimining birgalikdagi harakati uchun ikkita tenglama tizimi (6) va (7) olinadi.

Plyonkaning turbulent harakat rejimida plyonka uchun Reynolds mezoni $Re_{\text{пл}}$ ning qiymati 100 dan ortishi bilan plyonkaning harakat rejimi turbulentga aylanadi. Tegishli amallarni bajargandan so'ng plyonkaning turbulent harakat rejimida quyidagi tenglamalar tizimiga ega bo'lamiz:

$$\begin{cases} \left(\frac{dp}{dx}\right)_{\text{aral}} \approx \lambda_{\text{aral}} \frac{Q_1^2 \rho_1}{16\pi^2 R^3 \delta^2} \\ \left(\frac{dp}{dx}\right)_2 \approx \lambda_2 \frac{\rho_2}{4\pi^2(R-\delta)} \left[\frac{Q_2}{(R-\delta)^2} - \frac{Q_2}{2R} \right]^2 \end{cases} \quad (8)$$

Gorizontal quvurlardagi gaz-suyuqlik aralashmasining qatlamlangan oqimi strukturasi Frud sonining kritik qiymati bo'yicha aniqlanadi, agar $F_{r \text{ aral}} < F_{r \text{ kr}}$ bo'lsa, u holda gaz-suyuqlik aralashmasining oqimi tabaqalanadi, Agar $F_{r \text{ aral}} \geq F_{r \text{ kr}}$ bo'lsa, u holda oqim tiqinlidir.

Frud sonining kritik qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$F_{r \text{ kr}} = \left[0,2 + \frac{2 \sin \alpha}{\lambda_1} \right] \exp(+2,5\beta) \frac{1}{(1 - \beta)^2}$$

Quvur liniyasidagi Δl uzunlikdagi kesimdagi bosim tushishi $\Delta P = P_1 - P_2$ oqim komponentlarining har biridagi bosimning pasayishiga teng, masalan, gaz oqimida

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = \lambda_2 \rho_2 \frac{8(\theta + \sin(\pi - \theta))Q_2^2}{\pi^3 \varphi^3 D^3} + \rho_2 g \sin \alpha \quad (9)$$

bu yerda λ_2 - gaz oqimining gidravlik qarshiligi koeffitsienti; D_2 - gaz oqimining gidravlik diametri.

Suyuqlik oqimi uchun gidravlik diametr tushunchasidan foydalansak, shunga o'xshash tenglamani yozishimiz mumkin

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = \lambda_1 Q_1 \frac{8Q_m^2(\pi - \theta)}{\pi^3 D^5(1 - \varphi)^3} + Q_1 g \sin \alpha \quad (10)$$

(9) va (10) tenglamani ikkita noma'lum algebraik tenglamalar sistemasi sifatida ko'rib chiqsak, uni yechish natijasida bir vaqtning o'zida haqiqiy gaz tarkibi φ va

bosim tushishi ΔP ni topish mumkin. Keltirilgan tenglamalar sistemasi yagona yechimga ega ekanligini ko'rsatamiz.

Keyingi bo'lim **Quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasining oqim strukturasi almashinuvi bilan bog'liq harakati gidravlik hisobi** deb nomlangan bo'lib, unda relyefli quvurlar pastga va yuqoriga yo'nalgan oqim uchastkalari uchun alohida-alohida gidravlik hisob bajarilishi talab qilinishi keltirilgan. Muhandislik amaliyoti uchun masalaning osonlashtirilgan (taqribiy) qo'yilishi qiziq hisoblanadi. Bu hol aniqlikni biroz pasaytirsada, ammo muhandislik hisob-kitobi uchun yaroqli bo'lgan yagona usul hisoblanadi. Undan tashqari alohida olingan uchastkalardagi hisoblashlardagi xatolik uncha katta bo'lmaganligi sababli bunday yo'l tutish muhandislik hisoblari uchun yetarli deb qabul qilinadi. Bu mulohaza ayniqsa tarkibida gaz ulushi yuqori bo'lgan aralashmalar oqimiga ko'proq taalluqli bo'ladi. Tarkibida gaz ulushi yuqori bo'lgan aralashmalar xususyatining tahlili mavjud harakat differensial tenglamalarini taqribiy integrallashdan olinadigan yechimlarni amaliyotga bema'lol qo'llash mumkinligini asoslaydi.

Dissertatsiya ishida tarkibida gaz miqdori katta bo'lgan ($0,95 \leq \beta < 1$) aralashmani tashuvchi quvurlar uchun gidravlik hisob formulalari keltirib chiqarilgan. ($\beta = \frac{Q_2}{Q_1+Q_2}$)- aralashmada gazning hajmiy sarf konsentratsiyasi β ning o'zgarish intervali chegaralanganligiga qaramay, bu sinfga konda gaz kondensat aralashmasi uzatiladigan quvurning anchagina gidravlik hisob masalalari to'g'ri keladi.

Yuqorida ko'rsatilgan mulohazalarga asosan bosimni hisoblash formulasi qo'yidagi ko'rinishda olinadi:

$$P_1^2 - P_k^2 = \frac{\lambda_3 G^2 Z R t_{ort} L}{g d F^2 \beta} - \frac{2 P_{ort}^2}{2 R_{ort}} \sum_{i=n}^n [\Delta H_{ni} - \varphi_{ort} \Delta H_{yui}] + 2 \gamma_1 (1 - \varphi_{ort}) \sum_{i=1}^n \Delta H_{yui} \quad (11)$$

Ko'pchilik hollarda uzoq masofaga tortilgan quvurlar trassalarining boshlang'ich va oxirgi nuqtalari geometrik farqi $\Delta H = H_2 - H_1$ kattalik $\sum_{i=1}^n \Delta H_{yui}$ dan ancha kichik bo'ladi:

$$\sum_{i=1}^n \Delta H_{yui} \approx \sum_{i=1}^n \Delta H_{ni} \quad (12)$$

(12) shartni e'tiborga olib, (11) hisoblash formulasini quyidagicha yozish mumkin:

$$G = \sqrt{\frac{g d^2 \beta [(P_1^2 - P_k^2) - 2 P_{ort} (1 - \varphi_{ort}) (\gamma_1 - \frac{P_{ort}}{Z R t_{cp}}) \sum_{i=1}^n \Delta H_{yui}]}{\lambda_3 Z R_{ort} L}} \quad (13)$$

(11) va (12) formulalarda ΔH_p va ΔH_{yu} - mos ravishda aralashmaning pastga va yuqoriga harakatida balandliklar tushishi hisob uchastkasidagi umumiy bosim tushishi (11) yoki (12) formulalarda ketma-ket yaqinlashish usulida hisoblanadi.

Yuqoridagi formulalar orqali olingan natijalar bevosita kondagi eksperiment natijalari bilan $\pm 10\%$ dan ortiq bo'lmagan xatolikda yaqinlashgani aniqlandi.

Gaz suyuqlik aralashmasining relyefli quvurdagi oqimi gidravlik hisobi ketma-ketligi deb nomlangan 3.7-paragrafda quvurda harakatlanayotgan aralashma bo'yicha olingan birlamchi ma'lumotlar asosida uning gidravlik hisobi ketma-ketligi keltirilgan. Bunda gazning hajmiy va massaviy sarf konsentratsiyasi hisoblanadi va

shunga asoslangan holda aralashmaning Frud soni topiladi. So'ngra ishchi holatdagi aralashma tezligining o'lchamsiz qiymati hisoblanadi.

$$V_* = \frac{4(Q_1 + Q_2)}{\pi d^2} \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{g\delta} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^{0,5}$$

va uning miqdoriga ko'ra halqali strukturadan tiqinli strukturaga o'tish chegarasi aniqlanadi

$$V_{cheg} = (0,82 - 0,0017 \bar{\mu}^{-0,6}) 10^{(5,3+115\bar{\mu})(1-\beta)}$$

Bu yerda $\bar{\mu} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$ – aralashmaning ulchamsiz yopishqoqlik koeffitsienti,

μ_1 va μ_2 – mos ravishda suyuqlik va gaz yopishqoqlik koeffitsientlari.

V_{cheg} va V_* lar taqoslanadi. Agar $V_* < V_{cheg}$ bo'lsa struktura tiqinli, agar $V_* > V_{cheg}$ bo'lsa halqali bo'lishi aniqlandi.

Agar oqim strukturasi tiqinli bo'lsa, quvur uzunligi bo'ylab bosim yo'qotilishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\frac{\Delta P}{\Delta Z} = \frac{\lambda_{aral}}{2d} \left(\frac{4G}{\pi d^2} \right)^2 \left[\frac{(1 - \xi)^2}{(1 - \varphi)g_1} + \frac{\xi^2}{\varphi\rho_2} \right] + [(1 - \varphi)\rho_1 + \varphi\rho_2]g \sin \alpha_1$$

Agar oqim strukturasi halqalik bo'lsa, gidravlik bosim yo'qotilishi quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$-\frac{\Delta P}{\Delta Z} = \lambda_{aral} \left(\frac{4Q}{\pi d^2} \right)^2 \frac{q_1}{(1 - \varphi)^2 2d} + [(1 - \varphi)\rho_1 + \varphi\rho_2]g \sin \alpha$$

Umumiy holda gaz uchun bosim yo'qotilishi formulasi quyidagicha ifodalanadi

$$\frac{\Delta P}{\Delta \ell} = \frac{A(\sqrt[3]{A} + \sqrt[3]{B})}{\sqrt[3]{A}} = \sqrt[3]{A^2}(\sqrt[3]{A} + \sqrt[3]{B})$$

$$\text{Bu yerda } A = \lambda_2 \frac{8(\theta + \sin(\pi - \theta))Q_2^3}{\pi^3 d D^5} \quad B = \lambda_1 Q_1 \frac{8Q_{aral}^2(\pi - \theta)}{\pi^3 D^5}$$

Dissertatsiyaning “**Gidravlik qarshilikni kamaytirish yo'li orqali gaz-suyuqlik tashuvchi quvurlar samaradorligini oshirish**” deb nomlangan to'rtinchi bobida gaz quvuri yo'nalishining pasaygan qismida suyuqlik to'planishi hajmini aniqlash usullari ishlab chiqilgan. Kondensat konlaridan gaz tashuvchi gaz quvurlarini ekspluatatsiya qilish tajribasidan kelib chiqib, eng katta bosim pasayishlari trassaning murakkab kesimli yerlarida kuzatiladi va vaqt o'tishi bilan bu bosimning pasayishi sezilarli darajada oshadi degan xulosa qilish mumkin. Bu trassaning past joylarida suyuqlikning to'planishi bilan bog'liq. Ushbu jarayon dinamik sharoitlarda o'rganilgan.

Gaz quvurlarini tozalash davomida ularni utilizatsiya qilish uchun cho'kindi (ifloslanish) hajmini baholash nomli bo'limda gaz quvurining ichki bo'shlig'ida sodir bo'ladigan real jarayonlarning suyuqlik bilan ifloslanish hajmini aniqlashga harakat qilindi. Gaz quvurlarida ko'p miqdorda suyuqlik va suyuq ifloslantiruvchi moddalar mavjudligi ikki fazali gaz-suyuqlik aralashmalarini hosil qiladi, ularning gidrodinamikasi esa ularning hajmlarini aniqlash uchun asos bo'ladi. Laboratoriya va dala tadqiqotlari natijasida suyuqlik va suyuq ifloslantiruvchi moddalar ekspluatatsiya jarayonida suyuqlikning dinamik qatlami orqali to'planishi aniqlandi. Gaz quvurlarining pastga tushayotgan oqim qismlari uchun suyuq ifloslantiruvchi moddalar

egallagan quvur kesimi e'tiborga olmasa bo'ladigan darajada kichik. Bu holda trassaning pasayish va ko'tarilish qismlari uchun gidravlik qarshilik koeffitsientlari sezilarli darajada farq qiladi.

Gaz quvurining ko'tariladigan uchastkalarining suyuq va suyuq ifloslantiruvchi moddalar bilan band bo'lgan umumiy miqdorini (14) tenglama va ba'zi o'zgarishlarni hisobga olgan holda aniqlash mumkin.

$$V_{ifl} = \frac{\pi D^2}{4} (1 - \varphi_2) \frac{\sum_{i=1}^{i=n} H_i^*}{\sin \alpha} \quad (14)$$

Bunda

$$\sum_{i=1}^{i=n} H_i^* = \frac{(P_1^2 - P_2^2) - \frac{16\lambda_2 G_2^2 z R_2 T}{g \pi^2 D^5} \sum_{i=1}^{i=n} \rho_i + \frac{2p_{orr}}{z R_2 T} - \sum_{i=1}^{i=n} (N^- - N^+)}{2(1 - \varphi) r_{ort} (\gamma_1 - \gamma_2)} \quad (15)$$

bu yerda γ_2 - gazning solishtirma og'irligi. Quvur gidravlik samaradorlik koeffitsienti $E = \sqrt{\lambda_2 / \lambda_{haq}}$ ni hisobga olgan holda quyidagi ifodani olamiz

$$V_{ifl} = \frac{\pi D^2}{4} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\rho_i^*}{N_i^*} \frac{\{(P_1^2 - P_2^2)(1 - Ye^2) - 2\gamma_2 \sum_{i=1}^{i=n} (N^* - N^-) p_{ort}\}}{2(\gamma_1 - \gamma_2) p_{ort}} \quad (16)$$

Gaz quvurini ishlatishda juda muhim masala bo'lib uning ichki bo'shliqni tozalashning optimal chastotasini aniqlash hisoblanadi. Gaz quvurining ishlashi paytida gidravlik samaradorlik pasayadi, bu bosimning pasayishini oshiradi va uning o'tkazuvchanligiga ta'sir qiladi. Biroq, gaz quvurining o'tkazuvchanligini loyihaviy samaradorlikka mos keladigan eng yaxshi darajasida saqlash holatlari tez-tez uchraydi. Magistral gaz quvurlarini ishlatish amaliyotida gidravlik holatni baholash uchun gidravlik samaradorlik koeffitsienti qo'llaniladi

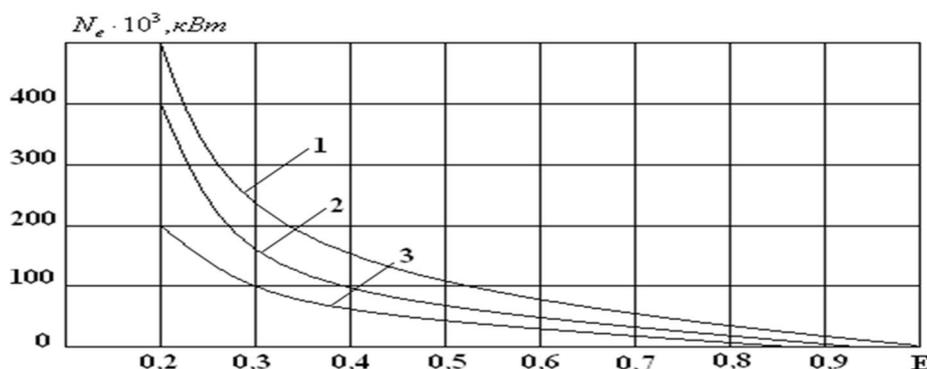
$$E = \sqrt{\lambda_2 / \lambda_{haq}} \quad (17)$$

bu yerda λ_2, λ_{haq} - mos ravishda gaz quvuri gidravlik holatining nazariy va haqiqiy koeffitsientlari.

Samaradorlik koeffitsientining pasayishi kompressor stansiyalarida siqish nisbatini oshirish orqali qoplanadi. Magistral gaz quvurining ichki bo'shlig'ini tozalashning optimal chastotasini aniqlash metodologiyasining asosi gazni tashishning o'ziga xos keltirilgan solishtirma xarajatlari funksionalining ekstremal nuqtalarini topishdan iboratdir. Bundan tashqari tozalash moslamalarini qurish va ekspluatatsiya xarajatlarini aniqlash va shular asosida kompressor stansiyasining ishchi quvvatini hisoblash mumkin. Ushbu bog'lanishlar va matematik tenglamalar dissertatsiyaning 4.3-bo'limida batafsil keltirilgan.

Loyihaga nisbatan quvur liniyasi gidravlik qarshiligining o'zgarishi samaradorlik koeffitsienti bilan tavsiflanadi. Samaradorlik koeffitsienti quvur liniyasi quvvatining o'zgarishini ham ko'rsatadi. Dissertatsiyaning 4.4-paragrafida quvur liniyasi samaradorligi koeffitsientini aniqlash usuli ko'rsatilgan. Gazni tashish uchun zarur quvvatning gaz quvurlarining samaradorlik koeffitsientiga bog'liqligi keltirilgan. Ya'ni

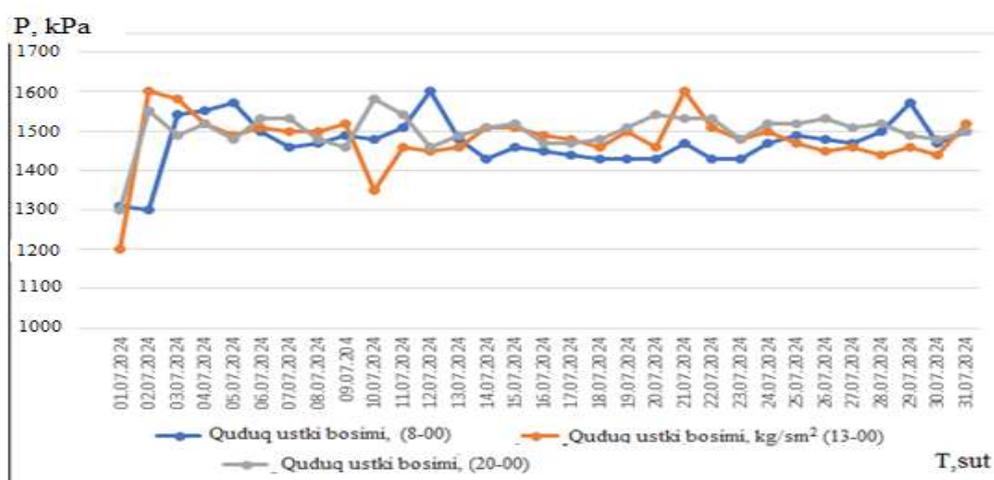
$$N_e = \frac{m \lambda_{loy}}{\eta_{ad} \eta_{mex}} \frac{z_m^2 R_g^2 T_m^2}{P_m^2} \frac{M_g^3 L}{E^2 D^5} \quad (18)$$



5-rasm. Gazni tashish uchun zarur quvvatning turli diametrli gaz quvurlarining samaradorlik koeffitsientiga bog‘liqligi: 1 - 1420 mm; 2 - 1220 mm; 3 - 1020 mm.

$E = 1 \div 0,7$ da quvvat taxminan to‘g‘ridan-to‘g‘ri mutanosib ravishda o‘zgaradi. Samaradorlik koeffitsientining yanada pasayishi talab qilinadigan quvvatning keskin o‘shishiga yordam beradi va $E = 0,1 \div 0,2$ da uni cheksizlikka yaqinlashadi, ya’ni gaz quvurlarini blokirovka qilish jarayonini tavsiflaydi (5-rasmga qarang).

Dissertatsiyaning 4.5-paragrafida **Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga tegishli bo‘lgan 289-quduqda olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari** keltirilgan. Nazariy tadqiqotlarimizning ishonchligi va aniqligini sinab ko‘rish maqsadida tadqiqot ob’ekti sifatida Shurtan neft va gaz ishlab chiqarish boshqarmasiga tegishli bo‘lgan 289-quduq va uning 747 m uzunlikdagi gaz yig‘uvchi kollektorgacha bo‘lgan, notekis relyefli joylardan o‘tgan trassasi tanlab olindi. Trassa uzunligi bo‘yicha GPS, elektron taxeometr va metall izlagich qurilmalar yordamida geodezik syomka ishlari amalga oshirildi va trassaning bo‘ylama profili qurildi. Nazariy tadqiqotlarda ishlatilgan joy balandliklari farqi, pastga tushish va yuqoriga ko‘tarilish burchagi, xarakterli burilish nuqtalari aniqlandi. Trassa uzunligi bo‘yicha bosim pasayishini quduq boshiga va quvurning kollektorga qo‘shilgan joyiga o‘rnatilgan “Metran 150” rusumli gaz o‘lchagich yordamida bir oy davomida uzluksiz o‘lchov ishlari olib borildi.



6-rasm.289-quduq ustki bosimining vaqt oralig‘ida o‘zgarish grafigi

Bunda quduqdagi va yig‘ish joyi (kollektor) dagi bosim o‘zgarishi kunning uch davrida, 8⁰⁰, 13⁰⁰ va 20⁰⁰ vaqtlarda bosim va harorat o‘lchab borildi. Kuzatish davrida quduq ustki bosimining kunlik o‘zgarishi 19,6-58,8 kPa atrofida bo‘ldi va gazning ichki harorati doimiy bo‘lib qoldi (6-rasmga qarang).

Gaz oqimidagi suyuqlik suspenziyalarining oqim o'ldagich ko'rsatkichlari aniqligiga ta'siri datchik o'ldhash aniqligi xarakteristikasi asosida o'rganildi.

Dissertatsiyaning 4.7-paragrafida gaz-suyuqlik aralashmasini tashuvchi relyefli quvurlarning gidravlik hisobi algoritmi va blok-sxemasi keltirilgan bo'lib, unda quyiga oquvchi va yuqoriga ko'tariluvchi quvur uchastkasida yuz beradigan gidravlik jarayonlar, ularni hisoblash ketma-ketligi batafsil keltirilgan. Gaz va kondensat oqimidan iborat ikki fazali muhitning quvurda harakatlanishi davomidagi bosim yo'qotilishi, oqim strukturasi o'zgarishining oqim parametrlariga bog'liqligi asosida ishlab chiqilgan tenglamalar yordamida EHM uchun tuzilgan "Python 3.8.3 shell" dasturidan foydalanib aralashma oqimining tezligi, sarfi, strukturasi turli xil rejimlarda hisoblash imkoniyati yaratildi.

XULOSALAR

1. Adabiyotlar tahlili gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining gidrodinamik parametrlari asosan magistral quvurlar uchun o'rganilgan bo'lib, kon sharoitidagi kichik diametrli quvurlardagi aralashma harakati kam o'rganilganligini ko'rsatdi.

2. Quvurdagi gaz-suyuqlik oqimi yo'nalishini hisobga olgan holda quvurda aralashma harakati gidravlik parametrlari orasidagi nazariy va empirik bog'lanishlarni hisoblash usuli takomillashtirildi. Shuningdek quvurning gorizontga nisbatan ko'tarilish va pasayish burchagi quvur ish rejimining parametrlariga sezilarli ta'sir qilishi isbotlandi

3. Gaz-suyuqlik aralashmasining quvurdagi halqalik strukturasi bosim yo'qotilishini aniqlash usuli takomillashtirildi. Quvur ichki devoridagi suyuq plyonka qalinligini gazning o'rtacha tezligi va gaz oqimi sarfidan aniqlash mumkinligi ko'rsatildi.

4. Aralashmada gaz ulushi ancha katta bo'lgan sharoitda ($1 > \beta \geq 0,95$) oqimi yuqoriga bo'lganda struktura doim tiqinli, pastga bo'lganida quvur uzunligiga bog'liq ravishda avval halqalik, so'ngra qatlamlik rejimga almashinuvi aniqlandi.

5. Gorizont va relyefli quvurlarda gaz-suyuqlik aralashmasi oqimining qatlamli strukturasi bosim yo'qotilishini hisoblovchi yangi formulalar ishlab chiqildi.

6. Gaz quvurlari trassasining past qismida suyuqlik to'planishi hajmini aniqlash maqsadida tadqiqot ishlari olib borildi va turli gaz oqimi tezligida suyuqlik to'planishi hajmining vaqtga bog'liqligi aniqlandi hamda yotqiziqalar (ifloslanish) hajmini aniqlashning analitik usuli ishlab chiqildi.

7. Gaz quvurlarining gidravlik holati kompressor stansiyalarining energiya sarfiga sezilarli darajada ta'sir qilishi, gaz quvuri chiziqli qismining ishlash koeffitsienti loyihaviy koeffitsientdan 10% ga kamayishi, uning o'tkazish qobiliyatini saqlab qolgan holda, quvvatning 20,3% ga oshishiga olib kelishi aniqlandi.

8. Aralashmada suyuqlik konsentratsiyasi gaznikiga nisbatan ancha kichik bo'lgan sharoitda quvurning relyefli uchastkalaridagi oqim strukturasi aniqlash mezonini taklif etildi hamda "Python 3.8.3 shell" dasturi orqali relyefli quvur qismlarida bosim yo'qotilishi miqdorini aniqlash usuli ishlab chiqildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.04/30.04.2021.Т.111.04 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АВЛАКУЛОВ АБДИМАЖИТ МЕЙЛИЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОГАЗОСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ ПО
ТРУБОПРОВОДАМ, ПРОХОДЯЩИМ ПО РЕЛЬЕФУ МЕСТНОСТИ**

05.09.07- Гидравлика и инженерная гидрология

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

Карши – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В2025.2.PhD/Г5537

Диссертация выполнена в Каршинском государственном техническом университете

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

Научный руководитель:

Эшев Собир Саматович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Уралов Бахтиёр Рахматуллаевич
доктор технических наук, профессор

Ражабов Улугбек Мамашоевич
доктор философии по техническим наукам,
доцент

Ведущая организация:

**Самаркандский государственный
архитектурно-строительный университет**

Защита диссертации состоится «13» 07 2025 года в 15⁰⁰ часов на заседании научного совета PhD.04/30.04.2021.Т.111.04 при Каршинском государственном техническом университете (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, д. 225. Тел.: (+99875)-221-09-23 факс: (+99875) 224-13-95 e-mail: kstu@kstu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского государственного технического университета (зарегистрировано № ___). Адрес: 180100 г. Карши, ул. Мустакиллик 225, тел. (+99875) 221-09-23;

Автореферат диссертации разослан «03» 07 2025 года

(реестр протокола рассылки № 1 от «03» 07 2025 года.)



Р. Хужакулов

Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Ш.А. Латипов

Учёный секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.ф.т.н., доцент

У.У. Жонқобилов

Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире применение ресурсосберегающих технологий и технических средств при добыче и транспортировке газа по трубопроводам, его очистка от посторонних примесей является одним из ведущих направлений. Учитывая, что в мировом масштабе 75% затрат, связанных с добычей и транспортировкой газа, приходится только на транспортные расходы, наиболее эффективным способом сбора и транспортировки углеводородного сырья (продукции нефтяных и газоконденсатных скважин) является реализация однотрубной системы. В связи с этим проблема транспортировки нефтегазоконденсатных смесей по трубопроводам приобретает большое значение, так как требует совершенствования методов гидравлического расчета на основе достижений современной гидрогазодинамики.

Поскольку большинство исследований в мире сосредоточено на свойствах смесей и гидродинамике движения смеси в трубах, их нельзя напрямую использовать при инженерных расчетах смесей жидкостей и газов в горнодобывающих трубопроводах. Чтобы их использовать, необходимо учитывать некоторые упрощения и особенности рельефа местности, на которой проложен трубопровод. Потому что реальные трубопроводы состоят из горизонтальных участков, нисходящих и восходящих участков. При движении газожидкостных смесей по таким участкам трубопровода возникают различные структуры потоков. Поэтому проводятся исследования по совершенствованию методов гидравлического расчета двухфазных сред в трубопроводах в условиях рельефа местности и изменяющейся структуры потока. В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию расчета гидравлических параметров двухфазных сред в трубопроводах в условиях изменения рельефа местности и структуры потока при транспортировке газожидкостных смесей по трубопроводам.

В нашей республике реализуются комплексные меры по снижению энергозатрат при добыче и транспортировке газа, разработке ресурсосберегающей техники и технологий, и достигаются определенные результаты. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2022-2026 годы определены важные задачи, среди которых «... обеспечение бесперебойного снабжения отраслей экономики и населения нефтегазовой продукцией, а также развитие химической и газохимической отраслей и увеличение уровня переработки природного газа с 8% до 20% для выпуска продукции на миллиард долларов США в химической промышленности...»³. При реализации этих задач важное значение имеет применение энергоэффективных технологий добычи и транспортировки природного газа и жидких углеводородов, а также создание усовершенствованных методов гидравлического расчета.

³ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 “о новой стратегии рассредоточения Узбекистана на 2022-2026 годы”..

Данное диссертационное исследование в определённой мере служит реализации задач, сформулированных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УФ-60 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», в Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 9 июля 2019 года УП-4388” О мерах по устойчивому обеспечению населения и экономики энергоресурсами, финансовому оздоровлению нефтегазовой отрасли и совершенствованию системы ее управления” и от 12 мая 2023 года "О мерах по совершенствованию системы учета добычи, переработки и реализации природного газа и жидких углеводородов"⁴ и в других нормативно-правовых актах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики П.. «Энергетика, энергосбережение и альтернативные источники энергии».

Степень изученности проблемы. Движение смесей в трубе изучены многими учёными, в частности: А.А. Арманд, Борис А.А., Лягов А.В., Зайченко Е.А., Мамаев В.А., Марон В.И., Николаева В., Одишария Г.Э., Осинцов А.А., Пашали А.А., Садуллаев Р, Ситенков В.Т., Тер-Саркисов П.М., Умаров А.И., Uollis G., Chisxolm D., Хуит Dj., Brill, J.P., Azzopazdi, B.J., Al-Sheikh, I.N., Crowe C.T., Kajchiro, M., Gray W.G. и другими были подробно исследованы. Ими была предпринята попытка создать математическое выражение движения газожидкостной смеси в трубопроводах в условиях добычи полезных ископаемых. Предложена аналитическая формула падения давления при слоистом движении потока смеси. Но в условиях добычи движение газожидкостной смеси в трубопроводе происходит в условиях структурных изменений. Такой процесс не исследовался авторами из-за сложности системы дифференциальных уравнений движения. М.А. Гусейнзаде и др. в своих работах теоретически исследовали нестационарное движение газа по трубопроводу и движение газожидкостных смесей по магистральным трубопроводам.

На основе режимной характеристики потока смеси в трубопроводе предложены аналитические формулы основных параметров гидравлического расчета. Отмечается, что этот метод был опробован для системы трубопроводов в районе месторождения и показал хорошие результаты. Авторы Фруд и Рейнольдс показали, что можно моделировать гидродинамические процессы двухфазной системы на основе безразмерных параметров и коэффициентов гидравлического сопротивления. При этом видно, что математическое построение расчетных формул не представляет особой сложности из-за игнорирования структуры потока.

Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-

⁴ Постановление Президента Республики Узбекистан от 12 мая 2023 года «О мерах по совершенствованию системы учета добычи, переработки и реализации природного газа и жидких углеводородов»

исследовательских работ Каршинского инженерно-экономического института в рамках направления «Исследование проблем гидротехнических сооружений, гидроэнергетики и водоснабжения» (2021-2025) и темы хозяйственного договора № Г и ГИ/40-20 «Разработка инструментального метода снижения энергозатрат при транспортировке газа за счет повышения гидравлической эффективности газопровода» (в 2024-2025 гг.).

Целью исследования является совершенствование гидравлических зависимостей, учитывающих расход, потери давления в разных структурах потока на основе исследования гидравлических процессов, вызванных совместным движением газа и жидкости в рельефных трубопроводах.

Задачи исследования:

- сравнение существующих до сих пор методов гидравлического учета движения газов и жидкостей в трубопроводах;

- изучение гидравлических и термодинамических свойств газоконденсатных смесей, встречающихся на скважинах Шуртанского нефтегазодобывающего управления, и гидродинамических свойств их движения в промышленных трубопроводах;

- определить объем жидкости, собираемой в местах падения и подъема транспортирующих труб и установить оптимальные сроки их очистки, а также определить коэффициент эффективности линии трубопроводов в целях повышения эффективности трубопроводов, транспортирующих газожидкостную смесь;

- выбор дифференциального уравнения перепада давлений на основе определения границ чередования структур потока, возникающих в трубопроводе в условиях совместной работы скважинной и газосборной сетей, и разработка рекомендаций по построению расчетных профилей, эквивалентных реальному профилю трассы трубопровода.

В качестве объекта исследования был выбран участок трассы от скважины № 289 до газосборного пункта, принадлежащей Шуртанскому нефтегазодобывающему управлению.

Предметом исследования является газожидкостная смесь с повышенным содержанием газа и рельефные трубопроводы в условиях добычи полезных ископаемых.

Методы исследования. Были использованы уравнения гидродинамики, методы гидравлического расчета и математической статистики движения газа и жидкости в закрытых трубопроводах, а также математические и гидравлические методы моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- усовершенствована методика расчета потерь давления в горизонтальных и рельефных трубопроводах с учетом различных структур течения газожидкостных смесей;

- сформирована новая зависимость, совершенствующее метод гидравлического расчета определения перепада давления с учетом толщины пленки жидкости в режиме совместного движения жидкой пленки и газа трубах в кольцевой структуре;

- разработана математическая модель, объединяющая структуру течения и гидравлические свойства потока в единую систему расчета потерь давления при движении газожидкостной смеси в рельефных трубопроводах, являющихся основным элементом системы сбора газа;

- усовершенствован метод гидравлического расчета трубопроводов, транспортирующих газожидкостные смеси с малым содержанием жидкости в горнодобывающих условиях, методика определения объема собираемой жидкости и периодичности ее очистки с учетом особенностей рельефа.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

усовершенствован метод расчета потерь давления потока газожидкостной смеси в горизонтальных и рельефных трубопроводах;

разработана математическая модель, объединяющая структуру течения и гидравлические свойства потока в единую систему расчета потерь давления при движении газожидкостной смеси в рельефных трубах, являющихся основным элементом системы сбора газа;

определено количество отложений в трубе и оптимальная периодичность очистки внутренней полости трубы. Разработаны алгоритм и блок-схема гидравлического расчета рельефных трубопроводов.

усовершенствована методика гидравлического расчета трубопроводов, транспортирующих газожидкостные смеси с малым содержанием жидкости в горнодобывающих условиях, методика определения объема собираемой жидкости и периодичности ее очистки с учетом особенностей рельефа, разработаны рекомендации.

Достоверность результатов исследования основана на точности постановки вопросов, применении качественных гидравлических методов и сравнения расчётных значений с экспериментальными данными, полученными в ходе проведения исследований в теоретических, лабораторных и полевых условиях, и использование математических методов и законов физики, а также теоретических и экспериментальных результатов настоящего исследования основано на том, что оно сравнивается с результатами других авторов, и на том, что результаты исследования применяются на практике.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что предложена новая формула для расчета потерь давления в слоистой структуре потока газожидкостной смеси в горизонтальных и рельефных трубопроводах, в результате исследования совместного движения жидкой пленки и газа в трубопроводе впервые было разработано простое представление формулы для расчета перепада давления в этом режиме в зависимости от толщины жидкой пленки, создание совокупности программ приведения элементов отдельных гидродинамических модулей системы сбора газа в единую систему, создаются гидравлические зависимости, учитывающие положение расположения трубопровода при транспортировке газоконденсатной смеси с низким содержанием жидкости по рельефным трубопроводам.

Практическая значимость результатов исследования заключается в изучении гидравлических и термодинамических свойств газоконденсатных

смесей, обнаруженных в скважинах Шуртанского нефтегазодобывающего управления, и гидродинамических свойств процессов их перемещения в промысловых трубопроводах, определение границ чередования потоковых структур, возникающих в трубопроводе в условиях совместной работы скважинной и газосборной сетей и в разработке и внедрении рекомендаций по построению расчетных профилей, эквивалентных реальному профилю трассы трубопровода в условиях эксплуатации.

Внедрение результатов исследования. На основе исследований по совершенствованию гидравлического расчета транспортировки высокогазосодержащих смесей по трубопроводам, проходящим по местности:

утверждены предварительные требования к эффективности трубопроводов, несущих газожидкостную смесь, проходящую по рельефу местности (Справка ОП 02/БО-4870 от 20 декабря 2024 года Шуртанского нефтегазодобывающего управления). В результате достигнуто улучшение показателя мощности на 20,3% при сохранении пропускной способности даже при снижении коэффициента полезного действия газопровода на 10% по сравнению с проектным показателем;

чтобы добиться увеличения этого коэффициента до 70%, вводится оптимальная периодичность для процесса очистки (Справка ОП 02/БО-4870 от 20 декабря 2024 года Шуртанского нефтегазодобывающего управления). В результате создается возможность снизить на 20% энергопотребление, необходимое для транспортировки газа по трубопроводу;

в процессе совместной работы скважин и газосборных сетей вводится чередование режимов потока, образующихся внутри труб (Справка ОП 02/БО-4870 от 20 декабря 2024 года Шуртанского нефтегазодобывающего управления). В результате было научно обосновано, что при уклоне трубы 10^0 скопление жидкости в объеме 100 см^3 уменьшает пропускную способность газа на 5-7% и в то же время приводит к увеличению энергопотребления компрессорной станции на 2-3%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 2 международных и 1 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликовано 20 научных работ. Из них 1 учебник, 7 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 статья в зарубежных (одна статья в журнале с высоким импакт фактором.) и 2 статьи в сборниках международных конференций, получен сертификат Агентства интеллектуальной собственности на 4 программы ЭВМ.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 107 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** диссертации обосновываются актуальность и востребованность исследований, проведённых при изучении проблемы, формулируются цель и задачи, объект и предмет исследования, показано его

соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, отмечается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о внедрении результатов исследования, публикации научных работ и структура диссертации.

В первой главе диссертации под названием “Анализ основных работ, посвященных гидравлическому расчету потоков газожидкостных смесей в трубопроводах, проходящих по рельефу местности” освещены результаты теоретических исследований газожидкостных течений в трубопроводах, проходящих по рельефу, анализ научных работ ученых и исследователей, внесших вклад в разработку теоретических основ газожидкостных течений. Последние теоретические работы по двухфазной гидродинамике посвящены течению в горизонтальных трубах. Эти исследования были мотивированы необходимостью разработки обоснованных расчетов в котлотурбинном строительстве, комбинированной транспортировке газожидкостных смесей в горизонтальных трубах, а также в трубах со сложным рельефом. К таким исследованиям относятся, прежде всего исследования Ф.Т. Агаева А.А., Арманд, А.И. Гузова, В.А. Мамаева, Г.Э. Ситенкова, А.А. Точилина, В.Г. Актуальные работы Грея, М.А. Стириккарте, М.А. Стириковича, Локарте-Мартинелли.

Во второй главе диссертации под названием “Газожидкостные смеси и особенности движения их в рельефных трубопроводах” представлены характеристики и состав продуктов, получаемых из газоконденсатных месторождений, физико-химические свойства отдельных углеводородов, азота, углекислого газа и сероводорода, входящих в состав добываемого газа и конденсата. На основе этих данных определяется трансформация среды в несколько физических моделей и структур при течении газожидкостной смеси в трубопроводах. По результатам многих исследований форма структуры течения различна и зависит от соотношения расхода жидкости и газа в смеси, физических свойств этих фаз, а также поверхности поперечного сечения трубы и его расположения относительно горизонта. Хотя количество возможных структур достаточно велико, мы ознакомились с необходимыми для нас случаями появления структуры газожидкостной смеси в горизонтальных и наклонных трубопроводах. При этом концентрация пузырьков плотнее вверху в трубах, расположенных вдоль горизонтальных и пологих уклонов. Это происходит под действием силы тяжести. Пузырьковая структура представляет собой концентрированный газ.

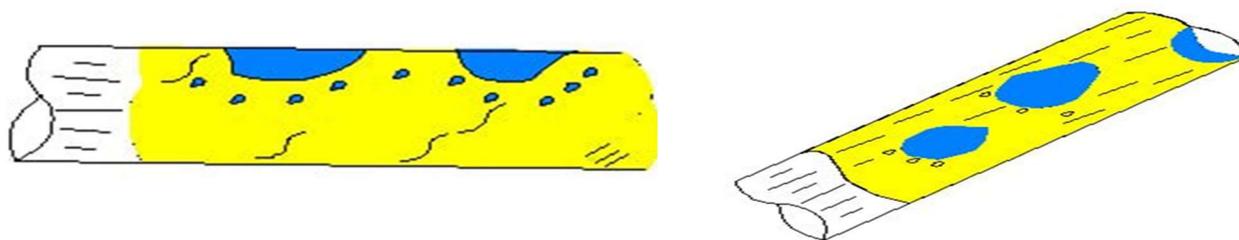


Рис. 1. Пробковая структура течения газожидкостной смеси в горизонтальной и наклонной трубе

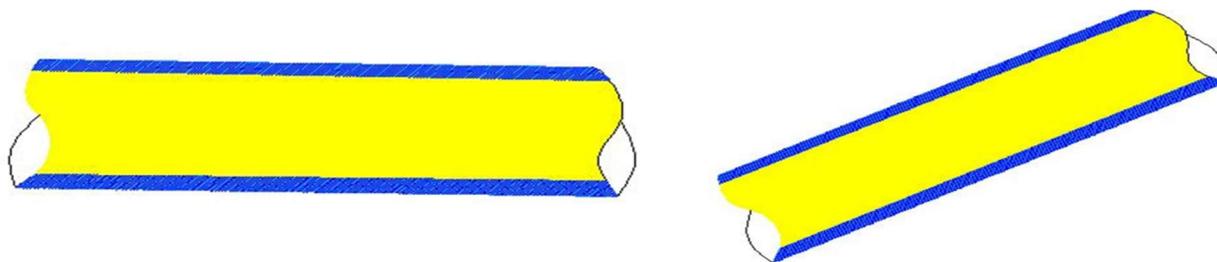


Рис.2. Кольцевая структура течения газожидкостной смеси в горизонтальной и наклонной трубе

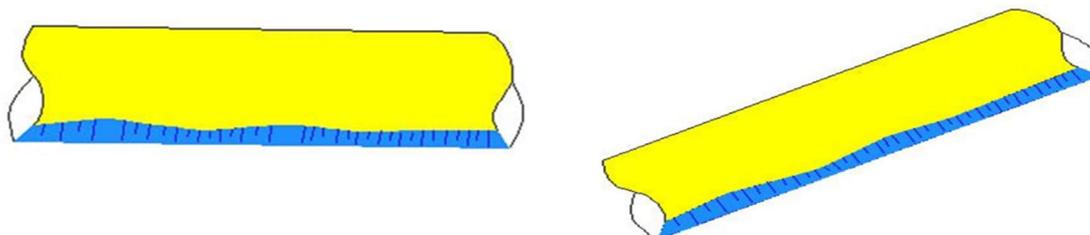


Рис.3. Слоистая структура течения газожидкостной смеси в горизонтальной и наклонной трубе

Второй – пробковая структура, вызывающая увеличение объема газовой фазы при нестабильности нефти или конденсата в смеси.

В смеси отдельные пузырьки газа соединяются вместе, образуя пробку. В этой структуре попеременно образуются газовые и жидкостные пробки (см.рис.1-3).

В разделе под названием **Расчет восходящих и нисходящих трасс трубопроводов** выполнен гидравлический расчет трубопроводов, для отдельных участков прямого восходящего и нисходящего трубопроводов, спускающихся под небольшим уклоном (направленных вниз) и горизонтально расположенных трубах с учетом возникновения течения смеси слоистых, пробковых и кольцевых структур, в восходящих трубопроводах пробкового и кольцевого типа и была создана система дифференциальных уравнений движения для разных участков (см.рис.4).

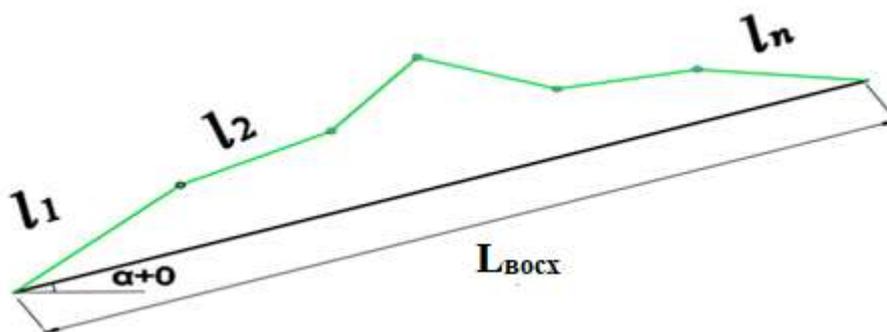


Рис.4. Восходящий эквивалентный участок трубопровода

— - линия эквивалентного участка; — - линия промежуточного участка

Мелкие капли жидкой фазы также движутся в центре, занимаемом газом. Кольцевая структура возникает, когда газовая фаза в трубе очень велика и

скорость перемешивания высока. Особенностью течения двухфазной жидкости в трубе является то, что помимо границы этого течения, окруженной стенкой трубы, существует еще внутренняя поверхность-граница между фазами, которая изменяется в зависимости от времени. Расчет величин, характеризующих поток, играет важную роль при гидравлическом расчете движения смесей в трубах. Некоторые из этих расчетов основаны на эмпирических формулах.

Одним из важных критериев, определяющих двухфазный поток, является объемный расход газовой фракции в смеси - β , который принимается как отношение объемного расхода газа Q_2 к объемному расходу смеси $Q_1 + Q_2$:

$$\beta = \frac{Q_2}{Q_{aral}} = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

Если рассматривать расход в достаточно длинном газопроводе, то Q_2 и β также будут меняться вместе с изменением давления.

Объемный расход газовой фракции β определяется согласно понятию плотности газожидкостной смеси:

$$\rho_{aral} = \frac{G_{aral}}{Q_{aral}} = \rho_{aral}(1 - \beta) + \rho_g \cdot \beta$$

Здесь ρ_1, ρ_2 - плотности жидкости и газа в среде трубопровода соответственно.

Одним из наиболее важных параметров является критерий подобия газожидкостного потока – число Фруда смеси выражается следующей формулой.

$$Fr_{aral} = V_{aral}^2 / (gD),$$

Здесь V_{aral} — средняя скорость в сечении смеси.

$$V_{aral} = \frac{Q_{aral}}{F} = \frac{4(Q_1 + Q_2)}{\pi D^2}$$

Здесь F – площадь поперечного сечения трубы, D – диаметр трубы.

При газожидкостном течении в трубах наблюдается относительное движение фаз, при этом изменяется и соотношение объемных расходов фаз по трубе. В результате при движении смеси в трубе вверх происходит торможение жидкой фазы в трубе, что вызывает увеличение массы. Для учета этого явления вводится понятие реальной (объемной) газовой фракции (газосодержание). Этот параметр имеет следующую связь с объемной долей газа β :

$$\varphi = \beta \frac{V_{aral}}{V_2} = \frac{F_{r2}}{F} = \frac{F_2}{F_2 + F_{aral}}$$

Здесь $V_2 = \frac{Q_2}{F_2}$ – фактическая скорость движения газа, F_1, F_2 – доли сечения трубы, занимаемые жидкостью и газом соответственно.

Установлено, что в восходящих трубах ($\alpha > 2^0$) всегда имеется пробковая структура. Каждая структура потока характеризуется относительной скоростью движения фаз и законом гидравлического сопротивления. Поэтому важно правильно определить структуру потока газожидкостной смеси. При этом, если

критерием подобия, определяющим структуру смеси, является $F_{r\ aral} < F_{r\ kr}$, то течение газожидкостной смеси является слоистым, а если $F_{r\ aral} \geq F_{r\ kr}$ то структура пробковая.

Известно, что число Фруда для смеси равно:

$$F_{r\ aral} = \left[\frac{4Q}{\pi d^2} \right]^2 \frac{1}{gd}$$

Здесь d – диаметр трубы

Критическое значение числа Фруда равно;

$$F_{r\ kr} = \left[0,2 + \frac{2 \sin \alpha}{\lambda_s} \right] \exp(-2,5\beta) \frac{1}{(1 - \beta)^2}$$

Здесь $\lambda_s = 0,067 \left(\frac{158}{Re_1} + \frac{2K}{d} \right)^{0,2}$; K - шероховатость трубы, d - диаметр трубы.

Эти критические значения соответствуют критической скорости V^* газожидкостной смеси, при которой происходит радикальное изменение потерь давления за счет изменения мгновенного режима течения.

Таким образом, даже небольшое изменение угла трубы относительно горизонта существенно влияет на параметры режима работы трубы. В частности, за счет изменения критической скорости газожидкостного потока возможен переход с слоистого режима на кольцевой, в результате чего происходит внезапная потеря давления в трубе.

Третья глава диссертации под названием “**Гидравлический расчет расхода жидкости и газа в рельефных трубопроводах на территории месторождения**” посвящена начальному направлению исследований, то есть экспериментальным методам проведения процесса. Такая ситуация объясняется многопараметричностью газожидкостной смеси и сложностью создания математической модели среды. Следует отметить, что решение дифференциальных уравнений движения газожидкостной смеси с учетом структурного обмена в рельефных трубопроводах до сих пор не получены. Поэтому исследователями предлагаются различные способы решения системы уравнений. Получение этого решения, выполнение гидравлического расчета параметров потока для магистральных трубопроводов газожидкостной смеси остается сложной задачей даже для современных ЭВМ.

Для выполнения гидравлического расчета газожидкостной смеси в качестве объекта мы выбрали скважину № 289, принадлежащую Шуртанскому нефтегазодобывающему управлению, расположенную недалеко от скважины к точке сбора газа. Поскольку газопроводы здесь не протянуты на большие расстояния ($800 \text{ м} < L < 8000 \text{ м}$), то изменение параметров, характеризующих смеси, будет небольшими. Однако и здесь, поскольку места прокладки труб рельефные, не учитывать изменение структуры потока при расчете параметров невозможно. Но в работах некоторых авторов режим течения не учитывается. При движении газожидкостной смеси в промысловых трубах распространены три структуры. Умение определить область образования той или иной структуры является важным этапом гидравлического расчета движения газа и жидкости в

трубах. Во многих экспериментальных наблюдениях установлено, что течение на нисходящем и горизонтальном участках трубы имеет слоистый, пробковый и кольцевые режимы, а на восходящем участке – пробковой и кольцевые режимы.

Еще одним важным аспектом гидравлического расчета процесса транспортировки газожидкостной смеси в трубопроводах является учет профиля трассы, по которой прокладывается трубопровод. Все гидравлические расчеты выполняются на нисходящих и восходящих прямолинейных участках. Когда внешний вид этих участков отражен на чертеже, он имеет то же значение, что и реальный эквивалентной трассы.

Сначала выполним гидравлический расчет движения газожидкостной смеси в горизонтальной трубе.

Одномерное движение газожидкостной смеси в горизонтальных трубах представляется следующей системой уравнений.

$$\left. \begin{aligned} -\frac{dP}{dx} &= \frac{\lambda_1 G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\xi)^2}{(1-\varphi)\gamma_1} + \frac{\xi^2}{\varphi\gamma_2} \right] \\ [\gamma_1 V_1(1-\varphi) + \gamma_2 V_2 \varphi] F &= G = idem \\ \varphi &= \alpha\beta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где λ_{aral} - гидравлическое сопротивление смеси; G – объемный расход смеси; d – диаметр трубы; F – площадь поперечного сечения трубы; g – ускорение свободного падения; $\xi = \frac{G_2}{G_1+G_2}$ – доля массы газа в смеси; $\varphi = \frac{F_2}{F_1+F_2}$ – объемная (реальная) доля газа в смеси; F_2 – площадь сечения трубы, занятой газом; F_1 – площадь сечения трубы, занятой жидкостью; γ_1 и γ_2 - удельные массы жидкости и газа соответственно.

$$\varphi = \alpha\beta; \alpha = k(1-e)^{-4,4} \sqrt{F_{r aral}/F_{r a}}; K = (1 + 4,5\bar{\mu}) - (0,14\bar{\mu}^{0,15})$$

$$\text{При } \bar{\mu} \leq 0,001 \quad F_{r a} = 1150\bar{\mu}^{0,79}; \text{ при } \bar{\mu} \leq 0,001 \quad F_{r a} = 9,8\bar{\mu}^{0,1},$$

Интегрировав уравнение (3.2.2) в средних значениях λ_{aral} и α и считав $\lambda_{aral} = \lambda(R_e; \varepsilon) \frac{1-\varphi}{1-\beta}$, то получим слудующую формулу для потери давления.

$$\Delta P = \frac{\lambda(R_e; \varepsilon) G^2 L (1-\xi) [\xi(1-\alpha) + \alpha]}{2gdF^2 \left[1 + \frac{A}{P_1 + \frac{1}{a}} - \frac{B}{P_1 + \frac{1}{a}} \right]^\alpha} \quad (2)$$

где P_1 - давление смеси при входе в трубопровод,

$$\lambda(R_e; \varepsilon) = 0,067 \left(\frac{158}{Re_{aral}} + \frac{2k}{d} \right)^{0,2}; \quad Re_{aral} = \frac{4}{\pi d} \left(\frac{G_1}{\mu_1} + \frac{G_2}{\mu_2} \right)$$

μ_1 и μ_2 – коэффициент вязкости жидкости и газа

$$a = \rho \frac{\alpha + \xi(1-\alpha)}{\xi(1-\alpha)}; \quad \rho = \frac{1-\xi}{3\rho_1 \cdot ZRt_{ort}}; \quad A = \frac{\xi(1-\alpha)}{\alpha} \cdot \frac{1}{a}; \quad B = \frac{\xi(1-\alpha) + \alpha}{\alpha q}$$

Проведен гидравлический расчет течения газожидкостной смеси в пробковой структуре рельефных трубопроводах, при котором уравнение течения в нисходящем участке трубы имеет следующий вид:

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\lambda_{арал} G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\xi)^2}{(1-\varphi_p)\gamma_1} + \frac{\xi^2}{\varphi_n \gamma_2} \right] - [\gamma_1(1 - \varphi_p) + \gamma_2 \varphi_p] \sin \alpha_1 \quad (3)$$

Уравнение движения потока в элементе восходящего участка трубопровода имеет следующий вид

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\lambda_{арал} G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\xi)^2}{(1-\varphi_{yu})\gamma_1} + \frac{\xi^2}{\varphi_{yu}\gamma_2} \right] + [\gamma_1(1 - \varphi_{yu}) + \gamma_2 \varphi_{yu}] \sin \alpha_2 \quad (4)$$

В приведённых уравнениях $\sin \alpha_1 = \frac{Z_2 - Z_1}{\ell_1}$; $\sin \alpha_2 = \frac{Z_3 - Z_2}{\ell_2}$

Если считать одинаковыми плотности газа в уравнениях (3) и (4), то объединив два уравнения получим следующую одну уравнению:

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\lambda_{арал} G^2}{2gdF^2} \left[\frac{(1-\xi)^2}{(1-\varphi)\gamma_1} + \frac{\xi^2}{\varphi\gamma_2} \right] + [\gamma_1(1 - \varphi) + \varphi\gamma_2] \frac{Z_2 - Z_1}{\ell_1 + \ell_2} \quad (5)$$

При интегрирование этого уравнения необходимо будет считать, что $P_1 \leq P \leq P_3$ и $\alpha \leq x \leq \ell_1 + \ell_2$.

В разделе «**Определение потерь давления в кольцевой структуре газожидкостной смеси в трубопроводе**» исследовалось совместное движение ламинарной и турбулентной пленки жидкости и турбулентного потока газа. В ламинарном режиме движение газового потока обычно происходит в зоне квадратичного закона трения и описывается уравнением Дарси, то есть имеет следующий вид:

$$-\left(\frac{dp}{dx}\right)_2 = \lambda_r \frac{\rho_2}{2(R-\delta)} \cdot \frac{(\bar{\omega} - \omega_0)^2}{2}, \quad (6)$$

где λ_2 - коэффициент гидравлического сопротивления газа в пленке жидкости; ρ_2 - плотность газа; $\bar{\omega}$ -средний расход газа; ω_0 - скорость газа между газом и жидкостью.

Следует отметить, что рассматриваемая схема совместного движения пленки и газа предполагает наличие ламинарного пограничного слоя газа, контактирующего с жидкой пленкой. Следовательно, скорости пленки и газа равны между собой:

$$\omega_0 = v_0 = \frac{Q_1}{\pi R \delta}$$

Поскольку средняя скорость газа при наличии пленочного кольца равна

$$\bar{\omega} = \frac{Q_2}{\pi(R - \delta)^2}$$

где: Q_2 – расход газа, то формула (6) немного модифицируется с учетом последних выражений для градиента давления в газовой фазе:

$$-\left(\frac{dp}{dx}\right)_2 = \lambda_2 \frac{\rho_2}{4\pi^2(R-\delta)} \left[\frac{Q_2}{(R-\delta)^2} - \frac{Q_1}{R\delta} \right]^2 \quad (7)$$

Таким образом, для совместного движения пленки жидкости для ламинарного и турбулентного потока газа получены две системы уравнений (6) и (7).

$$\begin{cases} \left(\frac{dp}{dx}\right)_{pl} \approx \lambda_{pl} \frac{Q_1^2 \rho_1}{16\pi^2 R^3 \delta^2} \\ \left(\frac{dp}{dx}\right)_2 \approx \lambda_2 \frac{\rho_2}{4\pi^2(R-\delta)} \left[\frac{Q_2}{(R-\delta)^2} - \frac{Q_2}{2R\delta} \right]^2 \end{cases} \quad (8)$$

Структура расслоенного течения газожидкостной смеси в горизонтальных трубах определяется критическим значением числа Фруда. Если $F_{r\,aral} < F_{r\,kr}$, то течение газожидкостной смеси является расслоенным. Если $F_{r\,aral} \geq F_{r\,kr}$, то поток пробковый.

Критическое значение числа Фруда рассчитывается по следующей формуле:

$$F_{r\,kr} = \left[0,2 + \frac{2 \sin \alpha}{\lambda_1} \right] \exp(+2,5\beta) \frac{1}{(1-\beta)^2}$$

Перепад давления на участке длиной Δl в трубопроводе $\Delta P = P_1 - P_2$ равно перепаду давления в каждой из компонентов потока, например, в потоке газа

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = \lambda_2 \rho_2 \frac{8(\theta + \sin(\pi - \theta))Q_2^2}{\pi^3 \varphi^3 D^3} + \rho_2 g \sin \alpha \quad (9)$$

где λ_2 — коэффициент гидравлического сопротивления потока газа; D_2 — гидравлический диаметр газового потока.

Используя концепцию гидравлического диаметра для потока жидкости, мы можем записать аналогичное уравнение

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = \lambda_1 Q_1 \frac{8Q_m^2(\pi - \theta)}{\pi^3 D^5 (1 - \varphi)^3} + Q_1 g \sin \alpha \quad (10)$$

Если рассматривать уравнения (9) и (10) как систему алгебраических уравнений с двумя неизвестными, то, решая ее, можно одновременно найти действительный состав газа φ и перепад давления ΔP . Покажем, что данная система уравнений имеет единственное решение.

Следующий раздел называется «Гидравлический расчет движения газожидкостных смесей в трубопроводах, связанного с изменением структуры потока», в котором указано, что для участков рельефных трубопроводов с нисходящим и восходящим движением потока необходимы отдельные гидравлические расчеты. Для инженерной практики интерес представляет упрощенная (приближенная) формулировка задачи. Хотя это немного снижает точность, это единственный метод, подходящий для инженерных расчетов. Более того, поскольку погрешность расчетов для отдельных участков не очень велика, такой подход считается достаточным для инженерных расчетов. Это соображение особенно актуально для потоков смесей

с высоким содержанием газа. Анализ свойств смесей с высоким газосодержанием обосновывает практическую применимость решений, полученных на основе приближенного интегрирования существующих дифференциальных уравнений движения.

В диссертационной работе выведены формулы гидравлического расчета трубопроводов, транспортирующих смеси с высоким $(0,95 \leq \beta < 1)$ газосодержанием. Несмотря на ограниченный диапазон изменения объемной концентрации газа β в смеси, $(\beta = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2})$ к этому классу относится множество вопросов гидравлического расчета трубопроводов, транспортирующих газоконденсатные смеси с месторождения.

На основании вышеизложенных соображений формула расчета давления получается следующей:

$$P_1^2 - P_k^2 = \frac{\lambda z G^2 Z R_{орт} L}{g d F^2 \beta} - \frac{2 P_{орт}^2}{2 R_{орт}} \sum_{i=n}^n [\Delta H_{ni} - \varphi_{орт} \Delta H_{yui}] + 2 \gamma_1 (1 - \varphi_{орт}) \sum_{i=1}^n \Delta H_{yui} \quad (11)$$

В большинстве случаев геометрическая разница между начальной и конечной точками магистральных трубопроводных трасс $\Delta H = H_2 - H_1$ значительно меньше величины $\sum_{i=1}^n \Delta H_{yui}$:

$$\sum_{i=1}^n \Delta H_{yui} \approx \sum_{i=1}^n \Delta H_{ni} \quad (12)$$

С учетом условия (12) расчетную формулу (11) можно записать в следующем виде:

$$G = \sqrt{\frac{g d^2 \beta [(P_1^2 - P_k^2) - 2 P_{орт} (1 - \varphi_{орт}) (\gamma_1 - \frac{P_{орт}}{Z R T_{cp}}) \sum_{i=1}^n \Delta H_{yui}]}{\lambda z Z R_{орт} L}} \quad (13)$$

В формулах (11) и (12) ΔH_p и ΔH_{yu} — перепады высот при движении смеси вниз и вверх соответственно. Суммарный перепад давления в расчетной области в формулах (11) или (12) вычисляется методом последовательных приближений.

Установлено, что результаты, полученные с использованием приведенных выше формул, достаточно близко приближаются к результатам прямых натурных экспериментов с погрешностью не более $\pm 10\%$.

В разделе 3.7, который называется «**Последовательность гидравлического расчета расхода газожидкостной смеси в рельефном трубопроводе**», приводится последовательность ее гидравлического расчета на основе полученных первичных данных по движущейся в трубопроводе смеси. При этом рассчитывается объемная и массовая расходная концентрация газа, и на основании этого определяется число Фруда газожидкостной смеси. Затем вычисляется безразмерное значение скорости смеси в рабочем состоянии.

$$V_* = \frac{4(Q_1 + Q_2)}{\pi d^2} \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{g \delta} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^{0,5}$$

и по его количеству определяется предельная скорость перехода от кольцевой структуры к пробковой, т.е.

$$V_{cheg} = (0,82 - 0,0017 \bar{\mu}^{-0,6}) 10^{(5,3+115^{-})(1-\beta)}$$

где $\bar{\mu} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$ – безразмерный коэффициент вязкости смеси, μ_1 и μ_2 – коэффициенты вязкости жидкости и газа соответственно. Сравниваются V_{cheg} и V_* . Если $V_* < V_{cheg}$ структура пробковая, если $V_* > V_{cheg}$ то определена как кольцевая.

Если структура потока пробковая, потери давления по длине трубы определяются по формуле:

$$\frac{\Delta P}{\Delta Z} = \frac{\lambda_{aral}}{2d} \left(\frac{4G}{\pi d^2} \right)^2 \left[\frac{(1-\varphi)^2}{(1-\varphi)\rho_1} + \frac{\varphi^2}{\varphi\rho_2} \right] + [(1-\varphi)\rho_1 + \varphi\rho_2]g \sin \alpha_1$$

Если структура потока кольцевая, то потери гидравлического давления рассчитываются по формуле:

$$-\frac{\Delta P}{\Delta Z} = \lambda_{aral} \left(\frac{4Q}{\pi d^2} \right)^2 \frac{q_1}{(1-\varphi)^2 2d} + [(1-\varphi)\rho_1 + \varphi\rho_2]g \sin \alpha$$

В общем случае формула потерь давления для газа выражается как

$$\frac{\Delta P}{\Delta \ell} = \frac{A(\sqrt[3]{A} + \sqrt[3]{B})}{\sqrt[3]{A}} = \sqrt[3]{A^2}(\sqrt[3]{A} + \sqrt[3]{B})$$

$$\text{где } A = \lambda_2 \frac{8(\theta + \sin(\pi - \theta))Q_2^3}{\pi^3 d D^5} \quad B = \lambda_1 Q_1 \frac{8Q_{aral}^2(\pi - \theta)}{\pi^3 D^5}$$

В четвертой главе диссертации под названием «Повышение эффективности трубопроводов, транспортирующих газожидкостной смеси путем снижения гидравлического сопротивления» разработаны методики определения объемов скоплений жидкости на нисходящем участке трассы газопровода. . На основе опыта эксплуатации газопроводов, транспортирующих газ с газоконденсатных месторождений, наибольшие перепады давления наблюдаются на сложных рельефных участках трассы, причем с течением времени этот перепад давления существенно увеличивается. Это связано со скоплением жидкости в низинных участках трассы. Данный процесс изучался в динамических условиях.

В разделе “Оценка объемов осадка (загрязнений) для утилизации при очистке газопроводов” была предпринята попытка определить степень загрязнения жидкостью реальных процессов, происходящих во внутренней полости газопровода. Наличие в газопроводах больших объемов жидкости и жидких загрязнений приводит к образованию двухфазных газожидкостных смесей, гидродинамика которых является основой определения их объемов. Результаты лабораторных и полевых исследований показали, что в процессе эксплуатации жидкости и жидкие загрязняющие вещества скапливаются через динамические слои жидкости. Для нисходящих участков газопроводов сечение, занимаемое жидкими загрязняющими веществами, пренебрежимо мало. При этом коэффициенты гидравлического сопротивления для нисходящего и восходящего участков трассы существенно различаются.

Суммарное количество занятых жидкостью и жидкими загрязняющими веществами восходящих участков газопровода может быть определено следующим уравнением (14) с учетом некоторых изменений.

$$V_{ifl} = \frac{\pi D^2}{4} (1 - \varphi_2) \frac{\sum_{i=1}^{i=n} H_i^*}{\sin \alpha} \quad (14)$$

Здесь

$$\sum_{i=1}^{i=n} H_i^* \frac{(P_1^2 - P_2^2) - \frac{16\lambda_2 G_2^2 z R_2 T}{g \pi^2 D^5} \sum_{i=1}^{i=n} \ell_i + \frac{2p_{ort}}{z R_2 T} - \sum_{i=1}^{i=n} (N^- - N^+)}{2(1 - \varphi) r_{ort} (\gamma_1 - \gamma_2)} \quad (15)$$

где γ_2 — относительная плотность газа. Учитывая коэффициент гидравлической эффективности трубопровода $E = \sqrt{\lambda_2 / \lambda_{ha}}$, получаем следующее выражение

$$V_{ifl} = \frac{\pi D^2}{4} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\ell_i^*}{N_i^*} \frac{\{(P_1^2 - P_2^2)(1 - Ye^2) - 2\gamma_2 \sum_{i=1}^{i=n} (N^* - N^-) p_{ort}\}}{2(\gamma_1 - \gamma_2) p_{ort}} \quad (16)$$

Важнейшим вопросом при эксплуатации газопровода является определение оптимальной периодичности очистки его внутренней полости. В процессе эксплуатации газопровода снижается гидравлическая эффективность, что увеличивает перепад давления и влияет на его проходимость. Однако нередко встречаются случаи, когда проходимость газопровода поддерживается на оптимальном уровне, соответствующем проектной эффективности. В практике эксплуатации магистральных газопроводов для оценки гидравлического состояния применяется коэффициент гидравлической эффективности E

$$E = \sqrt{\lambda_2 / \lambda_{haq}} \quad (17)$$

где λ_2, λ_{haq} - теоретические и фактические коэффициенты гидравлической эффективности газопровода соответственно.

Снижение эффективности компенсируется увеличением степени сжатия на компрессорных станциях. Методика определения оптимальной периодичности очистки внутренней полости магистрального газопровода основана на нахождении экстремальных точек функционала удельных относительных затрат на транспортировку газа. Кроме того, можно определить затраты на строительство и эксплуатацию очистных сооружений и на этой основе рассчитать рабочую мощность компрессорной станции. Эти связи и математические уравнения подробно представлены в разделе 4.3 диссертации.

Изменение гидравлического сопротивления трубопровода относительно проектного характеризуется коэффициентом эффективности. Коэффициент эффективности E также показывает изменение пропускной способности трубопровода.

В разделе 4.4 диссертации описан метод определения коэффициента эффективности линии трубопровода. Представлена зависимость мощности, необходимой для транспортировки газа, от коэффициента эффективности газопроводов. То есть,

$$N_e = \frac{m\lambda_{\text{loy}}}{\eta_{\text{ad}}\eta_{\text{mex}}} \frac{z_m^2 R_g^2 T_m^2}{P_m^2} \frac{M_g^3 L}{E^2 D^5} \quad (18)$$

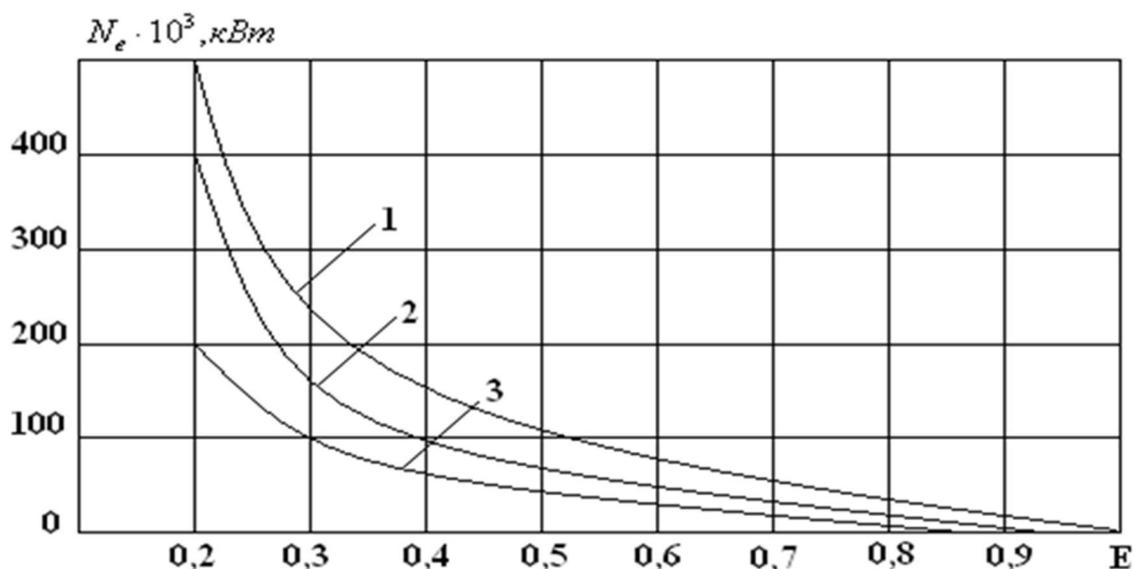


Рис.5. Зависимость необходимой мощности для транспортировки газа от коэффициента КПД газопроводов разного диаметра: 1 - 1420 мм; 2 - 1220 мм; 3 - 1020 мм

При $E = 1 \div 0,7$ мощность также изменяется примерно прямо пропорционально. Дальнейшее уменьшение коэффициента эффективности способствует резкому увеличению потребной мощности и при значении $E = 0,1 \div 0,2$ также приближает ее к бесконечности и, т.е. характеризует процесс закупорки газопроводов (см.рис.5).

В разделе 4.5 диссертации представлены **результаты экспериментальных исследований, проведенных на скважине №289, принадлежащей Шуртанскому нефтегазодобывающему управлению.** Для проверки надежности и точности наших теоретических исследований в качестве объекта исследования была выбрана скважина №289 Шуртанского нефтегазодобывающего управления и ее трасса до газосборного коллектора протяженностью 747 м, проходящая по неровной местности рельефа. По всей протяженности трассы проведена геодезическая съемка с использованием GPS, электронных тахеометров и металлоискателей, построен продольный профиль трассы. Выявлены разницу высот местности, углы спуска и подъема, характерные точки поворота используемой в теоретических исследованиях. Непрерывные измерения перепада давления по длине трассы проводились в течение месяца с помощью счетчика газа «Метран 150», установленного на устье скважины и в месте присоединения трубопровода к коллектору. В этом случае изменения давления и температуры в скважине и на месте сбора газа (коллекторе) измерялись в течение трех периодов суток: 8^{00} , 13^{00} и 20^{00} . В течение периода наблюдений суточное изменение давления в устье скважины составило около 19,6-58,8 кПа, а внутренняя температура газа оставалась постоянной (см. рис. 6).



Рис. 6. График изменения во временном интервале устьевого давления скважины №289

На основе характеристик точности измерений датчика исследовано влияние жидких суспензий в газовом потоке на точность показаний расходомера.

В разделе 4.7 диссертации представлен алгоритм и структурная схема гидравлического расчета рельефных трубопроводов, транспортирующих газожидкостную смесь, в которой подробно описаны гидравлические процессы, происходящие на нисходящем и восходящем участках трубопровода, а также последовательность их расчета. Используя уравнения, разработанные на основе зависимости потери давления и изменения структуры потока от параметров потока при движении двухфазной среды, состоящей из потоков газа и конденсата в трубопроводе, удалось рассчитать скорость, расход и структуру потока смешанного течения в различных режимах с использованием программы «Python 3.8.3 shell», разработанной для компьютера.

ВЫВОДЫ

1. Анализ литературы показал, что гидродинамические параметры потока газожидкостной смеси изучались в основном для магистральных труб, а движение смеси в промысловых рельефных трубопроводах малого диаметра изучено слабо.

2. Усовершенствован метод расчета теоретических и эмпирических связей между гидравлическими параметрами движения смеси в трубопроводе с учетом направления газожидкостного потока в трубопроводе. Также установлено, что угол подъема и опускания трубы относительно горизонта существенно влияет на параметры режима работы трубы.

3. Усовершенствован метод определения потерь давления газожидкостной смеси в трубопроводах при кольцевой структуре. Показано, что толщину жидкой

пленки на внутренней стенке трубы можно определить по средней скорости газа и расходу потока газа.

4. Установлено, что в условиях, когда доля газа в смеси достаточно велика ($1 > \beta \geq 0,95$), при движении потока вверх структура всегда является пробковой, а при движении вниз она сначала переходит в кольцевой, а затем в слоистый режим в зависимости от длины трубы.

5. Разработаны новые формулы для расчета потерь давления в слоистой структуре течения газожидкостной смеси в горизонтальных (3.5.10) и рельефных (3.6.1) трубопроводах.

6. С целью определения объема скопления жидкости в нижней части трассы газопровода проведены исследовательские работы и установлена зависимость объема скопления жидкости от времени при различных скоростях потока газа, а также разработан аналитический метод определения объема отложений (загрязнения).

7. Установлено, что гидравлическое состояние газопроводов существенно влияет на энергопотребление компрессорных станций, снижение коэффициента полезного действия линейного участка газопровода на 10% от проектного коэффициента приводит к увеличению мощности на 20,3% при сохранении его пропускной способности.

8. Предложен критерий определения структуры потока на рельефных участках трубы в условиях, когда концентрация жидкости в смеси значительно меньше, чем у газа, а также разработан метод определения величины потерь давления на рельефных участках трубы с помощью программы “Python 3.8.3 Shell”.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC
DEGREES PhD.04/30.04.2021.T.111.04 AT
KARSHI STATE TECHNICAL UNIVERSITE**

KARSHI STATE TECHNICAL UNIVERSITE

AVLAKULOV ABDIMAJIT MEYLIEVICH

**IMPROVEMENT OF THE HYDRAULIC CALCULATION OF
TRANSPORTATION OF HIGH-GAS MIXTURES THROUGH
PIPELINES PASSING THROUGH THE TERRAIN**

05.09.07- Hydraulics and Engineering hydrology

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

Karshi – 2025

The theme of doctoral dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under B2025.2.PhD/T5537

The dissertation was completed at the Karshi state technical university

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific council (www.kstu.uz) and on Information and educational portal "ZiyoNet" at the address (www.ziynet.uz)

Scientific advisor:

Eshev Sobir Samatovich
doctor of technical science, professor

Official opponents:

Uralov Bakhtiyor Rakhmatullaevich
doctor of technical science, professor

Leading organization:

Razhbov Ulugbek Mamashoevich
doctor of philosophy in technical sciences,
associate professor
**Samarkand state university of architecture
and construction**

The defense of the thesis will be « 17 07 2025 at 15⁰⁰ hours at the meeting of the of the scientific council awarding of the scientific decrees .04/30.04.2021.T.111.04 at the Karshi state technical university (Address: 180100, Karshi city, Mustaqillik street, 225. Phone: (+99875) 221-09-23 fax: (+99875) 224-13-95 e-mail: kstu_info@edu.uz, kstu@kstu.uz)

The doctoral dissertation can be found at the Information-resource center of the Karshi state technical university (registration number №) (Address: 180100, Karshi city, Mustaqillik street, 225. Phone: (+99875) 221-03-77 e-mail: arm.kstu.uz)

Abstract of dissertation was sent "05" 07 2025

(Register of the distribution protocol № 1 from "03" 07 2025



R. Khuzhakulov
Chairman of the scientific council awarding
scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

Sh.A. Latipov
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
philosophy in technical sciences, docent

U.U. Jonkobilov
Chairman of the akademik seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract dissertation of doctor of (PhD) philosophy)

The purpose of the research is to improve hydraulic dependencies that take into account pressure losses in the layered structure of the flow, based on the study of hydraulic processes caused by the joint movement of gas and liquid in relief pipelines.

The object of research. A section of the route from well No. 289 to the gas collection point belonging to the Shurtan Oil and Gas Production Department was selected.

The scientific novelty of the research is as follows:

- the method of calculating pressure losses in horizontal and relief pipelines has been improved, taking into account various flow structures of gas-liquid mixtures;

- a new dependence has been formed, which improves the method of hydraulic calculation for determining the pressure drop, taking into account the thickness of the liquid film in the mode of combined motion of the liquid film and gas pipes in the ring structure;

- a mathematical model has been developed that combines the flow structure and hydraulic properties of the flow into a single system for calculating pressure losses during the movement of a gas-liquid mixture in relief pipelines, which are the main element of the gas collection system;

- the method of hydraulic calculation of pipelines transporting gas-liquid mixtures with low liquid content in mining conditions has been improved, as well as the method of determining the volume of collected liquid and the frequency of its cleaning, taking into account the specific features of the terrain.

Implementation of research results. Based on research to improve the hydraulic calculation of the transportation of highly gas-containing mixtures through pipelines passing through the area:

preliminary requirements for the efficiency of pipelines carrying a gas-liquid mixture that passes over the terrain have been approved (Reference OP 02/BO-4870 dated December 20, 2024 of the Shurtan Oil and Gas Production Department). As a result, a 20.3% improvement in capacity was achieved while maintaining throughput even with a 10% decrease in the efficiency of the gas pipeline compared to the design indicator;

to increase this coefficient to 70%, an optimal frequency is introduced for the cleaning process (Reference OP 02/BO-4870 dated December 20, 2024 of the Shurtan Oil and Gas Production Department). As a result, it is possible to reduce the energy consumption required for gas transportation through pipelines by 20%;

during the joint operation of wells and gas collection networks, the flow modes formed inside the pipes are alternated (Reference OP 02/BO-4870 dated December 20, 2024 of the Shurtan Oil and Gas Production Department). As a result, it was scientifically proven that when the pipe slope is 10^0 , the accumulation of liquid in a volume of 100 cm³ reduces the gas flow rate by 5-7% and at the same time increases the energy consumption of the compressor station by 2-3%.

Approbation of research results. The results of this study were discussed at 2 international and 1 national scientific and practical conferences.

Publication of research results. On the topic of the dissertation, 20 scientific works have been published. Of these, 1 textbook, 7 articles in journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, including 6 articles in foreign (one article in a journal with a high impact factor) and 2 articles in collections of international conferences, a certificate from the Intellectual Property Agency was received for 4 computer programs.

Structure of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 107 pages.

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

I bo'lim (I част; part I)

1. Ermatov N.X., Avlakulov A.M., Ashurov M.X.. Neft-gaz tizimidagi metall jihozlar korroziyasini analitik baholash. INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR jurnali. №4(33).2019. 15-21 b. (05.00.00. №38)

2. Эрматов Н.Х., Авлакулов А.М., Мухаммадиев Х., Ашууров М.Х. Уплотнения плотности сетки скважин на нефтегазовом месторождении Шуртепа. INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR jurnali. №1(41).2021. 18-22 b. (05.00.00. №38).

3. Эрматов Н.Х., Авлакулов А.М., Ашууров М.Х., Орипова Ш.К. Оценка эффективности разработки нефтяных объектов Ферганской впадины. INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR jurnali. №3(43).2021. 16-18 b. (05.00.00. №38).

4. Авлакулов А.М., Базаров О.Ш., Эшев С.С. Исследование совместного движения жидкой плёнки и газа. INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR jurnali. №4(52). 2023. 51-56 b. (05.00.00. №38)

5. Авлакулов А.М. Установление коэффициента эффективности трубопровода при транспортировке газа в газопроводах. INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR jurnali №1 (53). -Qarshi. -2023 y. -С.89-95. (05.00.00. №38)

6. Avlakulov A.M., Babajanova I.Y., Babajanov Y.T. Gorizontal quvurlardagi qatlamli gaz-suyuqlik arlashmasi oqimi. INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR jurnali. №2(54).2024. 77-82 b. (05.00.00. №38)

7. Авлакулов А.М., Авлакулов М., Хазратов А.Н. Установление расчётных параметров двухфазных течений в горизонтальном трубопроводе при расслоённой структуре потока // Miasto Przyszłości. Vol.54 (2024). pp.692-696. ISSN-L: 2544-980X. Impact factor 9,9

II bo'lim (II част; part II)

1. Авлакулов А.М., The efficiency of using horizontal wells at the South Kemachi field.. «Fundamental and applied research in the modern world» Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference Boston, USA 14-16 April 2021.

2. Avlakulov A.M., Samatov Sh.Sh. Elastik rejim nobarqaror filtratsiyasining ba'zi masalalari va ularning yechimlari. Neft va gaz sanoatida zamonaviy texnologiyalar va innovatsiyalar mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani. Qarshi, 2021 y.

3. Бекжонов Р.С, Авлакулов А.М., Саматов Ш.Ш. Технологический режим эксплуатации газовых скважин на поздней стадии разработки. Образование и наука в XXI веке. 31.05.2021й с.472-47.

4. Бекжонов Р.С, Авлакулов А.М., Саматов Ш.Ш. Предотвращение образования металлического потенциала на поверхности оборудования

газоконденсатных месторождений. Образование и наука в ХХИ веке. 31.05.2021. с. 893-898.

5. Bekjonov R.S., Mavlanov Z.A., Avlakulov A.M. Dependence of Oil and Gas Production Rate on the Formation Structure. Czech Journal of Multidisciplinary Innovations. Volume 13, January, 2023.

6. Nomozov B .Yu, Avlakulov A.M. Yuldashev J.B. “Mahalliy qarshiliklar hisobiga bosim yuqotilushini hisoblash dasturi” mobil ilova bo'yicha dastur. DGU № 30591 07.11.2023 y.

7. Avlakulov A.M. Gaz quvurlarida hosil bo'ladigan suyuqliklar va gazning birgalikdagi harakatlanish qonuniyatlarini o'rganish. Akademik Charjaw Abdirovtin tuwılǵanına 90 jıl tolıw múnásibetine baǵıshlangan “Házirgi zaman ilimi hám bilimlendiriwiniń áhmiyetli ashqalaları” atamasındaǵı xalıqaralıq ilimiy-ámeliy konferenciyası materialları toplamı. Nókis, 15-16 oktabr 2024 y. 328-331 b.

8. Avlakulov A.M. Quvurlar orqali gaz tashish jarayonida kuzatiladigan muammolar va ularning ayrim yechimlari. Neft, gaz va gazkondensatni qazib olish va tayyorlash jarayonidagi texnologik muammolarning innovatsion yechimlari mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjuman materialları toplamı. Buxoro – 14-15 noyabr, 2024 y.

9. Ermatov Navruz Xushmurodivich, Tog'aev Abror Ikrom o'g'li, Bobomurodov O'tkir Ziyodullaevich, Avlakulov Abdimajit Meylievich, Yuldoshev Jahongir Bahodir o'g'li “Yer osti gidravlikasi” fanidan amaliy mashg'ulotlarni hisob dasturi. DGU № 18985 31.10.2022 y.

10. Nomozov Baxtiyor Yuldashevich, Yuldoshev Jahongir Baxtiyor O'G'Li, Avlakulov Abdimajit Meyliyevich, Mahalliy qarshiliklar hisobiga bosim yuqotilishini hisoblash dasturi DGU 30591 06.12.2023 y.

11. Avlakulov Abdimajit Meyliyevich, Norinov Faxriyor Kurbonovich, Gazning eruvchanlik koeffitsientini aniqlash dasturi. DGU 34558 05.03.2024 y.

12. Avlakulov M., Avlakulov A.M. "Gorizontal quvurlardagi gaz-suyuqlik aralashmasi qatlamlangan oqimining gidravlik hisobi" mobil ilova bo'yicha dastur. DGU № 38662. 24.05.2024 y.

13. Avlakulov A.M. “Neft va gaz konlari geologiyasi” fanidan darslik. Qarshi, “INTELLEKT” nashriyoti, 2023 y. (Guvohnoma № 68-298 2023 y.)

Avtoreferat “INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR” ilmiy-texnik jurnali
tahririyatida tahrirdan o‘tkazilgan va uning o‘zbek, rus, ingliz (rezyume) tillaridagi
matnlari mosligi tekshirilgan

Bosishga ruxsat etildi _____ yil
Bichimi 60x45 1/8 . «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3. Adadi _____ Buyurtma № _____
QarDTU bosmaxonasida chop etildi.
Qarshi shahri, Mustaqillik shox ko‘chasi, 225-uy.