

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

əlyazması hüququnda

KARBOHİDROGENLƏRİN NƏQLİ VƏ SAXLANMASININ ENERJİYƏ QƏNAƏTLİ, SƏRVƏTQORUYUCU ÜSUL VƏ TEKNOLOGİYALARI

İxtisas: **3354.01** - «Neft və qaz kəmərlərinin, bazalarının və
anbarlarının tikilməsi və istismarı»

Elm sahəsi: Texnika elmləri

Elman Xeyrulla oğlu İskəndərov

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim
edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2021

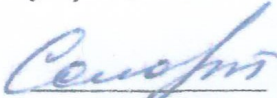
Disertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Neftin, qazın nəqli və saxlanması” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: Texnika elmləri doktoru, professor
H.F. Mirələmov

Rəsmi opponentlər: AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor **Q.İ.Calalov**
Texnika elmləri doktoru, professor
S.R. Rəsulov
Texnika elmləri doktoru, professor
N.B.Ağayev
Texnika elmləri doktoru, professor
A.H. Rzayev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya şurası


Dissertasiya şurasının sədri:


(imza)

AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor

T.Ş.Salavatov

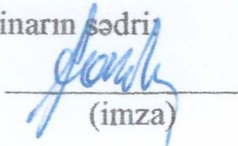
Dissertasiya şurasının elmi katibi: Texnika üzrə fəlsəfə doktoru,


(imza)

dosent

Y.Y. Şmonçeva

Elmi seminarın sədri:


(imza)

Texnika elmləri doktoru, professor

S.R. Rəsulov

İŞİN ÜMUMİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. “Əsrin müqaviləsi” imzalandığı gündən ötən müddətdə Xəzər dənizi akvatoriyasında böyük məhsuldarlıqlı yataqların istismara verilməsi Azərbaycanın artan enerji potensialını dünyaya nümayiş etdirməklə ölkəmizin daha da sürətlə inkişaf etməsinə xidmət göstərir. 1990-ci illərin sonlarında həyata keçirilmiş tədbirlər və 2000-ci illərin əvvəllərində “Bakı-Tiblisi-Ceyhan”, “Bakı-Tiblisi-Ərzurum” neft və qaz kəmərlərinin istismara verilməsi, “Şahdəniz” qaz, “Azəri-Çıraq” neft, “Ümid” qaz-kondensat yataqlarının işlənməsi, “Cənub” qaz dəhlizi layihəsi çərçivəsində TANAP və TAP layihələrinin icra edilməsi Azərbaycanı Avropa məkanında neft-qaz ixrac edən ölkəyə çevirmişdir.

Qaz əsri elan edilmiş XXI əsrə həm də böyük qaz müqavilələri ilə daxil olan Azərbaycanın Xəzər dənizinin dərin su hövzələrində aşkar edilmiş və ediləcək iri miqyaslı qaz və qaz-kondensat yataqlarının səmərəli şəkildə mənimsənilməsi, qaz nəqli sistemlərinin təhlükəsiz və etibarlı işinin təşkilindən çox asılıdır. Qaz və qaz-kondensat yataqlarının mənimsənilməsi zamanı qazın hazırlanması və nəqli ilə bağlı qəbul edilən texniki qərarlar üçün əsas meyar qaz kəmərlərinin iş rejiminə qoyulan tələblərdir. Boru kəmərlərinin əsaslandırılmış diametrinin düzgün seçilməsi də çox vacibdir. Diametrin böyük qəbul edilməsi əlavə xərclərin yaranmasına və boru kəmərinə korroziya-eroziya dağılmalarının baş verməsinə, kiçildilmiş qəbul edilməsi isə hasilat quyularının verimini məhdudlaşdırmaqla yanaşı, həm də təzyiq (enerji) itkisinin artmasına səbəb olacaqdır. Digər tərəfdən kondensləşəbilən qazların müəyyən quyuəğzi təzyiq altında nəql məsafəsinin məhdud olması nəzərə alınmadıqda qaz kəməri kondensatla (maye ilə) dolur və qazın nəqli çətinləşir. Odur ki, texnoloji avadanlıqlar və boru kəmərləri elə seçilməlidir ki, yatağın işlənməsinin bütün mərhələlərində quyu məhsullarının hasilatını həyata keçirmək mümkün olsun.

Azərbaycanın təsdiqlənmiş qaz ehtiyatları (son məlumata görə 2,6 trilyon m³) son hədd deyildir (bir çox yataqlarda qiymətləndirmə işləri davam etdirilir, bəzi yataqlarda isə kəşfiyyat işləri aparılır), onda resursların daha da artacağı gözləniləndir. Ona görə də marşrutların şaxələndirilməsi, karbohidrogen resurslarının nəqli və saxlanması kompleksinin fəaliyyətinin etibarlılığı enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasının əsas şərtlərindən biridir.

Karbohidrogenlərin nəqli və saxlanması zamanı onların fiziki-kimyəvi və reoloji xüsusiyyətlərindən yaranan mürəkkəbləşmələr nəticəsində yığım-nəql sistemində baş verən qəzalar qiymətli xammalın itkiləri ilə yanaşı, həm də ətraf mühitin ekoloji durumuna xələl gətirir. Baş verən qəzaların nəticələrinin və ətraf mühitə dəyən ziyanın aradan qaldırılması, nəql sisteminin normal fəaliyyətinin bərpa edilməsi isə əlavə maliyyə resurslarının sərf olunmasını tələb edir. Beləliklə, həm karbohidrogen itkiləri baş verir, həm ətraf mühit çirkləndirilir, həm də əlavə maliyyə vəsaitlərinin xərclənməsi hesabına maya dəyəri artır. Digər tərəfdən, itkilər hesabına nəzarət-ölçü sistemində baş verən problemlər nəticəsində nəql olunan məhsulun miqdarında disbalansın yaranması “istehsalçı”–“istehlakçı” münasibətlərində müqavilə öhdəliklərinin pozulması ilə nəticələnir.

Təhlillər göstərir ki, bir çox hallarda karbohidrogenlərin yığılması, nəqlə hazırlanması və saxlanması zamanı baş verən çətinlik və mürəkkəbləşmələr onların çoxkomponentli və çoxfazlılığı, həmçinin struktur quruluşu ilə bağlı olur. Multifazlı karbohidrogen qarışıqlarının boru kəmərlərində hərəkəti zamanı faza çevrilmələri (neftdən qazın ayrılması, qazdan kondensatın (mayenin) düşməsi, struktur dəyişiklik hesabına 3-cü bərk fazanın-parafin, hidrat çöküntülərinin yaranması) və anomal reofiziki xüsusiyyətlərə malik su-neft və su-kondensat emulsiyalarının yaranması prosesləri baş verir. Əmələ gələn heterogen qaz-maye qarışıqları reoloji və fiziki-kimyəvi xassələrinə görə ilkin komponentlərdən qeyri-additiv fərqlənməklə bərabər karbohidrogenlərin yığımını, nəqli və saxlanması sistemlərinin işinə də çox ciddi təsir göstərir. Beləliklə,

enerji xərclərinin artması, həmçinin qəza mürəkkəbləşmələrinin baş verməsi ehtimalı çoxalır. Bütün bunlar, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, karbohidrogen itkiləri və ekoloji məsələlərlə sıx bağlı olduğundan xeyli praktiki əhəmiyyət və aktualıq kəsb edir.

İşin məqsədi. Karbohidrogenlərin yığılması, nəqli və saxlanması zamanı texnoloji proseslərin səmərəliliyini artırmaq üçün enerjiyə qənaətlı, sərvətqoruyucu üsul və texnologiyaların işlənməsi.

Tədqiqatın əsas məsələləri:

- Karbohidrogenlərin nəqli və saxlanması zamanı itkilərin, o cümlədən faza çevrilmələrindən yaranan itkilərin hesablanması və azaldılması yollarının təhlili;

- Dəniz şəraitində qazların nəqlə hazırlanması texnologiyalarının təhlili;

- Qaz kəmərlərində hidrata və korroziyaya qarşı sinergetik kompozit sistemlərin tətbiqi;

- Sualtı kəmərlərin dik borularından karbohidrogen sızmalarının qiymətləndirilməsi;

- Qaz kəmərlərindən mayələrin çıxarılması üçün axın aparatları sinfinə aid tərtibatın işlənməsi;

- Multifazalı qaz kəmərlərində hidrodinamik korroziya problemlərinin tədqiqi;

- Karbohidrogen qarışıqlarının sulaşma dərəcəsinin təyini;

- Qaz-kondensat qarışıqları üçün qaz kəmərlərinin hidravlik hesablanması təkmilləşdirilmiş metodikasının işlənməsi;

- Qaz kəmərlərinin istismar göstəricilərinin klaster təhlili;

- Qaz kəmərlərində iş rejimlərinin dəyişməsinin süni neyron texnologiyaları əsasında diaqnostikası;

- Qaz kəmərlərinin daxili vəziyyətinin diaqnostikası üsulunun işlənməsi;

- Qaz qarışıqlarının nəqli zamanı struktur dəyişiklərin diaqnostikası;

- Multifazalı boru kəmərlərinin sərf (hidravlik) xarakteristikalarının diaqnostikası üsulunun işlənməsi;

- Multifazalı axınlarda təzyiq döyüntülərinin tənzimlənməsi üsulunun işlənməsi;

- Qazın nəqli və saxlanması sisteminin işinin elektrik analogiyası əsasında təhlili.

Tədqiqat üsulları. Dissertasiya işində qoyulmuş məsələlərin həlli nəzəri və təcrübi yolla, karbohidrogenlərin yığılması, nəqli və saxlanması sistemlərində faktiki istismar göstəricilərinin, həmçinin karbohidrogenlərin qarışması ilə bağlı təcrübi məlumatların emalı əsasında, riyazi-statistika üsulları, standart laboratoriya avadanlıqları, kompüter və proqram vasitələrindən istifadə etməklə həyata keçirilmişdir.

Tədqiqatın elmi yenilikləri:

- İstismar göstəriciləri və nəql olunan qazın tərkibinə görə qaz kəmərlərinin daxili vəziyyətinin diaqnostikası üsulunun işlənməsi;

- Klaster təhlili əsasında qaz kəmərlərinin istilik-mühafizə qatının keyfiyyətinə nəzarət üsulunun işlənməsi;

- Qaz-kondensat qarışıqlarının nəqli üçün boru kəmərinin optimal diametrinin və maksimal nəql məsafəsinin seçilməsi metodikasının işlənməsi;

- Multifazalı yığım-nəql boru kəmərlərində korroziya-eroziya proseslərinin hidrodinamik tənzimlənmə üsulunun işlənməsi;

- Qaz kəmərlərinin iş rejimlərinə süni neyron texnologiyaları əsasında operativ nəzarət üsulunun işlənməsi;

- Multifazalı boru kəmərlərinin sərf (hidravlik) xarakteristikalarında stabil və qeyri-stabil zonaların təyini üsulunun işlənməsi.

Müdafiə olunan əsas müddəalar:

- Qaz kəmərlərinin texnoloji vəziyyətinin diaqnostikası üsulu;

- Qaz-kondensat qarışıqlarının nəqli üçün innovativ texnologiya;

- Multifazalı boru kəmərlərində korroziya-eroziya proseslərinin hidrodinamik tənzimlənmə üsulu;

- Multifazalı qaz kəmərlərinin işinə süni neyron texnologiyalarına əsaslanan nəzarət üsulu;

- Multifazalı axınlarda qeyri-stabil sərf xarakteristikalarının diaqnostikası üsulu.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işi qazların nəqli və saxlanması zamanı karbohidrogen itkilərinin azaldılması, nəql sisteminin işinin etibarlılığını və səmərəliliyini artırmaq məqsədilə istismar məlumatları əsasında nəzarət-diaqnostika və baş verən mürəkkəbləşmələrin aradan qaldırılması üsullarının işlənməsinə həsr olunduğu üçün praktiki əhəmiyyətə malikdir. İşdə təklif olunan üsullar elmi-tədqiqat və layihə institutları, istehsalat müəssisələri tərəfindən yığım-texnoloji və magistral qaz kəmərlərinin layihələndirilməsi və istismarı zamanı geniş istifadə oluna bilər. İşlənən üsullar, hərəkət rejimindən asılı olmayaraq, qaz kəmərlərinin daxili vəziyyətinin dəyişməsi və qaz sızma hallarını təyin etməyə, baş verən mürəkkəbləşmələri operativ aradan qaldırmağa imkan verəcəkdir.

İşin nəticələrinin aprobeşiyası və tətbiqi. Dissertasiyanın əsas müddəaları ADNSU-nun “Neftin, qazın nəqli və saxlanması” kafedrasının iclaslarında; “Xəzərneftqazyataq-2016” Beynəlxalq elmi-təcrübi konfransında (Bakı, 2016); İsrafil Quliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Dəniz neft və qaz yataqlarının işlənməsinin aktual problemləri” konfransında (Bakı, 2017), “Геология и углеводородный потенциал Балкано-Черноморского региона” V Beynəlxalq elmi-texniki konfransında (Varna, Bolqarıstan, 2017), “Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых запасов углеводородов” Ümumrusiya elmi-texniki konfransında (Uhta, Rusiya, 2017), “Достижения проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли” Beynəlxalq elmi-təcrübi konfransında (Almetevsk, Rusiya, 2017), “Рассохинские чтения” Beynəlxalq konfransında (Uhta, Rusiya, 2018), Akademik A.X. Mirzəcanzadənin 90 illiyinə həsr olunmuş “Modern problems of innovative technologies in oil and gaz production and applied

mathematics” Beynəlxalq konfransında (Bakı, 2018), «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» IX Beynəlxalq elmi-texniki konfransında (Novopolotsk, Belarusiya, 2018), Akademik M. Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” Elmi Konfransında (Bakı, 2018), “KazNİPİmunayqaz”ın 5 illiyinə həsr olunmuş «Состояние и перспективы эксплуатации зрелых месторождений» Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında (Aktau, Qazaxıstan, 2019), “Рассохинские чтения” Beynəlxalq konfransında (Ухта, Rusiya, 2019), On Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perceptions” 10-cu Beynəlxalq konfransında (Praqa, Çexiya, 2019) məruzə və müzakirə olunmuşdur.

Dissertasiya işində əksini tapan yeni üsul və texnologiyalar Azərbaycan Dövlət Neft Şirkətinin (SOCAR) Qaz İxrac İdarəsi və “Ümid-Babək Əməliyyat Şirkəti”ndə tətbiq edilmiş və bu barədə müvafiq aktlar və arayış alınmışdır.

İşin dərci. Dissertasiya işi üzrə 53 elmi iş, o cümlədən 2 monoqrafıya, 1 patent, 1 metodik rəhbərlik, 45 məqalə və 4 tezis dərc olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, nəticələr, 215 adda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və 59 şəkil, 29 cədvəl və əlavələr də daxil olmaqla ümumilikdə 368270 işarədən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə işin aktuallığı əsaslandırılmış, məqsədi və həll olunmuş əsas məsələlər verilmiş, onun elmi yeniliyi, təcrübi əhəmiyyəti və müdafiə olunan müddəaları əsaslandırılmış, qısa şəkildə dissertasiyanın məzmunu verilmişdir.

Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məsələlərə aid elmi tədqiqat işlərinin müasir vəziyyəti dərinlən təhlil edilmişdir. Bu məqsədlə görkəmli akademiklər A.X.Mirzəcanzadə, M.T.Abbasov, X.B.Yusifzadə, tanınmış alimlər Ə.B.Süleymanov, E.E.

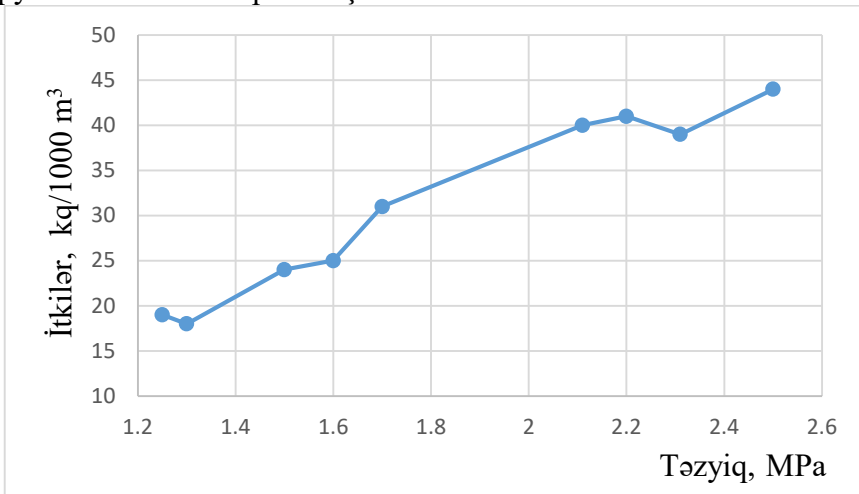
Ramazanova, R.S.Qurbanov, R.M.Səttarov, Q.Q. İsmayılov, T.Ş.Salavatov, Ə.R.Sadıxzadə, Z.Y.Abbasov, V.D.Aslanov, Q.İ.Calalov, A.M.Quliyev, R.A.Əliyev, B.Ə.Süleymanov, F.S.İsmayılov, T.M.Məmmədov, T.Ə.Səmədov, G.M.Pənahov, S.R.Rəsulov, N.B.Ağayev b. tərəfindən həyata keçirilmiş elmi-tədqiqat işləri, eyni zamanda xarici ölkələrin alimləri – N.M.Baykov, A.P. Babenko, K.S.Basniyev, T.M. Bekirov, E.B.Buxqalter, P.P.Borodavkin, A.İ.Qriçenko, O.V.Klapçuk, A.İ.Qujov, Y.P.Karatayev, Q.S.Lutoşkin, V.A.Mamayev, M.V.Lurye, A.L.Novikov, B.V.Pustovit, N.A.Svarovskaya, A.M.Şammazov, M.M.Xasanov, P.N.Baxtızin, V.T.Sitenkov, D.Çisxolm və b. əsərlərindən istifadə edilmişdir.

Birinci fəsil neftin və qazın yığılması, nəqli və saxlanması zamanı karbohidrogen itkilərinin (o cümlədən sızmalar və faza çevrilmələri hesabına) qiymətləndirilməsi və azaldılması yollarının təhlilinə həsr olunmuşdur.

Neftin və qazın texnoloji itki mənbələri göstərilmiş, mənbələr və obyektlər üzrə itkilərin təsnifatı verilmiş, baş verən itkilərin qazın yığılması, hazırlanması, nəqli və saxlanması prosesləri üçün istifadə olunan avadanlıqların və həmin sistemlərdə tətbiq edilən texnika və texnologiyaların müasir tələblər səviyyəsində olmaması ilə bağlı olduğu qeyd edilmişdir. Bu qurğu və avadanlıqların işinin qənaətbəxş olmaması səbəbindən emal olunan qazın tərkibində xeyli miqdarda maye faza (karbohidrogen kondensatı və su) qalır və qazla bərabər nəql sistemində ötürülür. Nəql zamanı ətraf mühitin termobarik təsirləri nəticəsində qazın termodinamik parametrlərinin dəyişməsi ilə onun tərkibində olan karbohidrogen kondensatı və su buxarlarının kondensləşərək maye halına keçməsi prosesi, yəni faza çevrilmələri baş verir ki, nəticədə qazın sıxlığı, komponent tərkibi dəyişir. Bu isə öz növbəsində təhvil verilən və qəbul edilən qazın miqdarı arasında fərq – disbalans yaranmasına səbəb olur. Faza çevrilmələri hesabına nəql sistemlərində baş verən qaz itkilərinin miqdarı ilin mövsümlərindən asılı müxtəlif olur.

Digər tərəfdən müəyyən termobarik şəraitdə “əks kondensləşmə” və “əks buxarlanma” kimi retroqrad hadisəsi də baş verə bilər. Yəni, təzyiğin çoxalması zamanı buxarlanma, azalması zamanı isə kondensləşmə prosesləri mövcud ola bilər. Yataqların tükənməyə işlənməsi zamanı istehsal olunan məhsulun tərkibi fasiləsiz olaraq dəyişdiyi üçün işlənmənin başlanğıcında təyin edilən maksimal kondensləşmə təzyiqi sonrakı dövr üçün kifayətedici olmaya da bilər. Bu zaman qazın temperaturunun aşağı düşməsi onu su buxarları və ağır karbohidrogenlərlə daha da zənginləşdirir. Qazda olan maye buxarlarının kondensləşməsi üçün əsas şərtin qazın buxarlarla doyma dərəcəsindən asılılığının olduğunu nəzərə alsaq, onda nəql zamanı təzyiq və temperaturun dəyişməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Nəql zamanı təzyiq və temperaturun dəyişməsindən asılı olaraq baş verən faza çevrilmələri karbohidrogen itkiləri ilə müşahidə olunduğundan həmin itkilərin qiymətləndirilməsi üçün yüksək və alçaq təzyiqli qaz kəmərlərindən götürülmüş qaz nümunələrinin fiziki-kimyəvi təhlili əsasında qaz “itkiləri”nin qiymətləndirilməsi aparılmışdır.



Şəkil 1. Qaz itkilərinin təzyiqdən asılılığı

Müəyyən edilmişdir ki, qaz “itkiləri” və çökən mayenin miqdarı təzyiqlin yüksək qiymətlərində daha çox olur (şəkil 1).

Aparılan təcrübələrin və hesablamaların nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, qazların nəqli zamanı tras boyu təzyiqlin düşməsi ilə karbohidrogenlərin kondensləşərək kəmərdə çökməsi hesabına qaz itkisi baş verir və bu itkilər kəmərin başlanğıcında, təzyiqlin yüksək olduğu hissəsində daha çox olur.

Qazın tərkibində olan mexaniki hissəciklərin də çökməsi, demək olar ki, maye fazanın çökməsinə uyğun olaraq baş verir.

Sualtı neft-qaz kəmərlərinin istismarı zamanı hansı səbəbdən baş verməsindən asılı olmayaraq sızma hallarının vaxtında aşkar edilməsi və aradan qaldırılmasının spesifik xüsusiyyətləri vardır. İstismar təcrübəsi göstərir ki, qəza hallarının daha çox baş verdiyi yerlər dik borularla kəmərin xətti hissəsinin birləşən hissələridir.

İlk öncə həmin birləşmə yerində yaranan deşikdən dik boruda olan mayenin quyuağzı ($H_{q.a.}$) və dənizin dərinliyi (H_d) sabit basqılar fərqi və dəyişən (azalan) basqılar fərqi altında axması halları (vaxtları) qiymətləndirilmişdir.

Hər iki halda uyğun olaraq dik borunun boşalması vaxtlarının (t və t_1) təyini üçün alınmış aşağıdakı riyazi ifadələrə əsasən hesablamalar aparılmış və müəyyən edilmişdir ki, kiçik sızma hallarında basqılı axınlar üçün karbohidrogen itkiləri sərbəst axınlarla müqayisədə təqribən 2 dəfəyədək çox olmaqla dəyişməyən dəniz dərinliyində quyuağzı basqının çoxalması ilə artır.

Dənizin dərinliyinin 0-a bərabər olan qiymətində maksimal qiymətə malik olur.

$$t = \frac{2D^2}{d^2\mu \cdot \sqrt{2g}} (\sqrt{H_{qa}} - \sqrt{H_d}) \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{V}{Q_{sız}} = \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{1}{\mu\sqrt{2g}} \cdot \left(\frac{H_{qa} - H_d}{\sqrt{H_{qa}}} \right) \quad (2)$$

Burada: μ – sərf əmsalı; d – sızma yerinin diametri; D – dik borunun diametridir.

Qazların yığılması, nəqli və saxlanması zamanı karbohidrogen itkilərinin azaldılması üçün ilk növbədə yeni, innovativ üsul və texnologiyaların işlənilib hazırlanması və tətbiqinin, həmçinin təbii qazların keyfiyyət göstəricilərini reqlamentləşdirən normativ sənədin-sahə standartının işlənilib hazırlanmasının vacibliyi göstərilmişdir. İstər qaz-kondensat yataqlarında, istərsə də yeraltı qaz anbarlarında nəqlə hazırlanan qazların keyfiyyət göstəricilərinin həmin sahə standartının tələblərinə uyğunlaşdırılmasının, həmçinin qazın texnoloji itkilərinin normalaşdırılması üzrə işlərin təşkil olunmasının vacibliyi qeyd olunmuşdur.

İkinci fəsildə dəniz şəraitində qazların yığılması və nəqlə hazırlanması üçün səmərəli üsul və texnologiyaların işlənməsinə həsr olunmuş tədqiqat işlərinin nəticələri öz əksini tapmışdır.

Məlum olduğu kimi, Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorunda karbohidrogen yataqlarının işlənilməsi əsasən dəniz özüllərindən qazılan quyular və çoxfazlı quyu məhsullarını nəql edən sualtı boru kəmərləri vasitəsi ilə həyata keçirilir. Dəniz yataqlarının işlənilməsi ilə bağlı çəkilən sualtı neft-qaz kəmərlərinin tərkib hissəsində dik borularda vertikal yuxarıdan aşağı və vertikal aşağıdan yuxarı hərəkət formaları mövcud olur.

Neftin və qazın tərkibində olan maye hissəcikləri (su, kondensat) bir tərəfdən kəmərin çökək hissələrində yığılır, en kəsik sahəsini kiçildir, kəmərin buraxma qabiliyyətini azaldır, digər tərəfdən isə metal boruların və avadanlıqların korroziyaya uğramasına səbəb olur. Yaranan ciddi problemlərin böyük qismi quyu məhsullarının yığılır və nəqli zamanı axınların çoxfazlılığı ilə yanaşı termodinamiki şəraitin dəyişməsilə də sıx surətdə bağlıdır. Dəniz mühitində nəql olunan məhsulun intensiv soyuması, drossellənməsi, fazalara ayrılması, o cümlədən axının istiqamətindən asılı olaraq, hərəkətin yaranan müxtəlif struktur formaları boru kəmərlərinin işinin səmərəliliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Buna baxmayaraq, bir çox hallarda obyektiv səbəblərdən quyu

məhsulları nəqlə hazırlıq mərhələsi keçmədən sualtı yığım xətləri ilə quyuağzı təzyiq altında bir özüldən digərinə və ya sahilə nəql olunur. Bu zaman əsas çətinlik və enerji (təzyiq) itkiləri maye-qaz qarışığının (neft-qaz-su, qaz-kondensat və s.) təbəqələrə (fazalara) ayrılmış hərəkət formasına uyğun axınlarda, əsasən trasın relyefinin horizontal və qalxan hissələrində mövcud olur ki, bu da həmin zonalarda maye fazasının toplanması və təzyiq itkisinin artmasına səbəb olur.

Dəniz mədənlərinin materikdən uzaqda yerləşməsi, ətraf mühitin nəmliyinin yüksək olması, stasionar özüllərdə ərazinin məhdudluğu, avadanlıq və boru xətlərinin quraşdırılmasında yaranan çətinliklər dəniz yataqlarının qaz nəqli sistemlərinin xarakterik xüsusiyyətlərindəndir. Hasil olunan qazın fasiləsiz və təhlükəsiz olaraq magistral qaz kəmərlərinə və sonra istehlakçılara verilməsi qazın hazırlanması və nəqli texnologiyalarının düzgün seçilməsindən çox asılıdır. Dissertasiyanın bu fəslində qazların yığılması və hazırlanması zamanı qarşıya çıxan problem və çətinliklərin aradan qaldırılması üçün beynəlxalq aləmdə və Respublikamızda neftqazçıxarmanın bu sahəsi üzrə tətbiq olunan texnologiyaların müqayisəli təhlilinə də yer verilmişdir.

Yataqların işlənməsinin hələ başlanğıc mərhələsində quyu məhsullarının hazırlanmasının texnologiyası seçilərkən əsas olaraq neftin hazırlanması prinsipləri qəbul edildiyindən yataqlarda qazın yığılması və hazırlanmasının mövcud normativ sənədlərin tələblərinə uyğun yerinə yetirilməsi üçün tələb olunan məsələlərin hamısını həll etmək, həmçinin maye və qaz fazalarının faktiki nisbətini təyin etmək mümkün deyil. Belə vəziyyətin yaranma səbəbləri aşağıdakılardır:

- yataqların kompleks layihə üzrə tikilməməsi;
- yeni yataqların istismara verilməsi ilə qazın yığılması və hazırlanması sistemlərinin genişləndirilməsi;
- ayrı-ayrı quyular üzrə quyu məhsullarının ölçülməsi üçün texniki və texnoloji imkanların olmaması;

- əksər hallarda qaz-kondensat quyularının məhsullarının yığılması və hazırlanmasının birgə həyata keçirilməsi.

İkinci fəslin 2-ci bölməsində mədən qaz kəmərlərinin hidrat əmələgəlmə və korroziyadan mühafizəsi məqsədilə sinergetik xüsusiyyətə malik olan kompozit sistemin hazırlanması və tətbiqi ilə bağlı materiallar öz əksini tapmışdır. Eyni bir əməliyyatla həm hidratin əmələ gəlməsi, həm də eroziya aşınması ilə mübarizə üçün işlənmiş kompleks təsirli kompozit inhibitor H.Z.Tağıyev adına NQÇİ-də qazın nəqlə hazırlanması zamanı tətbiq olunmuşdur. Nəql xətlərində aparılan tədqiqatların nəticələri göstərmişdir ki, yeni kompozisiya inhibitoru səmərəli qaz quruducusu olmaqla yanaşı metal boruların eroziyadan aşınmasının da məhdudlaşdırılmasına imkan verir. Beləliklə, yerli məhsullar əsasında hazırlanmış kompozit inhibitorun tətbiqi nəticəsində qurğuda qazın su buxarlarından qurudulması və zərərli komponentlərdən təmizlənməsi prosesləri həyata keçirilə bilər.

Nəql olunan qazın tərkibində maye fazasının mövcudluğu hesabına, həmçinin təzyiq və temperaturun dəyişməsi ilə baş verən faza çevrilmələri kəmərdə bir sıra texnoloji mürəkkəbləşmələrə yol açır. Bu zaman qaz kəmərlərinin buraxma qabiliyyəti azalır və kəmərdə hidrat əmələgəlmə üçün münbit şərait yaranır. Bu isə boruların daxili korroziyası, nəzarət-ölçü cihazlarının işinin pozulması və xeyli karbohidrogen itkilərinin baş verməsinə səbəb olur.

Tədqiqatlar göstərir ki, qazın tərkibində olan mayenin çökməsi, əsasən qazodinamik səbəblərə görə baş verir. Belə ki, bu halda separatora daxil olan maye fırlanma hərəkətinə məruz qalmaqla girişdən uzaqlaşdıqca radial maye axını yaranır və separasiya olunmuş qazla birlikdə sonradan nəql xətlərinə daxil olur.

Qazın nəqli zamanı boru kəmərinə düşən mayenin tərkibi onun necə yaranmasını müəyyən mənada xarakterizə edə bilər. Belə ki, separatoradakı mayenin tərkibi ilə boruda yığılan mayenin tərkibi eynidirsə, onda mayenin qaz xəttinə düşməsinə onun separatoradan mexaniki "qovulması" ilə izah etmək olar. Boru kəmərindeki

mayenin tərkibi yalnız yüngül fraksiyalardan və kondensləşmə sularından təşkil olunubsa, onda mayenin xəttə düşməsi digər səbəblə, yəni termodinamiki səbəblərlə izah edilməlidir. Ancaq onu da qeyd etmək lazımdır ki, boru xəttinə mayenin düşməsi bu səbəblərdən biri və ya hər ikisi ilə ola bilər.

Yüksək təzyiq altında ($P > 6$ MPa) qazın nəqli və separasiyası zamanı retroqrad hadisəsinin baş verməsi də kəmərdə maye fazasının yığılmasının 2-ci termodinamik səbəbinə aid edilə bilər. Retroqrad xüsusiyyəti yüksək təzyiqlərdə qaz anbarları, qaz kəmərləri və lay-quyu sistemində çoxkomponentli karbohidrogen qarışıqlarına xasdır.

Qaz kəmərlərindən mayelərin çıxarılması üçün təklif olunan boru tipli tərtibatın köməyi ilə nəql sistemlərinin işinə müdaxilə etmədən kəmərlərdə çökən mayeləri fasiləsiz olaraq çıxarmaqla qazların yığın və nəql sistemlərinin səmərəli işini təmin etmək olar. Bu iş eyni zamanda karbohidrogen itkilərinin azaldılmasına imkan verir. Bundan əlavə, təklif olunan qurğunun qiyməti eyni məhsuldarlıqla mövcud qaz hazırlama qurğularının qiymətindən kifayət qədər aşağıdır.

Nəql sistemlərinin fasiləsiz və stabil işini təmin etmək üçün yeraltı qaz saxlanma anbarlarında kifayət qədər qaz ehtiyatı yaradılmasının böyük əhəmiyyəti vardır. Yeraltı qaz anbarında lay təzyiqinin maksimal qiymətinə uyğun qaz saxlama rejiminin əldə olunması kompressorlar vasitəsi ilə yerinə yetirilir. Ona görə də qazın saxlanması prosesinin səmərəliliyinin artırılması yeni kompressor stansiyalarının tikilməsi və mövcud kompressor stansiyalarından səmərəli istifadə olunmasından asılıdır.

Yeraltı qaz saxlama anbarlarında qaz vurma və qaz götürmə proseslərinin effektivliyini şərtləndirən əsas göstəricilərindən biri sistemin ilkin parametrlərinin real şəraitə uyğun və düzgün seçilməsidir.

Mövsümlə əlaqədar olaraq həm sənaye, həm də məişət-kommunal sahələrinin qaz təchizatı qeyri-bərabər xarakter daşıyır və bu da, əsasən ilin müxtəlif mövsümlərində iqlim şəraitinin dəyişilməsindən irəli gəlir. Təbii qazın yanacaq-enerji kompleksində

paylanması mövsümdən asılı olan qeyri-bərabərliyi şəraitində qaz vurma və qaz götürmə proseslərinin səmərəliliyinin artırılması daha çox qaz anbarlarının aktiv qaz həcmələrinin sabilliyinin təmin olunmasından asılıdır.

Qeyd edildiyi kimi, strateji yanacaq növü sayılan təbii qaza olan ehtiyacın ciddi şəkildə artdığı müasir dövrdə yeni stansiyaların yaradılması ilə yanaşı mövcud kompressor stansiyalarından səmərəli istifadə olunması da böyük praktik əhəmiyyət daşıyır. Lakin kompressor stansiyalarında istismar olunan hər bir qazmotokompressorun (QMK) məhsuldarlığının ayrılıqda ölçülməsinin çətinliyi ayrı-ayrı QMK-ların və bütövlükdə kompressor stansiyasının iş rejiminə nəzarət edilməsində çətinliklər törədir. Bundan əlavə, QMK-ların, həmçinin bütövlükdə kompressor stansiyasının girişlərinin bağlanması (əlaqələndirilməsi) onların məhsuldarlığına da böyük təsir göstərir. Kompresor stansiyasının girişinə verilən səmt qazı vahid kollektorla ardıcıl olaraq paylanır. Təzyiqlər üzrə məlumatların təhlili göstərir ki, QMK-ların sorucu xətlərində olan öndə yerləşmiş QMK-lar onların sərf xarakteristikasından izafi basqı alır, bu cərgədə sonda yerləşmiş QMK-ların aldığı basqı isə onların normal işləməsinə kifayət etmir. Müvafiq olaraq, öndəki QMK artıq yüklənmə ilə işləyirsə, sonuncu tam gücü ilə işləyə bilmir. Belə şərait bütövlükdə kompressor stansiyasının işinə mənfi təsir göstərir.

Kompresor stansiyasına qazın verilməsinin ardıcıl və paralel sxemlərinin hər bir vurucu aqreqatın və ümumilikdə kompressor stansiyasının məhsuldarlığına təsirini kəmiyyətə qiymətləndirmək üçün işdə elektrik analogiyasından istifadə edilmişdir. Bu məqsədlə qazın qərarlaşmış axını üçün aşağıdakı enerji tənliyindən istifadə edilmişdir:

$$P_1^2 - P_2^2 = K \frac{L}{D^5} Q_{q.st.}^2 \quad (3)$$

Burada:

$$K = \left(\frac{4P_{st.}}{\pi T_{st.}} \right)^2 \cdot \frac{M}{R} \lambda_{or.} T_{or.} Z_{or.} \quad (4)$$

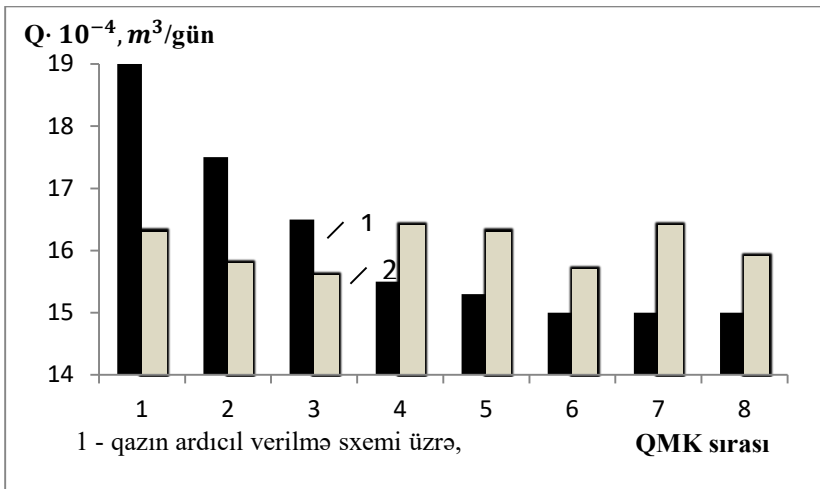
$P_{st.}$ və $T_{st.}$ - müvafiq olaraq standart şəraitdə təzyiq və temperatur; M - qazın molekulyar kütləsi; L və D – müvafiq olaraq boru kəmərinin uzunluğu və diametri; $Q_{q.st.}$ – standart şəraitdə qazın sərfidir.

Kirxhofun 1-ci və 2-ci qanunlarına əsasən isə (3) modelinə aşağıdakı identifikasiyalar tətbiq edilmişdir:

- Təzyiqin (P) gərginliklə (U):
- Qazın sərfinin kvadratının (Q^2) cərəyan şiddəti ilə (J);
- Qaz xəttinin hidravlik müqavimətinin ($K \frac{L}{D^5}$) elektrik müqaviməti ilə (R);

- QMK-ların giriş və çıxışları arasındakı təzyiqin kvadratları fərqi ($P_1^2 - P_2^2$) elektrik hərəkət qüvvəsi ilə (E).

Elektrik analogiyası əsasında qazın yeni, yəni paralel sxem üzrə QMK-lara verilməsi araşdırılmış və sərfələrinin qiymətləri hesablanmışdır. Hesablamaların nəticələri göstərmişdir ki, QMK-ların məhsuldarlığı təqribən eynidir. Qazın verilmə sxeminin kompressorların məhsuldarlığına təsiri şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Qazın verilməsinin QMK-ların məhsuldarlığına təsiri

Beləliklə, kompressor stansiyasının işi elektrik analogiyası əsasında təhlil edilmiş, qazın verilmə sxemi nəzərə alınmaqla kompressor stansiyasına daxil olan hər bir qazvuran aqreqatın məhsuldarlığı müəyyən edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, qazın kompressorların girişinə təklif olunan paralel sxem üzrə verilməsi həm qazın QMK-lar üzrə bərabər paylanmasına imkan verir, həm də onların faydalı iş əmsalını artırır. Bu, qazvuran aqreqatların məhsuldarlığına da böyük təsir göstərir.

İşin üçüncü fəsl karbohidrogenlərin nəqli və saxlanması proseslərində baş verən texnoloji çətinlik və mürəkkəbləşmələrin diaqnostikası və onların aradan qaldırılması üçün innovativ üsulların işlənməsinə həsr olunub. Xam neftlərin yığılması və nəqli sistemlərində mövcud olan əsas istismar çətinlikləri (parafin və duzun çökməsi, sızma halları, mexaniki qarışıq və havanın yığılması, kavitasiya hadisəsi, sulaşma və qarışma amilləri hesabına neftlərin reoloji xassələrinin pisləşməsi) təhlil olunub və qiymətləndirilməsi aparılıb.

Son illərin tədqiqatları göstərir ki, neftlərin sulaşması amili də yığım-nəql sistemində xeyli çətinliklər yaradır və enerji xərclərini artırır. Əsasən, temperaturun aşağı olduğu payız-qış aylarında sulaşmış neftlərin reoloji xüsusiyyətləri pisləşdiyi üçün nəql işində hətta dayanmalar baş verə bilər. Yüksək özlülüklü, anomal neft emulsiyalarının yığılması və nəqlə hazırlanması əlavə xərclərlə bağlı olur.

Neftlərin sulaşma dərəcəsinin həll olan qazın komponent tərkibinə təsirini statik şəraitdə öyrənmək üçün ayrı-ayrı həcm nisbətələrində olan su-maye karbohidrogen sistemlərində həll olmuş qazın komponent tərkibinin müxtəlif təzyiqlərdə dəyişməsi tədqiq edilmişdir. Laboratoriya sınaqları nəticəsində alınmış nəticələrin ekspert qiymətləndirilməsi üsulu ilə təhlili əsasında müəyyən edilmişdir ki, sulaşma dərəcəsinin qazın komponent tərkibinə olan təsiri mövcuddur və bu təsir qanunauyğunluqla baş verir. Bu isə öz növbəsində qazın tərkibinin dəyişilməsi dinamikasına görə neftin sulaşma dərəcəsinin diaqnostikasına imkan verir.

İşdə təcrübi sınaqlar yolu ilə su və neftin həcmi nisbətlərinin dəyişməsinin qazın komponent tərkibinə təsiri məsələləri araşdırılmışdır. Təcrübələr müəyyən ($10^{-4}M^3$) miqdarında mayenin həcmi $2 \cdot 10^{-3} m^3$ olan konteynerə doldurulması ilə, həm də suyun və neftin həcm nisbətlərini xarakterizə edən müxtəlif mərhələlərdə aparılmışdır. Neft modeli qismində dodekan ($C_{12}H_{26}$) seçilmişdir. Bu zaman suyun həcmninə neftin həcminə olan nisbətinin dəyişdirildiyi 4 sınaq keçirilmiş və sulaşma dərəcəsi $\beta_{su} = 0; 30; 50; 70\%$ qiymətlərini almışdır. Bütün sınaqlarda sistemin başlanğıc təzyiqi 12,8 MPa olmuşdur.

Sınaqlarda qaz fazası kimi tərkibi aşağıda göstərilmiş təbii qazdan istifadə edilmişdir: (% mol) : $C_1 - 95,57; C_2 - 2,75; C_3 - 0,75; C_{i4} - 0,13; C_{n4} - 0,22; C_{i5} - 0,09; C_{n5} - 0,08; C_6 - 0,07; C_7 - 0,02$ və $CO_2 - 0,32$. Konteynerdə qaz-su-neft sisteminin tarazlıq vəziyyətinin təmin olunması üçün hazırlanmış qarışıq bir gün ərzində başlanğıc təzyiqə bərabər olan “qaz papağı” təzyiqi ilə saxlanılmışdır. Sonra konteynerin boşaldılması aparıldığı üçün təzyiqin düşməsi baş vermişdir. Təzyiqin düşməsi ilə onun 12,0; 10,5; 9,0; 7,5; 6,0 MPa qiymətlərində konteynerin çıxışında qaz nümunəsi götürülmüşdür. Götürülən qaz nümunələrinin təhlili göstərmişdir ki, neftin sulaşmasının dəyişilməsi götürülən qazın ayrı-ayrı komponentlərinin miqdarının əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməsinə səbəb olur.

Qazlı neftlərin sulaşma dərəcəsinin diaqnostikası üçün həll olmuş qazın komponent tərkibinin dəyişilməsinə əsaslanan diaqnostika üsulu işlənmişdir. Qazın komponent tərkibinin dəyişməsi üzrə laboratoriya sınaqları zamanı alınmış nəticələrin ekspert qiymətləndirilməsi üsulu ilə təhlili əsasında müəyyən edilmişdir ki, sulaşma dərəcəsinin qazın komponent tərkibinə olan təsiri qanunauyğunluqla baş verir. Qazın komponent tərkibi əsasında işlənmiş klassifikasiya funksiyasının suyun miqdarının çoxalması ilə artması müəyyən edilmişdir. Beləliklə, qazın komponent tərkibinin dəyişmə dinamikasının təhlili nəticəsində su fazasının miqdarının qaz fazasının komponent tərkibinə və nəticə etibarlı ilə

klassifikasiya funksiyasına qanunauyğun təsiri aşkar olunmuşdur (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Sulaşmadan və təzyiqdən asılı olaraq ranqların dəyişməsi

Sulaşma, %	Təzyiq, MPa				
	12,0	10,5	9,0	7,5	6,0
	Ranq (R)				
0	17	17	17	17	16
30	19	20	18	19	22
50	24	24	22	22	27
70	25	25	26	26	29

Nəqləmə və marketinq sahəsi hesab edildiyi üçün qaz sənayesinin əsas problemi qaz ehtiyatı və hasilatının defisit olmasında yox, əsasən təbii qazın istehlakçıya nəqli zamanı mövcud olan çatışmazlıqlarla bağlıdır. Nəql sisteminin işinin səmərəli olması üçün qazlar mədəndə keyfiyyətli, texniki şərtlərə uyğun hazırlıq mərhələsi keçərək qurudulmalı, ağır karbohidrogen və aqressiv komponentlərdən təmizlənməlidir. Qazların nəqlə hazırlıq texnologiyası, həmçinin qiymətli xammal olan karbohidrogen kondensatının əmtəə məhsulu kimi istifadəsini və qazın monofazlı nəqlini də təmin etməlidir. Təhlil göstərir ki, kəmərlərin buraxma qabiliyyətinin azalmasının, istismar zamanı baş verən texnoloji çətinliklərin və nəticədə enerji məsrəflərinin artmasının əsas səbəbi nəql olunacaq qazların multifazlı olması, başqa sözlə, onların hazırlanması proseslərinin kifayət qədər mükəmməl olmamasıdır. Təkcə onu qeyd etmək kifayətdir ki, boru kəmərinin daxilində qazın tərkibindən kondensat və suyun kondensləşərək düşməsi ilə əlaqədar kəmərin buraxma qabiliyyəti 15 %-dən çox azala bilər.

Nəql olunan qazın keyfiyyətinə qoyulan tələblər keçmiş Sovetlər İttifaqının qaz sənayesində hələ XX əsrin 60-cı illərində tətbiq edilmiş və getdikcə təkmilləşdirilmişdir. Bu normativlər qaz xəttində olan başlanğıc və son təzyiqin maksimal qiyməti nəzərə alınmaqla kəmərin boyu hidrat əmələgəlməsi üçün əsaslandırılmışdır.

Bütün bunlarla yanaşı, qazın qurudulma dərinliyinin müəyyən edilməsi təkcə kəmərlərin boyu temperatur rejimi ilə deyil, həm də başlanğıc təzyiq, uzunluq, diametr, sürət, hidravlik itkilər, ən başlıcası, qazın drosselləşməsi ilə sıx bağlıdır.

Karbohidrogen qazların çıxarılması, yığılması, hazırlanması və nəqli-laydan məhsulun yer səthinə qaldırılması, separasiya məntəqələrinə yönləndirilməsi, təmizlənməsi və mədəndaxili nəql məsələləri ilə bağlı prosesləri özündə cəmləşdirən təbii və səmt qazları, lay suyu və mexaniki hissəciklərdən ibarət olan multifazlı qarışıqların hərəkətinə əsaslanır. Qazların multifazlılığı ilə bağlı yaranan mədən problemlərinə onların yığılması, hazırlanması və nəqli zamanı ayrı-ayrı qurğuların, texnoloji boru kəmərlərinin sıradan çıxması, qiymətli xammal itkisi, ətraf mühitin çirklənməsi və baş vermiş qəzaların nəticələrinin aradan qaldırılması üçün əlavə maliyyə resurslarının sərfi kimi halları daxil etmək olar.

Mürəkkəb şəraitlərdə (təzyiq və temperatur dəyişməsi, korroziyaya məruz qalma, vibrasiya və s.) istismar olunan qaz kəmərlərinin daxili səthində müxtəlif çöküntülər relyefdən asılı olaraq da yığılır və nəql sisteminin işini pisləşdirir.

İstismar prosesində qaz kəmərlərinin tıxaclarla tutulma hallarının baş verməsi, bir qayda olaraq aşağıdakı səbəblərlə bağlıdır:

- yığılan suyun kəmərdə donması;
- nəql zamanı faza çevrilməsi nəticəsində kondensatın çökməsi;
- hidrat çöküntülərinin əmələ gəlməsi.

Nəql olunan məhsulun multifazlı olması hesabına, başqa sözlə qarışıqda qaz və maye hissəciklərinin də mövcud olması nəticəsində mütəmadi şəkildə boru kəmərinin daxili səthində maye tıxaclarının yaranması və təzyiq döyüntüləri baş verir. Qeyd olunan özəlliklər qazların yığılması, hazırlanması və nəqli proseslərinin fərqli xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla texnoloji mürəkkəbləşmə və çətinliklərin aradan qaldırılması məqsədi ilə faktiki istismar məlumatlarının təhlilinə əsaslanaraq texnoloji proseslərin

səmərəliliyini artırmaq üçün yeni diaqnostika üsulları və texnologiyalarının işlənilib hazırlanmasını zəruri edir. İstismar məlumatlarının təhlili əsasında müəyyən edilmişdir ki, nəql parametrlərinin mütəmadi olaraq izlənməsi ilə yanaşı, qazın keyfiyyət göstəriciləri və komponent tərkibinin dəyişilmə dinamikasının da qaz kəmərinin uzunluğu boyu (giriş və çıxış da daxil olmaqla) elmi əsaslandırılmış təhlili nəticəsində kəmərin işinə daha keyfiyyətli nəzarətin aparılması imkanı əldə edilə bilər. Qaz kəmərlərinin maye fazanın çökməsinin baş verdiyi başlanğıcında və sonunda götürülmüş qaz nümunələrinin komponent tərkiblərinin arasında fərqin aşkar edilməsi deyilənlərə sübutdur. Beləliklə, nəql olunan qazın tərkibində maye fazanın mövcud olması, həmçinin axının təzyiq və temperaturunun dəyişməsi ilə bağlı yaranan faza çevrilmələri kəmərdə texnoloji mürəkkəbləşmələrə səbəb olur. Nəticədə kəmərin məhsuldarlığı xeyli azalır, hidrat əmələgəlməsi üçün şərait yaranır və borularda daxili korroziya yaranır, nəzarət-ölçü cihazlarının işi pozulur və xeyli karbohidrogen itkiləri baş verir.

Məlum olduğu kimi, təbii qazın qeyri-bərabər istehlakı onun saxlanması zərurətini yaradır. Belə ki, yay fəslində təbii qaza olan tələbat azalır və “artıq” qalan qaz anbarlara vurularaq qışda istehlakçılara verilir. Dünya təcrübəsində qazın saxlanması üçün yeraltı qaz anbarlarından (YQA) geniş istifadə olunur. Ölkəmizdə qazın istehsalının yüksək artımı ilə əlaqədar nəql sistemlərinin işinin səmərəliliyinin artırılması, qazın yeraltı anbarlarda (YQA) saxlanması və istismarı məsələləri xeyli əhəmiyyət daşıyır. Məlumdur ki, əhalini və sənaye müəssisələrini qazla fasiləsiz təmin etmək üçün qaz anbarlarının böyük əhəmiyyəti vardır. Hal – hazırda ölkəmizdə Qaradağ və Qalmaz kimi yeraltı qaz anbarları fəaliyyət göstərir. Anbara müxtəlif miqdarda qazın vurulması və götürülməsi ilə əlaqədar olaraq istismar olunan qaz kəmərlərində texnoloji çətinliklərin və qaz itkilərinin yaranması məlumdur. Qazın anbara vurulması və götürülməsi ilə bağlı təzyiq maksimal və minimal qiymətləri arasında dəyişir. Bu cür dəyişmələr (depressiya və repressiya) quyudibi zonasında gərginlik yaradır və onun intensiv

dağılmasına şərait yaradır. Odur ki, yeraltı anbarlardan qaz götürülməsi zamanı quyulardan intensiv olaraq qumların da çıxarılması baş verir. Təhlil göstərir ki, Qaradağ və Qalmaz YQA-dan qazın götürülməsi qumun çıxması ilə müşahidə olunur və sulaşmanın çoxalması və lay təzyiqinin azalması ilə daha da artmış olur. Qum təzahürlərinə qarşı çoxlu sayda texniki vasitələrin (süzgəclərin) və texnoloji proseslərin mövcudluğuna baxmayaraq, onların geniş tətbiqi mümkün olmamışdır. Qaz anbarlarında laydan quyu gövdəsinə qumun daxil olmasının qarşısını almaq üçün yeni konstruksiyalı QAQS-94 tipli quyu süzgəclərindən istifadə olunması tövsiyə edilmişdir. Bu tip süzgəcin istifadəsi quyudibi ətrafında lay strukturunun dağılmasının qarşısını almağa, istismar kəməri ilə süzgəcarxası fəzada çınqıl qatı yaratmaqla laydan quyu dibinə qazın hərtərəfli süzülməsinə imkan yaradır. Bu süzgəclər quyu dibində süzgəc arxasına çınqıl vurmada, həmçinin çınqıl vurmaqla quraşdırıla bilər. Çınqıl qatında kolmatasiya əmələ gələrsə, quyunun verimi azalır, boruların içərisindən kondensat və həlledici vurmaqla çınqıl qatının yuyulması, eləcə də lilləşdirmədən təmizlənməsi mümkündür.

İstismar məlumatlarına əsaslanaraq qaz kəmərlərinin texnoloji vəziyyəti araşdırılmışdır. Hələ ötən əsrin 70-80-ci illərində akademik A.X.Mirzəcanzadə və onun tələbələri tərəfindən qazın tərkibinə görə neftqazçıxarmada texnoloji proseslərə (lay rejimi, yatağın tipi, quyuların sulaşması və s.) nəzarət və onların diaqnositikası üsullarının işlənməsi yaxşı məlumdur.

Qaz kəmərlərinin etibarlı və təhlükəsiz istismarı üçün onların texnoloji vəziyyətinin vaxtında və düzgün qiymətləndirilməsi karbohidrogen itkilərini azaltmaq baxımından da çox sərfəlidir. Təhlil göstərmişdir ki, nəql parametrlərinə nəzarətlə yanaşı, qazın keyfiyyət göstəricilərinin və tərkibinin daim izlənilməsi əsasında qaz kəmərinin işinə keyfiyyətli və operativ nəzarətin səmərəliliyini də yüksəltmək olar. Başqa sözlə, qazın komponent tərkibinin və xassələrinin kəmər boyu necə dəyişməsi informasiya mənbəyi kimi istifadə edilə bilər. Müəyyən olunmuşdur ki, nəql olunan qazın

tərkibi kəmərdə suyun və maye karbohidrogenlərin əmələ gəlməsini proqnozlaşdırmaq üçün bir vasitə ola bilər. Qaz kəmərlərinin başlanğıcında və sonunda qazın komponent tərkibləri arasında əhəmiyyətli fərqin aşkar edilməsi yuxarıda deyilənləri təsdiq edir. C_{5+} , nəmlik, mexaniki qarışıqın miqdarı, qazın quruluşu – C_1/C_{2+} , şəh nöqtəsi kimi parametrlərin hətta indikator kimi istifadə olunmasının zəruriliyi müəyyən edilmişdir.

Təbii qazların, həmçinin səmt qazlarının nəqli zamanı, onların hazırlıq mərhələsini natamam keçməsindən asılı olaraq boru kəmərlərində su, kondensat kimi maye fazanın ayrılaraq çökməsi tez-tez müşahidə olunan istismar çətinliklərindəndir. Qeyd etmək lazımdır ki, maye fazanın çıxarılması, atılmasından sonra yığılma halının yeni tsikli də yarana bilər. Beləliklə, bir sıra hallarda boruların qalxan hissələrində mayenin sirkulyasiyası baş verir. Belə ki, qaz onu yuxarıya qaldırır, tarazlıq halı pozulan kimi yenidən separasiya baş verir və beləliklə mayenin çökməsi təkrarlanır. Qarşıdan gələn qaz yenə həmin mayeni və ya onun bir hissəsini axın boyu aparır və ya yuxarı qaldırır. Bu cür sirkulyasiya prosesi qazın nəqlinə lazım olan enerji xərclərini artırır. Odur ki, qazların və onların müxtəlif qarışıqlarının nəqli boru kəmərlərinin daxili vəziyyətinin düzgün qiymətləndirilməsi və əlavə enerji xərclərinin qarşısının alınmasını tələb edir.

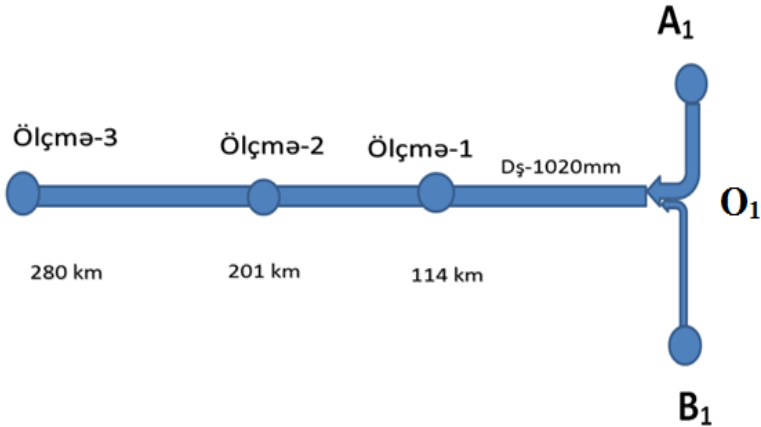
Qazların, o cümlədən onların müxtəlif qarışıqlarının nəqli zamanı struktur dəyişikliklərinin baş verməsini nəzərə alaraq, kəmərin texnoloji vəziyyətinin diaqnostikası üçün qazın komponent tərkibinin dəyişilməsinə əsasən kəmərin işinə nəzarət məqsədilə yeni innovativ üsulların işlənməsi məsələlərinə baxılmışdır.

Aparılan təhlillərdən aydın olmuşdur ki, həm təbii və səmt qazlarının (I variant), həm də iki ayrı-ayrı təbii qazın (II variant) iki variantda olan qarışıqlarının komponent tərkibinin zamandan asılı olaraq dəyişməsi fərqli olmuşdur (şəkil 3 və 4). Dəyişən parametrlərin içərisindən daha çox xarakterik dəyişikliyə uğrayan C_1 , C_3 , C_{5+} , CO_2 , N_2 və ρ_q kimi parametrlər üzrə rəng klassifikasiyası aparılmışdır. Bu məqsədlə 5 ballıq qiymətləndirmə üzrə intervalların

ranqları (R_i) qeyd edilmişdir. Baxılan hər iki variant üçün ayrı-ayrı məntəqələr üzrə $C_1, C_3, C_{5+}, CO_2, N_2$ və ρ_q parametrlərinin intervalları üzrə ranqları cəmlənmiş və tədqiqat aparılan hər gün üçün cəm ranqın qiymətləri ($R = \sum R_i$) hesablanmış və təhlil edilmişdir (şəkil 5 və 6).



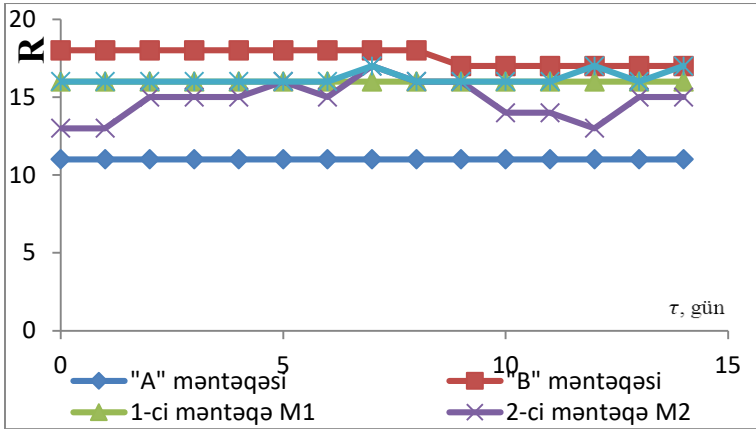
Şəkil 3. I variantda qazın komponent tərkibinin təyin olunduğu məntəqələr



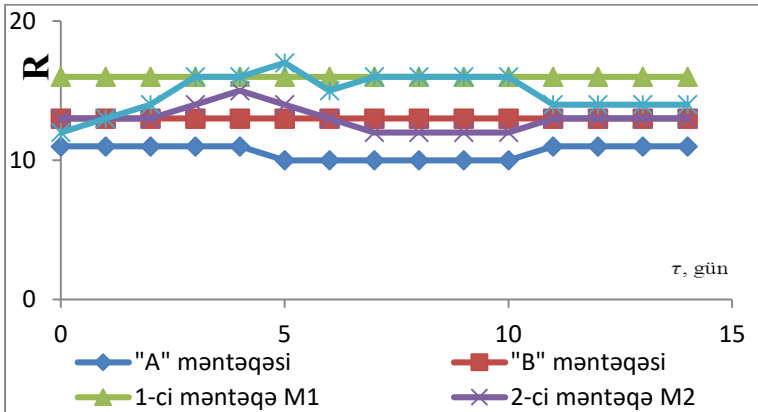
Şəkil 4. II variantda qazın komponent tərkibinin təyin olunduğu məntəqələr

Qeyd etmək lazımdır ki, ayrı-ayrı qazların qarışması hesabına qeyri-additiv dəyişmələr kəmərdə maye fazanın əmələ gəlməsi,

həmçinin əks buxarlanma və əks kondensləşmə kimi retroqrad hadisəsi ilə izah oluna bilər. Belə ki, baxılan hallarda rəqin dinamikasında onun qiymətinin artması əks buxarlanmanı, azalması isə əksinə, əks kondensləşmənin və maye fazanın yığılması hallarını dolayı olsa da təsdiq edir.



Şəkil 5. Günlər üzrə rəqinlərin dəyişilmə dinamikası (I variant)



Şəkil 6. Günlər üzrə rəqinlərin dəyişilmə dinamikası (II variant)

Müxtəlif qazların qarışması və nəqli ilə bağlı aparılan tədqiqatlara əsaslanaraq söyləmək olar ki, neftlərdə olduğu kimi, qazların qarışması zamanı da onların hansı tərkibdə və nisbətə qarışmasının təsiri böyükdür. Təbii və səmt qazlarının tərkibləri bir-birindən xeyli fərqli olduğu üçün onların qarışıqları üçün additivlik qaydası özünü doğrultmur. Beləliklə, müəyyən edilmişdir ki, qaz kəmərlərinin texnoloji (daxili) vəziyyətinin nəql olunan qazların komponent tərkibinə görə - dolayısı yolla diaqnostikası mümkündür.

İşdə təbii və səmt qazlarının komponent tərkibi haqqında mədən məlumatlarının təhlilinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, qazlar qarışıqdan sonra onların tərkibi və keyfiyyət göstəriciləri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişilir. Ona görə də qazların komponent tərkibi qarışıqda struktur dəyişikliyin diaqnostika meyarı kimi istifadə edilə bilər.

Kalamkas yatağı timsalında təbii və səmt qazların nəmliyinin və digər parametrlərinin dəyişilməsinin dolayısı yolla – qarışıqdan sonra qazın komponent tərkibinə görə diaqnostikasının mümkünlüyü sınaq edilmişdir.

Komponent tərkibindən başqa, qazların bəzi keyfiyyət göstəriciləri (sıxlığı, nəmliyi, suya görə şəh nöqtəsi və mexaniki hissəciklərin miqdarı) da tədqiq olunmuşdur. Gözlənilməli kimi, təbii və səmt qazlarının tərkibi və keyfiyyəti bir-birindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Məsələn, metanın (kütlə %-i ilə) və mexaniki qarışıqların miqdarı, sıxlıq, nəmlik və şəh nöqtəsi orta hesabla təbii qaz üçün 92,1%; 0,57 mq/l; 0,694 kq/m³; 0,2230 mq/l və -10⁰C, səmt qazı üçün isə müvafiq olaraq 81,0%; 0,08 mq/l; 0,755 kq/m³; 4,80 mq/l və 35⁰C təşkil etmişdir.

Təbii və səmt qazları qarışıqdan sonrakı faktiki göstəricilər göstərir ki, qazların qarışması ilə yuxarıda qeyd olunan parametrlər müvafiq olaraq aşağıdakı qiymətləri alırlar: 88,69, 0,64 mq/l; 0,713 kq/m³; 0,354 mq/l və -120 C. Təbii və səmt qazların faktiki qarışma (80:20 %) nisbətərini nəzərə almaqla, onların qarışığının tərkib və keyfiyyətini xarakterizə edən parametrlər additivlik qaydasına əsasən

müvafiq olaraq (30:70), (50:50), (70:30), (80:20%) nisbətlərində hesablanmışdır.

Təbii və səmt qazları qarışığının (80:20%) parametrlərinin additivlik qaydasına görə hesablanmış qiymətlərinin onların qaz qarışığı (80:20%) parametrlərinin faktiki qiymətləri ilə müqayisəsi göstərir ki, dəyişikliyə daha çox məruz qalan parametrlər – ağır fraksiyalar (C5+), nəmlik və tərkibdəki mexaniki qarışıqlar, həmçinin şəh nöqtəsidir. Bu isə dolayısı ilə maye fazanın (su və ağır fraksiyaların) ayrıldığını göstərir.

Beləliklə, təbii və səmt qazların, həmçinin onların qarışıqlarının mədən şəraitində yığılması və nəqli zamanı qaz qarışığında struktur dəyişikliyin tədqiqi göstərir ki, karbohidrogen qazların komponent tərkibi qarışıqda maye fazanın əmələ gəlməsinin və komponentlərin ilkin miqdarının dəyişilməsinin diaqnostika əlaməti kimi istifadə edilə bilər.

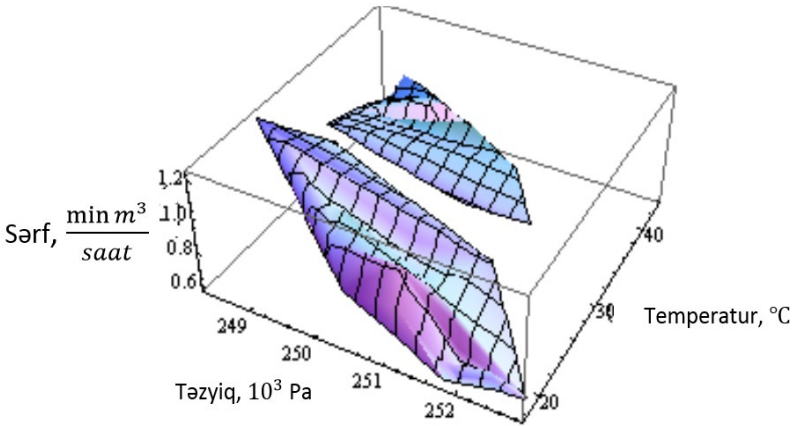
Qaz kəmərlərinin işinin təhlili göstərir ki, ətraf mühitin temperaturunun sutkalıq tərəddüdləri onların fəaliyyətinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Qazın temperatur dəyişmələrinin boru kəmərinin iş rejiminə təsiri onunla izah olunur ki, qaz axınının hidravlik müqavimət əmsalı Reynolds ədədi ilə əlaqədardır və bu ədəd də öz növbəsində qazın sıxlığı və özlülüyünə mütənəsb olaraq dəyişir. Sonuncular isə təzyiq və temperaturun funksiyaları olduğundan qaz kəmərinə hidravlik müqavimətin sutkalıq dəyişmələri və bununla əlaqədar olaraq onların iş rejimlərinin dəyişməsi istisna deyildir. Lakin Re və λ -nın birbaşa hesablanması çətinlik törədir. Məsələn, sutkanın müxtəlif vaxtlarında qaz nümunələrinin götürülməsi, xromotoqrafda onların tərkibinin araşdırılması və s.

Boru kəmərlərinin səthini istilik-mühafizə qatı ilə örtməklə temperaturun sutkalıq tərəddüdlərini minimuma endirmək mümkündür. Ətraf mühitin temperatur tərəddüdləri nəticəsində istilik mühafizə örtüyü olmayan qaz kəmərlərinin iş rejiminin dəyişməsi axının struktur formalarının da dəyişməsinə gətirib çıxarır.

Qaz kəmərlərinin qeyd olunan iş rejimlərinin istismar göstəricilərinə əsaslanaraq klaster təhlili aparılmışdır. Klaster təhlili

əsasında Azərbaycanın bir sıra qaz kəmərləri ilə nəql olunan qazın temperatur, təzyiqlik və sərfinin zamana görə dəyişməsi üzrə müşahidə məlumatları emal olunub və göstərilib ki, temperaturun gündəlik tərəddüdləri qaz kəmərinin iş rejiminə təsir edə bilər. Bu təsir “temperatur-təzyiqlik”, “temperatur-sərf”, “təzyiqlik-sərf” və “temperatur-təzyiqlik-sərf” vektorlarının emalı ilə aşkara çıxır. Hesablamalar qaz kəmərlərinin işinin şərti olaraq, “gündüz” və “gecə” adlandırılan iki rejiminin olduğunu göstərir.

Beləliklə, qaz kəmərlərində baş verən struktur dəyişikliklərinin klaster təhlili əsasında diaqnostikasının mümkünlüyü aşkar edilmiş və “temperatur-təzyiqlik-sərf” vektorunun temperatura görə klasterləşməsi göstərilmişdir (şəkil 7).



Şəkil 7. Azadkənd-Biləsuvar 2 qaz kəməri üçün “temperatur-təzyiqlik-sərf” vektorunun klasterləşməsi

Dördüncü fəsil multifazlı neft və qaz kəmərlərinin istismar səmərəliliyinin artırılması üsullarının işlənilməsi məsələlərinə həsr olunmuş, qaz-kondensat qarışıqlarının nəqli zamanı səmərəli nəqli texnologiyasının işlənilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Qaz-kondensat qarışığının nəqli zamanı həlledici rolu qaz oynadığı üçün kəmərin hesablanması əsasən qaz kəməri üçün aparılır. Bu zaman kondensatın

qaz fazasından ayrılıb-ayrılmaması amili də mütləq nəzərə alınmalıdır. Kondensləşmə təzyiqindən və temperaturundan asılı olaraq qazdan kondensatın ayrılması (düşməsi) layda, quyudibində, quyu ağzında və yığım-nəql xətlərində baş verə bilər. Qaz fazasında kondensatın disperqlənməsi, yəni paylanması şəklində, həmçinin 2-ci maye faza kimi qazla birlikdə hərəkət etməsindən asılı olaraq qaz kəmərinin hidravlik xüsusiyyətləri də dəyişmiş olacaqdır. Odur ki, emulsiyalı və ayrı-ayrı fazalar şəklində axın formalarından asılı olaraq qaz-kondensat qarışığı üçün optimal nəql variantının, yəni enerji və resurslara qənaətli nəqlinin seçilməsi mümkündür. Yəni, qarışığın hərəkətinin struktur formasının düzgün təyini boru kəmərlərinin hesablanma sxemi və üsullarının seçilməsi üçün əsas şərtlərdən biridir.

Həcmi sərf qazlılığı üçün $\beta > 0,7$ alındıqda kəmərin hidravlik hesablanması qaz kəmərinə uyğun aşağıdakı ifadə əsasında aparılır:

$$Q_q = A \sqrt{\frac{(P_b^2 - P_s^2) \cdot D^5}{Z T_{or} \lambda L \Delta}} \quad (5)$$

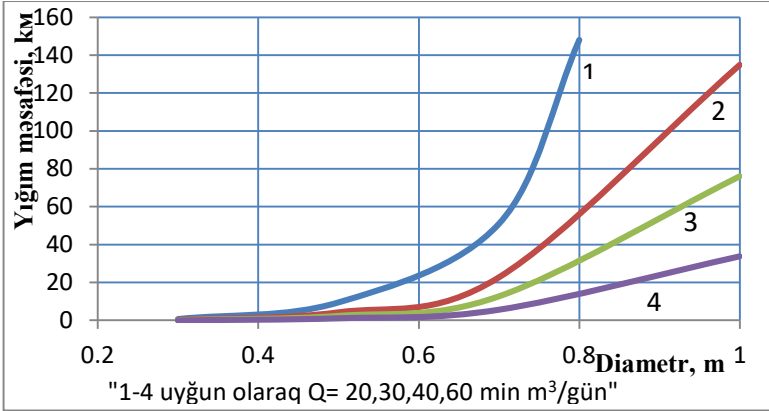
$$A = 0,0385 \frac{m^2 \cdot s \cdot K^{0,5}}{kq}$$

Burada: Z - qazın sıxılma əmsalı, Δ - nisbi sıxlıq, L isə qaz kəmərinin uzunluğudur.

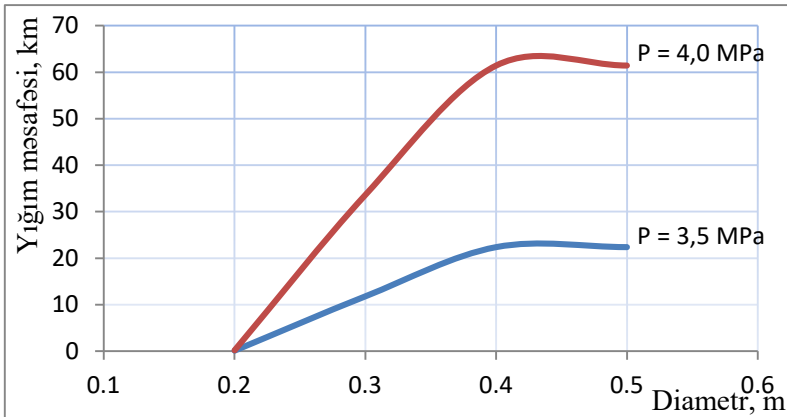
Qaz-kondensat qarışığında Reynolds ədədi (Re) və hidravlik müqavimət əmsalının (λ) hesablanması hidravlikanın məlum düsturları əsasında aparılır. Kəmərin verilən diametrində hərəkət rejiminin və qaz kondensat qarışığı üçün axının struktur formalarını müəyyən etmək məqsədilə fazaların xüsusi çəkilər fərqi $g(\rho_k - \rho_q)$ və təzyiq qradientinin maksimal qiyməti tapılaraq müqayisə edilir. Bu zaman $(dP/dr)_{max} > g(\rho_k - \rho_q)$ olarsa, axın forması emulsiyalı (disperqlənmiş), $(dP/dr)_{max} < g(\rho_k - \rho_q)$ olduqda isə təbəqələşmiş (yəni, ayrı-ayrı fazalar) qəbul edilir.

$$(dP/dr)_{max} = 6,158 \cdot \rho_{qar} \cdot \vartheta_{qar}^2 / D \quad (6)$$

İlkin məlumatların müxtəlif qiymətləri üçün qaz kəmərinə baş verən təzyiq itkisi, nəql məsafəsi və ya nəql olunan qazın miqdarının boru kəmərinin diametrindən asılı olaraq dəyişməsi hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, mono- və multifazlı qazların yığım-nəql məsafəsi boru kəmərinin diametrindən asılı olaraq dəyişməsi bir-birindən fərqlidir (şəkil 8 və 9).



Şəkil 8. Monofazlı qaz kəməri üçün yığım məsafəsinin diametrdən asılılığı



Şəkil 9. Başlanğıc təzyiqin müxtəlif qiymətlərində $L = f(D)$ asılılığı

Qaz-kondensat qarışıqlarının nəqli zamanı qaz kəmərinin hidravlik hesablanması üçün təkmilləşdirilmiş metodika işlənmiş və Ümid qaz-kondensat yatağında sınaqdan çıxarılmışdır. Aparılan hidravlik hesablamaların nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, qaz-kondensat qarışığının nəql məsafəsi qaz və kondensatın həcmi sərfi və başlanğıc təzyiqdən asılı olaraq məhdud qiymətlərə malik olur. Odur ki, qaz-kondensat qarışıqlarının boru kəmərləri ilə nəqli zamanı fazaların qarşılıqlı təsiri nəzərə alınmalı və maksimal nəql məsafəsi seçilməlidir.

Qaz-kondensat yataqlarından hasil olunan qaz-kondensat qarışığının boru kəmərləri ilə nəqli zamanı 2 faza olan qaz və kondensat bir-birinin üzəri ilə hərəkət edirmiş kimi ayrı-ayrı təbəqələrlə də hərəkət edə bilər. Lakin qazdan kondensatın düşməsi ilə borunun en kəsiyi kiçilməyə başlayır ki, bu da öz növbəsində tıxacların yaranmasına və həmin axınlarda təzyiq pulsasiyalarının baş verməsinə səbəb olur. Bu pulsasiyalar (döyüntülər) isə boru kəmərinə gərginliyi artırmaqla qəza hallarının baş vermə ehtimalını artırır. Belə halların qarşısını almaq üçün qaz-kondensat qarışığının ehtimal optimal nəql məsafəsi mövcuddur ki, bu məsafənin sonunda qəza hallarının baş vermə ehtimalı böyük olduğuna görə ikinci separasiyaya ehtiyac yaranır. Bu zaman nəql xətti üçün optimal diametrin seçilməsi də vacibdir.

Son illərdə aparılan tədqiqat işlərinin nəticələri göstərir ki, maddə yığım-nəql xətlərinin istismarı zamanı onların vaxtından xeyli əvvəl sıradan çıxmalarının əsas səbəblərindən biri boru kəmərləri ilə axan sistemlərin multifazalı, çoxkomponentli və müxtəlif struktur axın formalarına malik olmasıdır. Belə ki, karbohidrogenlərin tərkibində olan su, mexaniki qarışıqlar nəql zamanı fazalara ayrılaraq boruların daxili səthi ilə təmasda olduğu üçün korroziya prosesini sürətləndirir və polad boruları aşınmaya məruz qoyaraq dağıdır. Mexaniki hissəciklərin mövcudluğu ilə baş verən eroziya prosesləri hesabına boruların aşınması daha da sürətlənir. Bütün hallarda neftlərin tərkibindən su, mexaniki qarışıqlar, asfaltın, qatran və parafinin (AQP) birləşmələrinin çökməsi korroziya-eroziya

proseslərini sürətləndirməklə yanaşı boru kəmərlərində, neft çənlərində və digər avadanlıqlarda cürbəcür tıxacların yaranmasına da səbəb ola bilər. Multifazalı axının müxtəlif sürətləri üçün boru kəmərlərində yaranan sürtünmə gücünün mexaniki hissəciklərin ölçüsündən asılılığı müəyyən edilmişdir. Təhlil göstərmişdir ki, yığım-nəql xətlərini daha çox eroziyaya məruz qoyan $d > 0,5$ mm ölçülü hissəciklərin kəmərin başlanğıcında süzgecdən keçirilməsi korroziya sürətini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmağa imkan verir. Beləliklə, karbohidrogen qarışıqlarının multifazalı yığım-nəql sistemində qəzalara, xammal itkilərinə və əlavə maliyyə məsrəflərinə səbəb olan korroziya-eroziya problemlərinin məhdudlaşdırılması üçün geniş tədbirlər kompleksi işlənmişdir.

Quyu məhsullarının yığılması və nəqli zamanı boru xətlərində lokal şəkildə eroziya-korroziya hadisələrindən baş verən dağılmaların qarşısını almaq üçün multifazalı axınların hidravlik xüsusiyyətləri nəzərə alınmalı, ilk növbədə, nəql prosesində neft emulsiyalarından suyun və mexaniki qarışıqların ayrı-ayrı faza şəkildə ayrılmasına yol verilməməlidir. Neft-qaz kəmərlərinin dağılmadan mühafizə üsullarından biri elə hidrodinamik rejimin seçilməsidir ki, bu zaman qarışıqın təbəqələşmiş şəkildə, yəni ayrı-ayrı fazalara ayrılmış şəkildə hərəkəti baş verməsin. Mədənlərdə yığım-nəql sistemlərinin mexaniki qarışıqlarla çirklənməsinin qarşısının alınması, onların eroziya-korroziyadan müdafiəsi və ətraf mühitin mühafizəsi məqsədilə texnoloji avadanlıqların və boru kəmərlərinin girişlərində qum kameraları olan hidrosiklonların quraşdırılması ilə mexaniki qarışıqların drenaj tutumlarına yığılmaqla utilizasiyası həyata keçirilə bilər.

Mədən təcrübəsi onu da təsdiqləyir ki, qarışıqın böyük sürətlərində polad boru kəmərləri korroziyaya qarşı daha dayanıqlı olur. Mövcud faktlara əsasən demək olar ki, korroziya sürəti ilə qarışıqın boru xətlərində hərəkət rejimləri arasında korrelyasiya əlaqəsi xeyli güclüdür.

Aktiv dağılmalar daha çox qaz kəmərlərinin trasının qalxan hissələrinin başlanğıcında baş verir. Bu hissələrin daha çox eroziyaya

məruz qalması onunla bağlıdır ki, məhz bu hissələrdə maye fazanın (su, kondensat) və bərk mexaniki hissəciklərin toplanması və onların qarışığının axın boyu dövrü olaraq aşağı-yuxarı yerdəyişməsi baş verir. Ümumiyyətlə, neft-qaz yığımı şəbəkəsinin və həmin şəbəkəyə daxil olan ayrı-ayrı boru xətlərinin dağılmasının statistikasını ətraf mühitə neft dağılmaları və təmir-izolyasiya işlərinin həcmində əhəmiyyətli dərəcədə çox olduğunu göstərir. Ən başlıca rol oynayan amil isə bu cür axınlar üçün hidrodinamik rejimin necə dəyişməsidir. Boru kəmərlərində eroziyalı (yarıq) korroziyaların baş verməsinin digər əsas səbəblərindən ümumi korroziya fəallığını və nəql olunan qazların təmizlənməməsini göstərmək olar.

Çox da aktiv olmayan korroziya mühitində müəyyən uzunluqda yarıqların, özü də məhz boru xətlərinin alt hissəsində yaranmasının tam izahı hələlik mövcud deyil. Ümumiyyətlə, dinamik korroziya problemləri geniş tədqiq olunmayıb və istismarda olan mədən texnoloji boruların alt hissələrində müşahidə olunan lokal korroziya dağılmaları bir çox hallarda müəmmalı görünür.

Multifazalı axınlarda hidrodinamik amili nəzərə almaqla nəql olunan qazların tərkibindəki mexaniki qarışıqların tərkibinin mədəndaxili texnoloji qaz kəmərlərində korroziya-eroziya proseslərinə təsiri tədqiq edilmişdir. Multifazalı qaz axını üçün eroziya təsirinin sürtünmə qüvvəsinin gücü aşağıdakı kimi hesablanmışdır:

$$N = F v = 5,144(\rho_{m.h.} - \rho_q) \varphi u (2 - d/D)d^4/D \quad (7)$$

Burada: $\rho_{m.h.}$ və ρ_q – uyğun olaraq mexaniki hissəciyin və qazın sıxlığı; d və φ - uyğun olaraq mexaniki hissəciyin diametri və metalla sürtünmə əmsalı; u – qaz axınının orta sürətidir.

Laylardan daxil olan mexaniki qarışıqların, əsasən qumlardan ibarət olduğunu nəzərə alsaq və ayrı-ayrı fraksiyaların orta ölçüləri və onların borulara olan təsirinə görə nisbi paylanmasını şərti olaraq cədvəldə göstərildiyi kimi qəbul edib hesablamalar aparılmışdır.

Mexaniki hissəciklərin boru kəmərinə olan eroziya təsirinin gücü aşağıdakı ilkin məlumatlara əsasən (7) ifadəsi ilə hesablanmışdır:

$D=200\text{mm}$; $\rho_{m.h.}=1500 \text{ kq/m}^3$; $\rho_q= 3 \text{ kq/m}^3$; $u=5; 10; 15; 20 \text{ m/s}$

Hesablamaların nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi, demək olar ki, 100% sürtülmə gücünün payı əsasən ölçüsü $d > 0,5 \text{ mm}$ olan fraksiyaların - mexaniki hissəciklərin payına düşür. Maraqlısı budur ki, eroziya effektinin böyük əksəriyyətini (95%) ən böyük diametrlili (1-2 mm) fraksiyalar yaradır. Digər mühüm nəticə ondan ibarətdir ki, 0,1 - 0,3 mm ölçülü fraksiyaların mexaniki qarışıqların ümumi həcmnin yarısından çoxunu (56%) təşkil etməsinə baxmayaraq, onların ümumi sürtülmə gücündə payı yox dərəcəsinədir. Deməli, korroziya - eroziya sürəti mexaniki hissəciklərin qaz kəmərinin daxili səthində sürtülmə gücü ilə mütənasib olaraq artır və bu artım mexaniki hissəciklərin miqdarından çox onların ölçüsündən asılıdır.

Göründüyü kimi, qaz kəmərinə bərk mexaniki hissəciklərin təsirindən (eroziyadan) qorumaq məqsədilə həmin hissəciklərin borunun alt divarından qoparaq axının nüvəsinə düşməsi və orada hərəkət etməsi vacibdir. Bunun üçün axında statik təzyiqliq qradienti (dP/dr) mexaniki hissəciyin və qazın xüsusi çəkilərinin fərqiindən çox olmalıdır.

$$dP/dr > (\rho_{m.h.} - \rho_q) g \quad (8)$$

Qəbul etmək olar ki, $\alpha = 0,995$ qiymətində boru kəmərinin aşağı səthində qalan qatın qalınlığı $0,005R$ təşkil edəcəkdir. Yerdə qalan mexaniki hissəciklər qaz axını ilə hərəkət edəcəkdir. Beləliklə, dibdə olan hərəkətsiz qat boru divarının eroziyaya uğramasına səbəb olmayacaqdır. Qeyd olunanları nəzərə alaraq, boru kəmərinin eroziya - korroziyaya uğraması üçün axın sürətinin qiymətini aşağıdakı ifadəyə əsasən müəyyən etmək olar:

$$v = A \sqrt{\left(1 - \frac{\rho_q}{\rho_{m.h.}}\right) \cdot D} \quad (9)$$

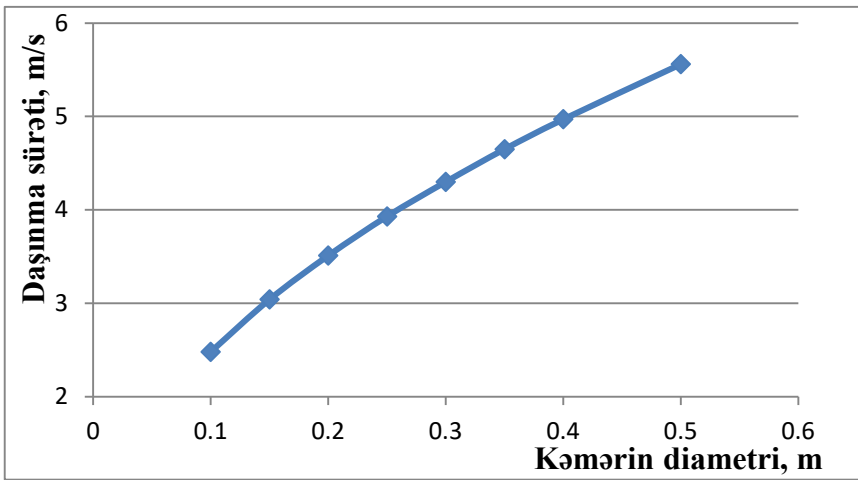
Burada: $A = 7,86$ əmsaldır, $\frac{\sqrt{m}}{s}$.

Cədvəl 2

Mədən qaz-yığıq xətlərində axının müxtəlif sürətlərində mexaniki hissəciklərdən yaranan sürtünmə gücünün hissəciklərin ölçüsündən asılılığı

Məxaniki hissəciklərin orta diametri, mm	Həcmdə hissə payı	Sürtünmənin gücü (müxtəlif axın sürətlərində), $N, 10^{-11}Vt$							
		5,0 m/san.		10,0 m/san.		15,0 m/san.		20,0 m/san.	
		güc	Pay nisbəti	güc	Pay nisbəti	güc	Pay nisbəti	güc	Pay nisbəti
2,00	0,01	294100,00	0,72	588141,00	0,72	882120,00	0,72	1176280,00	0,72
1,50	0,02	93160,00	0,23	186325,00	0,23	279488,00	0,23	372651,00	0,23
1,00	0,03	18430,00	0,05	36851,20	0,05	55276,80	0,05	73702,40	0,05
0,50	0,05	1153,00	0,00	2306,09	0,00	3459,13	0,00	4612,17	0,00
0,30	0,25	149,50	0,00	299,01	0,00	448,52	0,00	598,04	0,00
0,20	0,16	29,54	0,00	59,08	0,00	88,62	0,00	118,16	0,00
0,10	0,15	1,85	0,00	3,69	0,00	5,54	0,00	7,39	0,00
0,08	0,05	0,76	0,00	1,51	0,00	2,26	0,00	3,03	0,00
0,06	0,03	0,24	0,00	0,48	0,00	0,72	0,00	0,96	0,00
0,04	0,06	0,05	0,00	0,09	0,00	0,14	0,00	0,19	0,00
0,02	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
0,01	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			1,00		1,00		1,00		1,00

Sonuncu ifadədən görüldüyü kimi, hissəciklərin qaz axını ilə daşınma sürəti fazaların sıxlıqları nisbəti və kəmərin diametrindən asılı olaraq müxtəlif olacaqdır. Alınmış ifadəyə əsasən müxtəlif diametrlə qaz kəmərləri üçün $\alpha = 0,995$ qiymətində mexaniki hissəciklərin hansı axın sürətlərində aparılması müəyyən edilmişdir. Qaz kəmərlərində mexaniki hissəciklərin qaz axını ilə daşınma sürətinin hesablanmış qiymətlərinin kəmərin diametrindən asılı olaraq dəyişməsinə əks etdirən qrafik isə şəkil 10-da göstərilmişdir.



Şəkil 10. Qaz kəmərinin diametri ilə daşınma sürətinin kəmərin diametrindən asılılığı

Şəkil 10-dan görüldüyü kimi, boru kəmərinin diametri artdıqca ölçüləri 1,0 mm-dən böyük olan mexaniki hissəciklərin qaz axını ilə daşınması üçün lazım olan sürətin qiyməti də çoxalır.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində mono və multifazlı axınlar üçün boru kəmərinin hidravlik (sərf) xarakteristikaları öyrənilmiş, nəql məsafəsinin kəmərin diametrindən asılı olaraq dəyişməsi və müxtəlif diametrlə texnoloji qaz kəmərləri üçün mexaniki hissəciklərin axında daşınma sürəti müəyyən edilmişdir. İşdə, mexaniki qarışıqların mövcud olduğu multifazlı mədəndaxili boru

kəmərlərində korroziya-eroziya proseslərinin sürətinin aşağı salınması üçün konkret variantlar təklif edilmişdir.

Xəzər dənizində çoxlu sayda qaz-kondensat yataqlarının mövcudluğu, yüksək özlülüklü neftlərin boru kəmərləri ilə nəqli zamanı kondensatın həlledici qisminə tətbiqi üçün geniş perspektivlərin olduğunu şərtləndirir. Bu baxımdan, axının müxtəlif hidravlik rejimlərində və temperaturlarında neft-kondensat qarışığı nəql edən boru kəmərlərinin məhsuldarlığına və hidravlik müqavimət əmsalına təsirinin qiymətləndirilməsi üçün sulaşma amilinin nəzərə alınması çox vacibdir. Neft-kondensat qarışığında disperqlənmiş suyun olması qarışığın həcmi çoxaltmaqla yanaşı, özlülüyünü də xeyli artırdığı üçün nəql xərclərinin çoxalmasına səbəb olur. Odur ki, multifazlı neft-kondensat-su qarışıqları üçün sulaşmanın aydın şəkildə daxil olmadığı asılılıqlar mühəndis hesablamalarının aparılması üçün kifayət etmir. Mədən şəraitində, sıxlıqdan fərqli olaraq sulaşmanın təyin olunmasının bu cür sistemlər üçün bir sıra çətinliklərlə bağlı olduğunu nəzərə alaraq, işdə neft-kondensat-su qarışıqlarının müxtəlif sulaşma faizlərində kondensatın kütlə payından və qarışığın sıxlığından asılı üç ölçülü asılılıqlarını ifadə edən empirik ifadə təklif olunmuş və onun mühəndis hesablamaları üçün yararlı olduğu göstərilmişdir.

Müasir dövrdə Azərbaycanın quruda və xüsusən də, Xəzər dənizinin akvatoriyasında işlənməkdə olan yataqlarından neft-qaz hasilatının artırılması məqsədilə neft-qaz yığını sisteminin səmərəli fəaliyyətinin təminatı, əsaslı kapital qoyuluşlarının və cari məsrəflərin aşağı salınması üçün onun daha da təkmilləşdirilməsi tələb olunur. Bu zaman boru kəmərlərinin uzunmüddətli təhlükəsiz fəaliyyətini təmin edən və yüksək başlanğıc təzyiqi tələb etməyən ən sadə texnologiya quyunun qaz-maye qarışığının birgə nəqli texnologiyası hesab edilə bilər.

Hazırda dünyanın, o cümlədən Rusiyanın neft mədənlərində tənzimlənən ötürücülü çoxfazlı nasosları özündə birləşdirən qurğularda multifazlı texnologiyaların tətbiqinə imkan verən etibarlı avadanlıqlar müvəffəqiyyətlə istismar olunmaqdadır. Aparılan

sınaqlar göstərmişdir ki, onların istifadəsi quyunun (və ya quyular qrupunun) dəyişməz rejimdə işləməsini və quyuağzında verilmiş təzyiğin saxlanması təmin etməyə imkan verir. Təhlil göstərir ki, Azərbaycanda işlənmənin son mərhələsində olan dəniz yataqlarında multifazlı texnologiyaların tətbiqi - quyu məhsulunun ilkin separasiya keçmədən ayrı-ayrı stasionar platformalardan yığım-tranzit platformasına və ya sonradan sahilə nəqlinin perspektiv yolu kimi səmərəli ola bilər. Bu zaman stasionar platformalar arasında fəaliyyət göstərən boru kəmərlərində lazım olan təzyiğin yaradılması hesabına neft-yığım kollektorunun buraxma qabiliyyəti də artacaqdır. "Quyu - nasos - boru kəməri" sisteminin qapalılığını təmin edən bu texnologiyanın tətbiqi həm də az əhəmiyyət daşımayan digər problemin - ekoloji məsələlərin həllinə imkan verdiyi üçün yataqların işlənməsinin son mərhələsi üçün perspektiv hesab edilə bilər.

Beşinci fəsil qaz nəqli sistemlərinin iş rejimlərinə nəzarət etmək üçün nəzarət üsullarının təkmilləşdirilməsi və yenilərinin işlənməsinə həsr olunmuşdur.

Hal-hazırda enerjiyə qənaətli texnologiyaların tətbiqi ilə təbii qazların istehsalı, nəqli və istifadəsinin bütün texnoloji proseslərində qazın həcmində yaranan disbalans probleminin həlli və nəzarət-ölçü sisteminin təkmilləşdirilməsi məsələsi öz aktuallığı ilə diqqət mərkəzindədir.

Nəzarət-ölçü sisteminin mükəmməl olmaması və kommərsiya qovşaqlarının qeyri-dəqiqliyi nəql olunan qazın səmərəli istifadəsini çətinləşdirir və onun həcminin müəyyən edilməsi zamanı təchizatçı-istehlakçı münasibətləri sistemində disbalans hesabına yaranan maliyyə itkilərinə səbəb olur. Nəql olunan təbii qazın təchizatçı-istehlakçı sistemində daxil olan nəzarət-ölçü qovşaqlarında yaranan disbalanslar araşdırılmış və onların aşağı salınması yolları göstərilmişdir.

Karbohidrogenlərin hasilatı, yığılması və nəqli sistemində yaranan bir sıra mürəkkəbləşmələrin diaqnositikası üçün mövcud üsulların bir çox hallarda, xüsusən də mürəkkəb istismar şəraitinə malik dəniz sualtı neft-qaz kəmərləri sistemində tətbiqinin

mümkünsüzlüyü və yeni texnologiyaların tətbiqinə zərurət yaranması qeyd olunmuşdur. Praktikada uğurla sınaqdan çıxarılan süni neyron texnologiyasının tətbiqi ilə neft və qaz kəmərlərində rejim parametrlərinin dəyişməsi və baş verən karbohidrogen sızmalarının diaqnostikası məsələlərinə baxılmışdır. Dünyada karbohidrogen məhsulları istehsalı və nəqli ilə məşğul olan iri şirkətlərdə sızmaların diaqnostikası üçün xüsusi texnologiyalara əsaslanan avadanlıqlar mövcuddur. Lakin bu texnologiyaların və avadanlıqların qiyməti çox bahadır. Digər tərəfdən bu avadanlıqların uzun müddət istismarda olan neft və neft məhsulları kəmərlərində istifadəsi böyük çətinliklərlə müşayiət olunur. Ona görə də işdə təklif olunan diaqnostika üsulları mühəndis məsələləri kimi həll olunmuş və qarışıqın tərkibi, təzyiqi və sərfinin dəyişməsinə görə sızma yerinin koordiantları müəyyən olunmuş, qəzaların azaldılması üçün innovativ üsul təklif edilmişdir. Əgər neft və qaz kəmərinin rejim parametrlərində hər hansı dəyişmələr baş verərsə, bu dəyişməni süni neyron texnologiyası əsasında dəqiqliklə aşkar etmək mümkündür. Qeyd etmək lazımdır ki, bu cür informasiya texnologiyasının tətbiqi xüsusi tədqiqatlar üçün əlavə maddi vəsaitlər tələb etmədiyi üçün istər quruda və istərsə də dənizdə boru kəmərlərindən karbohidrogen sızmalarını (gizli sızma halları da daxil olmaqla) təyin etmək üçün səmərəli diaqnostika üsulu kimi çox faydalıdır.

Neftin və qazın hasilatı, yığılı, nəqli və saxlanması sistemlərində texnoloji proseslərin nəzarəti və optimallaşdırılması, habelə, bir sıra mürəkkəbləşmələrin diaqnostikası müxtəlif riyazi üsul və vasitələrlə yerinə yetirilir. Lakin bu üsullar həmin sistemin yalnız hər hansı bir hissəsi (separator, quyunun atqı xətti, iki obyekt birləşdirən kəmərlər və s.) və ya prosesi üzrə tətbiq edilir. Məlum üsulların bütöv sistem üçün tətbiqi isə xeyli çətinlik törədir və əksər hallarda mümkün olmur. Xüsusilə, neft və qaz kəmərləri sistemində iş rejimlərinin dəyişməsi ilə bağlı həmin metodların tətbiqi bir sıra səbəblərdən mümkün olmur. Müasir informasiya texnologiyalarının mütərəqqi elementlərindən olan süni neyron şəbəkələrinin köməyi ilə ayrı-ayrı obrazların tanınması, optimallaşdırma əməliyyatlarının

aparılması və idarəetmənin bir çox məsələlərini həll etmək heç bir çətinlik törətmir. Süni neyronun sadə modelinə əsasən giriş siqnalları (parametrləri), çəki əmsalları və çıxış parametrləri siqnalları əsasında şəbəkə cəmləyici, çevirmə (ötürmə) funksiyası və əks əlaqə funksiyalarından təşkil olunur. Hal-hazırda mövcud proqram dəstində texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiq üçün süni neyron şəbəkələri geniş imkanlara malikdir və bunun üçün xüsusi proqram təminatı da vardır.

Qeyd edilən prinsiplər əsasında təbii qazın nəqli və paylanması şəbəkəsində müxtəlif qəza hallarının öncədən diaqnostikası və rejim parametrlərinə nəzarət edilməsi istiqamətində süni neyron şəbəkələrinin tətbiqi məsələlərinə baxılmışdır. Real prosesi əks etdirən məqbul modeli seçmək və uyğunlaşdırmaq üçün həmin prosesə xas olan müşahidə göstəricilərindən istifadə olunmuşdur. Ən yaxşı modelin seçilməsində əsas meyar kimi orta kvadratik xətanın minimum olması şərti qəbul edilmişdir.

Süni neyron şəbəkəsini qaz kəmərləri sistemi üçün qurarkən əsas ötürmə funksiyası qismində aşağıdakı riyazi modeldən istifadə edilmişdir:

$$P_b^2 = P_s^2 + \frac{1}{K^2} \cdot \frac{z T_{or} \lambda L \Delta}{D^5} \cdot Q^2 \quad (10)$$

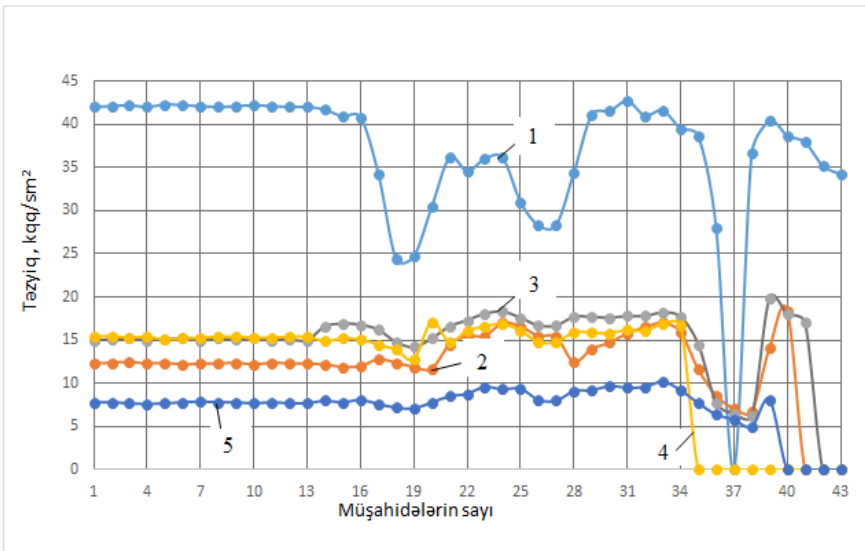
$$K = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{T_{st}}{P_{st}} \cdot \sqrt{R_h} \quad (11)$$

Burada: P_b və P_s – uyğun olaraq, qaz kəmərinin başlanğıcında və sonunda olan təzyiqlər, Pa ; z - qazın sıxılma əmsalı; Δ - qazın nisbi sıxlığı; T_{or} – qazın orta temperaturu, K ; T_{st} və P_{st} - uyğun olaraq, qazın standart şəraitdəki temperaturu ($T_{st} = 273 K$) və təzyiqi ($P_{st} \approx 10^5 Pa$); R_h - hava üçün qaz sabiti ($R_h = 287 m^2/s^2K$); λ – hidravlik müqavimət əmsalıdır.

(10) ifadəsinə əsasən verilmiş başlanğıc təzyiqə görə kəmərin sonundakı təzyiqi və ya əksinə son təzyiqə əsasən başlanğıc təzyiqi hesablamaq olar. Bu şərtlə ki, qazın sərfi məlum olsun.

Qaz paylayıcı şəbəkəsində qazın ayrı-ayrı məntəqələr üzrə nəqli araşdırılmış və 43 gün müddətində həyata keçirilən müşahidə

göstəricisindən istifadə edilmişdir. Təzyiqin məntəqələr üzrə dəyişilmə dinamikasını göstərən asılılıq şəkil 11-də verilmişdir.

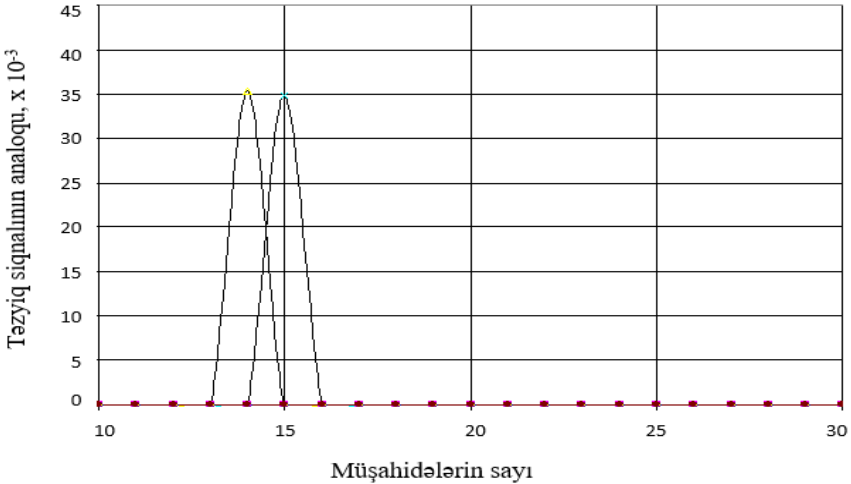


1-5 uyğun olaraq 1-ci və 5-ci məntəqələrdə
Şəkil 11. Məntəqələr üzrə təzyiqin paylanması

Şəkildən görünür ki, 1-ci və 15-ci müşahidələr arasında (yəni, 13-cü gün ərzində) qazın nəqli və istehlakının stabilliyi səbəbindən qaz kəmərləri sisteminin iş rejimində ciddi dəyişikliklər baş verməmişdir. Lakin 13-cü müşahidədən başlayaraq qaz kəmərləri şəbəkəsində nəzərə çarpacaq dəyişikliklər qeyd olunmuş və qazın 1-ci məntəqədən verilməsi qısa müddət olsa da dayandırılmışdır. Giriş məntəqəsində təzyiq geniş diapazonda dəyişilir. 37-ci müşahidə zamanı hətta qaz kəmərinin işinin dayandırıldığı məlum olmuşdur. Bu isə verilən qaz kəməri üçün qazın veriminin qeyri-bərabər olduğuna dəlalət edir. Yəni, nəinki mövsümlə əlaqədar, hətta ay ərzində də qazın qeyri-bərabər itkilərinə yol verilir. Belə dəyişmələr verilən qaz kəmərləri şəbəkəsinin bütün məntəqələrinin rejim

parametrlərində öz əksini tapmışdır. Lakin şəkil 11-dən görüldüyü kimi I məntəqədə bu dəyişikliklər özünü kəskin bildirsə də, digər məntəqələrdə o qədər də aydın görünməzlər.

Şəkil 12-də həmin məntəqələr üzrə təzyiq siqnallarının işlənmiş süni neyron şəbəkəsi üçün onların çıxışındakı analoqlarının dəyişilmə dinamikası göstərilmişdir.



Şəkil 12. Süni neyron şəbəkəsinin çıxışında təzyiq siqnalı analoqunun paylanması

Şəkildən görüldüyü kimi, 13-cü müşahidəyə kimi bütün QPM-lər üçün süni neyron şəbəkəsinin çıxışında təzyiq siqnallarının analoqları vahidə yaxın olmuşdur. Sistemdə təzyiq dəyişmələri olduqdan sonra siqnal analoqlarının onların ilkin orta qiymətlərinə olan nisbəti 35000 dəfəyədək olmuşdur. Süni neyron şəbəkəsində qeyd olunan nisbətə dəfələrlə böyüdülməsi (neyron qatlarının sayını çoxaltmaq yolu ilə) imkan yaradır ki, qaz kəmərlərinin iş rejimlərində bu və ya digər səbəbdən baş verən dəyişikliklər aşkar edilsin.

Beləliklə, əgər qaz kəmərlərinin rejim göstəricilərində hər hansı dəyişikliklər baş verərsə, onda bu dəyişikliyi süni neyron şəbəkəsinin tətbiqi ilə etibarlı və operativ şəkildə aşkar etmək mümkündür. Təklif olunan neyron texnologiyaları əsasında tədqiqatların aparılması və qiymətləndirməsi xərclər tələb etmir və hal-hazırda qaz kəmərlərindən müxtəlif mənşəli qaz sızmalarını aşkar etmək üçün də səmərəli hesab edilə bilər. Neyron texnologiyalarının tətbiqi əsasında qaz kəmərlərinin işinə nəzarət edilməsi, həmçinin boru kəmərlərinin daxilində faza çevrilmələrinin olub-olmaması və bu çevrilmələrlə bağlı karbohidrogen itkilərinin baş verməsi barədə mülahizələr də yürütmək olar.

Neft sənayesinin bir sıra sahələrində-neft və qaz quyularında, neftin nəql xətlərində və saxlanması çənlərində, neft emalı zavodlarında və neft-kimyə müəssisələrində multifazlı axınlara rast gəlinir. İstər yataqların, istərsə də nəql kəmərlərinin məhsuldarlığının və iqtisadi səmərəliliyinin proqnozlaşdırılması bu proseslərin hidrodinamikasının dəqiq modelləşdirilməsini tələb edir. Multifazlı qarışıqların nəqli zamanı əksər hallarda faza çevrilmələri baş verir və bu, sistemdə tıxacların yaranmasına, bir sıra neqativ nəticələrə və onların aradan qaldırılması üçün əlavə məsrəflərə yol açır. Tədqiqatlar göstərir ki, mayenin bütün həcmi boyu paylanmış qaz qabarcıqları və ya çox kiçik ölçülü karbohidrogen buxarları olan sistem qeyri-taraz faza xüsusiyyətləri ilə səciyyələnir. Hər hansı əsas termodinamik parametrin dəyişilməsi ilə sistem digər hala keçir. Əgər bu dəyişiklik faza keçidinə səbəb olarsa, bu zaman əvvəlcə yeni fazanın mikro rüşeyimləri əmələ gəlir, sonra isə əsas parametrlərə uyğun olaraq onlar da tədricən artır. Mayedən sərbəst qazın ayrılması baş verir və termodinamik şəraitdən asılı olaraq, qaz-maye axınında struktur dəyişikliyi baş verir. Qaz-maye qarışığının faza davranışı boru kəmərlərində qeyri-taraz termodinamik ikifazlı axın yaradır və bu zaman borunun eyni en kəsiyində maye və buxar fazaları fərqli xarakteristikalara malik olurlar. Bu amillər termodinamik və hidrodinamik xarakteristikaların nəzərəçarpan dəyişilmələrinə, təzyiqli tərəddüdlərinin artmasına və qeyri-stabil proseslərin başlanmasına

şərait yaradır ki, bunlar isə öz növbəsində qaz-maye qarışıqlarının boru kəmərləri ilə nəqli üçün əlavə məsrəflərlə müşayiət olunan müxtəlif mürəkkəbləşmələrə səbəb ola bilər.

Yığılma-nəql sistemində hiss olunan təzyiqlər və sərflər döyüntüləri yaradan təbəqələşmiş rejimin mövcudluğu bəzi hallarda bütövlükdə nəql sisteminin işinin pozulmasına və boru kəmərlərində qəzaların baş verməsinə də səbəb olur. Ona görə də belə boru kəmərləri sisteminin səmərəli istismarını təmin etmək məqsədilə hidravlik müqavimətin minimuma endirilməsi üçün təzyiqlər döyüntülərinin azaldılması və bunun üçün idarə olunan üsullara ehtiyac yaranır. Qaz kəmərlərində döyüntülərin söndürülməsinin bəzi mexaniki üsulları mövcud olsa da, bu mexaniki söndürücülər multifazlı axınlar üçün məqbul sayıla bilməz, belə ki, sonuncuların struktur müxtəlifliyi və reofiziki xüsusiyyətləri arzu olunan nəticələrin əldə edilməsinə imkan vermir.

İşdə qaz-maye qarışığının pulsasiya xarakteristikaları (ΔP təzyiqlər fərqi zamanla görə dəyişməsi) həm fırlatma ilə, həm də fırlatma olmadan öyrənilmişdir. Təcrübələr göstərmişdir ki, fırladılmayan axınla müqayisədə axının fırladılması təzyiqlər döyüntülərinin əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salınmasına imkan verir. Bu isə, qurğuya daxil olarkən fırlanmaya məruz qalması nəticəsində qaz-maye qarışığından qazın ayrılma bilməməsi ilə əlaqədardır. Digər tərəfdən axının fırladılması qaz birləşmələrinin və qabarcıqlarının maye ilə qarışması nəticəsində qaz-maye sisteminin qeyri-taraz reoloji xüsusiyyətlərə malik lokal strukturlarının dağılmasına gətirib çıxarır.

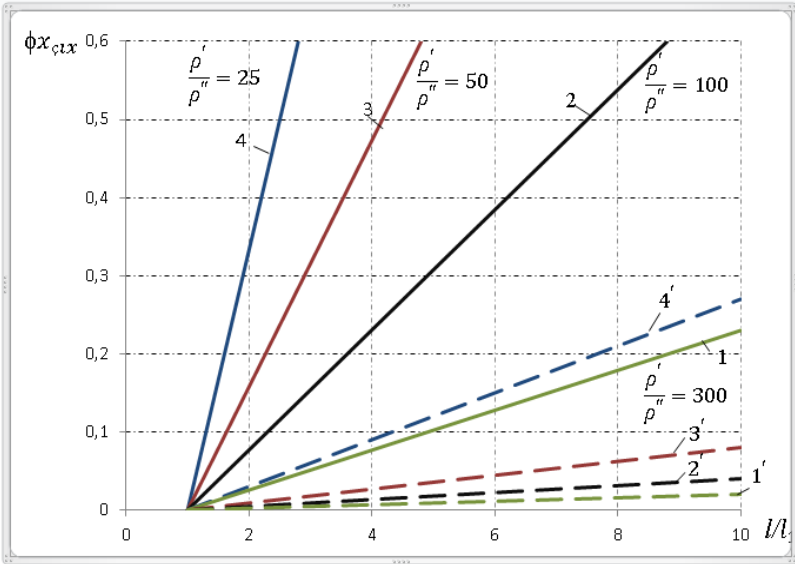
Aparılan araşdırmalar nəticəsində multifazlı axın üçün stabil xarakteristikanın aşağıdakı mövcud olma şərti müəyyən edilmişdir:

$$\frac{0,54\left(\frac{l_1}{l_2}-1\right)}{\frac{\rho'}{\rho''}-1} < \Psi X_{çlx.} < \frac{7,46\left(\frac{l}{l_1}-1\right)}{\frac{\rho'}{\rho''}-1} \quad (12)$$

Burada: ρ' və ρ'' uyğun olaraq mayenin və qazın sıxlığı; Ψ – axının ikifazlılığını göstərən əmsal; $X_{çlx.}$ – borunun çıxışında qazın

kütlə payı; l_1 və l_2 -uyğun olaraq bir fazalı (maye) və iki fazalı zonaların uzunluqlarıdır.

Qeyd olunanlar əsasında boru kəmərlərində multifazlı axının idarə olunması və təzyiqli itkilərinin optimallaşdırılması üçün meyarlar müəyyən edilmişdir. Belə ki, sonuncu (10) ifadəsinə uyğun olaraq, l/l_1 və ρ'/ρ'' simplekslərinin dəyişməsindən asılı olaraq multifazlı axınların sərflər xarakteristikalarında stabil və qeyri-stabil zonaların təyini üçün hesablamalar aparılmış və sərhəd şərtləri müəyyən edilmişdir (şəkil 12).



Şəkil 12. Axının stabil xarakteristikaları üçün sərhəd şərtləri (1, 2, 3 və 4 xətləri yuxarı hədləri, 1', 2', 3' və 4' xətləri isə aşağı hədləri göstərir)

Şəkil 12-dən görüldüyü kimi, sistemdə qeyri-stabil axının profilini istənilən şərəitdə - qazın kütlə payının çox və ya kifayət qədər çox olmayan miqdarlarında müşahidə etmək olar. Bu halda, axının sürətinin tənzimlənməsi, yəni (Q) və (l/l_2) parametrlərinin

seçilməsi ilə boru kəmərinin uzunluğu boyu təzyiqin dəyişilməsi ilə yaranan qeyri-stabil sərf xarakteristikalarından yan keçmək olar.

Yuxarıda qeyd olunanlar əsasında boru kəmərlərində multifazlı axının idarə olunması və təzyiq itkilərinin optimallaşdırılması üçün kriteriyalar müəyyən edilə bilər. Aparılan nəzəri və təcrübi tədqiqatların nəticələri öz tətbiqini real neft-qaz kəmərlərində də tapa bilər.

Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində multifazlı axınlarda təzyiq döyüntülərinin azaldılmasının idarə olunan üsulunun yaradılması mümkünlüyü öz təsdiqini tapmışdır. Tədqiqat zamanı görülən işlər bunu deməyə əsas verir ki, axının fırladılması qaz-maye axınlığında yaranan təzyiq döyüntülərinin söndürülməsinin səmərəli üsulu kimi tətbiq edilə bilər.

Bütün qeyd olunanları nəzərə alaraq söyləmək olar ki, dissertasiya işində Azərbaycanda karbohidrogenlərin nəqli və saxlanması zamanı baş verən mürəkkəbləşmələrin diaqnostikası və aradan qaldırılması üçün işlənmiş innovativ, enerjiyə qənaətli, sərvətqoruyucu üsul və texnologiyalar layihənin həm praktik əhəmiyyəti, həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan uğurlu bir layihə olduğunu göstərir.

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

1. Karbohidrogenlərin yığılması və nəqli sistemlərində baş verən mürəkkəbləşmələr və istismar çətinliklərinin yaranma səbəbləri və aradan qaldırılması yolları təhlil edilmişdir.
2. Faza çevrilmələrindən yaranan qaz itkilərinin və sualtı boru kəmərlərindən karbohidrogen sızmalarının qiymətləndirilməsi üsulları təklif olunmuşdur.
3. Dəniz şəraitində qazların yığılması və nəqlə hazırlanmasının səmərəliliyini artırmaq üçün:
 - Qaz xətlərində hidrata və korroziyaya qarşı işlənmiş, patentləşdirilmiş kompleks xüsusiyyətə malik kompozit sistem tətbiq edilmişdir;
 - Qaz kəmərlərindən mayelərin çıxarılması üçün boru tipli tərtibat təklif olunmuş və patentləşdirilmişdir.
4. Qazın komponent tərkibinə görə neftlərin sulaşma dərəcəsinin diaqnostikasının mümkünlüyü göstərilmişdir.
5. Qaz kəmərlərinin texnoloji vəziyyətinin nəql olunan qazın tərkibinin dəyişməsinə görə diaqnostikası üçün ekspress üsul işlənmişdir.
6. Nəql olunan təbii və səmt qazların qarışıqında baş verən struktur dəyişikliklərinin diaqnostikası üçün ekspres üsul təklif olunmuşdur.
7. Multifazlı boru kəmərlərinin istismar səmərəliliyini artırmaq üçün:
 - Qaz-kondensat qarışıqları nəql edən qaz kəmərlərinin hidravlik hesablanması əsasında innovativ nəql texnologiyası üsulu təklif olunmuşdur;
 - Qaz-kondensat qarışıqlarının nəqli üçün boru kəmərinin optimal diametrinin və maksimal nəql məsafəsinin seçilməsi əsaslandırılmışdır;
 - Mədən yığım-nəql neft və qaz kəmərlərində korroziya-eroziya proseslərinin hidrodinamik tənziqlənmə üsulu işlənmişdir.
8. Qaz nəzarət-ölçü sistemlərində yeni təkmilləşdirilmiş texnologiya təklif olunmuşdur.

9. Qaz nəqli sistemlərində iş rejimlərinin dəyişməsinə operativ nəzarətin süni neyron texnologiyası əsasında aparılmasının məqsədəuyğunluğu göstərilmişdir.

10. Qaz kəmərlərinin istismar göstəricilərinin klaster təhlili aparılmış və klasterləşmə hallarına əsasən bunun sistemdə izolyasiyanın zəif və ya olmaması ilə bağlı olduğu aşkar edilmişdir.

11. Multifazalı axının fırladılmasının pulsasiyanın azaldılması və sərf xarakteristikalarında qeyri-stabil zonaların ləğvinin səmərəli üsulu kimi istifadə olunmasının mümkünlüyü göstərilmişdir. Belə ki, axının fırladılması zamanı qaz ayrılmasının çətinləşməsi və ayrılmış qaz qabarcıqlarının isə parçalanaraq yenidən maye ilə qarışması hesabına qeyri-taraz reoloji xassələrə malik lokal qaz-maye strukturlarının dağılması baş verdiyi üçün sistemin hidravlik xarakteristikası yaxşılaşır.

12. Multifazalı boru kəmərlərinin sərf xarakteristikalarında qeyri-stabil zonaların qaz tutumunun həm kiçik, həm də böyük qiymətlərində baş verə bilməsinin, həmçinin axın parametrlərinin seçilməsi yolu ilə həmin zonaların yaranmasının qarşısının alınmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.

13. Kompresor qurğularının rəşional yüklənməsinin təmini və işinə nəzarət edilməsi məqsədilə elektrik analogiyası əsasında yeni innovativ üsul işlənmişdir.

Dissertasiya mövzusu üzrə çap edilmiş ədəbiyyat siyahısı

1. **İskəndərov E.X., Ş.H. Əliyev H.Z.** Tağıyev adına NQÇİ-nin qaz yataqlarında təbii və səmt qazlarının nəqli texnologiyasının araşdırılması // “NQGP və K” ETİ-nin Elmi əsərləri, Bakı, 2014, XV cild, s. 219-232.
2. **Fariz F. Əhməd, E.X. İskəndərov, Ş.H Əliyev, L.Q. Hacıkərimova** Yeraltı qaz anbarlarının istismarında quyudibi zonanın dağılmasının qarşısını almaq üçün işlənmiş yeni konstruksiyalı süzğəcin işlənməsi // “Azərbaycan Hava Yolları”

- QSC Milli Aviasiya Akademiyası Elmi Məcmuələr, Bakı, 2015, Cild 17, №2, s.39-44.
3. **H.Qurbanov, E.İskəndərov, A.Kərimova** Qazın nəql xətlərində faza çevrilmələri və qazın qurudulması prosesinin araşdırılması // AzTU Elmi əsərlər, c. 1, №3, Bakı, 2016, s.24-29.
 4. **Е.А. Зейналов, Э.Х. Искендеров, Б.Г. Исмайылов** Об оценках величин незначительных утечек нефти при повреждении стояков подводных нефтегазопроводов // Научно-технический журнал Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, Москва, Август 2016, № 4, s. 4-57.
 5. **İsmayılov Q.Q., İskəndərov E.X., İsmayılova F.B., Seyfullayev Q.H.** Qaz-kondensat qarışıqları üçün optimal yığım məsafəsinin təyini // "XƏZƏRNEFTQAZYATAQ-2016" Elmi-təcrübi konfransı, məqalələr toplusu, Bakı, 22-23 dekabr, 2016, s. 253-261.
 6. **İsmayılova F.B., İskəndərov E.X., Musayev S.F.** Elektrik analogiyası əsasında "yığım-nəql"sisteminin işinin təhlili üçün diaqnostik üsulun işlənməsi // "Xəzərneftqazyataq-2016" Elmi-təcrübi Konfransının materialları, Bakı, 2016, s. 266-274.
 7. **İsmayılov G. G., Nurullayev V.H., İskenderov E. H.** The Role of Saturated Vapor Pressure of Cavitations in the process of oil supply // «Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2016, Vol 5, (6) May, p.15-24.
 8. **İsmayılov G.G., Nurullaev V.H., Musaev S.F., İskenderov E.H, İsmayılova F.B.** The Prediction Of Water Cutting And Dencity Of Oilwatercondensat Mixes // «International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology, 2016, 5 (8) August, 768-775.
 9. **G.G. Ismailov, R.A. Ismailov, E.H. Iskenderov,V.H. Nurullayev** Diagnosing of Structural Modes of Gas Flow inThe Pipeline Systems // «Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2016, Vol 5, (10) September, p. 28-34.

10. **Q.Q.İsmayılov, E.X.İsgenderov, F.B.İsmayılova, Q.X.Seyfullayev** Analysis of functioning of offshore pipelines of storage and transport of gas-condensate mixtures // Bulletin of environment, Pharmacology and Life Sciences, 2016, November, p. 28-34.
11. **İskəndərov E.X., İsmayılova F.B.** Dəniz qaz-kondensat yataqlarından karbohidrogenlərin yığılmasının səmərəliliyi haqqında // İ.Quliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş "Dəniz neft və qaz yataqlarının işlənilməsinin aktual problemləri" mövzusunda konfransın materialları, Bakı, 2017, s. 6-12.
12. **G.G. İsmailov, E.H. İskenderov, V. H. Nurullayev** Methods For An Assessment of Emergency Leaks Taking Into Account Hydraulic Characteristics of Oil Pipelines // «Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2017, Vol 6, (6) May, p. 28-36.
13. **Искендеров Э.Х., Исмайылов Б.Г.** Об оценках изменений режимных параметров газопроводов на основе нейронных технологий // Bakı, Nəzəri və tətbiqi Mexanika, 2017, № 1-2, s.134-139.
14. **Искендеров Э.Х., Исмайылов Г.Г., Избасаров Е.И.** Анализ структурных изменений в смеси транспортируемых природных и попутных газов // Научный информационный сборник «Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья», Moskva, 2017, № 3, с.43-47.
15. **İskəndərov E.X.** Dəniz yataqlarında multifazalı quyu məhsullarının yığılması və nəqlinin optimal texnologiyaları // Bakı, Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, 2017, cild 9 №3, s.92-100.
16. **Искендеров Э.Х., Исмайылов Г.Г., Исмайылова Ф.Б.** Исследование влияния степени обводненности нефти на состав газовой фазы // Bakı, АМЕА, Beynəlxalq "Eko-energetika" Akademiyası, "EKOENERGETİKA" Elmi-texniki jurnalı, 2017, №3, s.76-83.

17. **İsmayılov Q.Q., Ələkbərov Y.Z., Seyfullayev Q.H., İskəndərov E.X.** Magistral qaz kəmərlərində texnoloji çətinliklərin yaranma səbəbləri və aradan qaldırılması yolları // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, Bakı, 2017, №6, s. 37-42.
18. **İskəndərov E.Kh.** Efficiency Of Offshore Gaspipelines / E.Kh. İskəndərov, "Science & Applied Engineering Quarterly", London, Published in the UK," 2017, p.20-22.
19. **İsmayılov Q.Q., İskəndərov E.X., Seyfullayev Q.H., İsmayılova F.B.** Boru kəmərlərindən neft və qaz sızmalarının süni neyron texnologiyaları əsasında diaqnostikası // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, Bakı: 2017, cild 19, №4 (108), s. 29-39.
20. **İskəndərov E.X., Qurbanov M.M., Sadiqov R.E., Ələkbərova G.Ə.** Mexaniki möhkəm kompozitlərlə qoruyucu kəmərlərin korroziyadan mühafizəsi // Nəzəri və tətbiqi mexanika, Ali məktəblərarası elmi-texniki jurnal, Bakı, 2017, №3-4, s.21-25.
21. **Mirələmov H.F., İskəndərov E.X.** Enerjiyə qənaətli texnologiyaların tətbiqi ilə qaz nəzarət-ölçü sisteminin təkmilləşdirilməsi haqqında // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, Bakı, 2017, Cild 9, № 4, s. 50-54.
22. **İsmayılov Q.Q., İsmayılova F.B., İskəndərov E.X., Adıgözəlova M.B.** Neftqazçıxarmada multifazlı texnologiyalar, Bakı, Elm nəşriyyatı, 2017, 248 s.
23. **İsmayılov Q.Q., Seyfullayev Q.H., Ələkbərov Y.Z., İskəndərov E.X., İsmayılov R.Ə., İsmayılova F.B., Hüseynov Ə.C., Mirzəyev V.H.** Qaz kəmərlərinin texnoloji vəziyyətinin diaqnostikası üzrə metodik rəhbərlik, Bakı, Elm nəşriyyatı, 2017, 38s.
24. **İskəndərov E.X., Qurbanov M.M., Sadiqov R.E.** Neft mədən avadanlıqlarının korroziyadan mühafizəsinin nəzəri və praktiki əsasları // Azərbaycan Neft təsərrüfatı, Bakı, 2017, №10, s. 41-46.
25. **İskəndərov E.X., İsmayılov Q.Q., F.B. İsmayılova** Multifazlı qaz kəmərlərində hidrodinamik korroziya problemləri və onların

həlli yolları // Odlar Yurdu Universitetinin elmi və pedaqoji xəbərləri, Bakı, 2017, № 47, s. 60-66.

26. **Исмайылов Г.Г., Искендеров Э.Х., Курбанов М.М., Садыгов Р.Э.** Защита от коррозии нефтепромысловых коллекторных трубопроводов // Материалы V Международной научно-технической конференции «Геология и углеводородный потенциал Балкано-Черноморского региона», Варна, 18 - 22 сентября, 2017, с.247-252.
27. **İskandarov E.Kh., Gurbanov M.M., Sadigov R.E.** Corrosion-resistant composite basalt-plastic casing pipes of oil wells // Материалы V Международной научно-технической конференции «Геология и углеводородный потенциал Балкано-Черноморского региона», Варна, 18 - 22 сентября, 2017, с.253-256.
28. **Искендеров Э.Х.** Прогнозирование обводненности перекачиваемых нефтеводоконденсатных смесей // Сборник материалов всероссийской научно-технической конференции «Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых запасов углеводородов», Ухта, 02-03 ноября 2017, УГТУ, с. 202-204.
29. **Исмайылов Г.Г., Искендеров Э.Х.** О влиянии давления на расход газированных жидкостей в трубопроводах промыслового сбора // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли», Альметьевск: 25-28 октября, 2017, Том I, с.447-452.
30. **Искендеров Э.Х.** Некоторые вопросы повышения эффективности функционирования трубопроводов транспорта газоконденсатных смесей // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли», Альметьевск, 25-28 октября 2017, Том I, с.443-447.

31. **İsmayilov Q.Q., Y.Z. Ələkbərov, E.X. İskəndərov, İsmayılova F.B.** Ekstremal şəraitlərdə qazların yığılması, hazırlanması və nəqli, Bakı, ELM nəşriyyatı, 2018, 506 s.
32. **Исмайылов Г.Г., Искендеров Э.Х., Насиф Валид Мухамед** Об одной специфической проблеме при смешении промысловых нефтей // Материалы международной конференции «Рассохинские чтения», УГТУ, Ухта, 1-2 февраля, 2018, с. 284-288.
33. **İsmayilov Q.Q., İskəndərov E.X., İsmayılova F.B.** Multifazalı yığım-nəql boru kəmərlərində korroziya problemləri // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Yer elmləri xəbərləri, Bakı, 2018, №1, s. 31-37.
34. **İskəndərov E.X., İsmayılova F.B.** Qismən qazsızlaşdırılmış neftlərin sulaşma dərəcələrinin qazın tərkibinə görə diaqnostikası // Azərbaycan ali texniki məktəblərinin xəbərləri, Bakı: 2018, Cild 20, №2 (112), s. 19-24.
35. **İskəndərov E.X.** Nəql olunan təbii və səmt qazların qarışığında struktur dəyişikliyin diaqnostikası // Bakı, Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, 2018, cild 10, №3, s. 75-79.
36. **İskenderov E. H.** Some Problems Of Improvement Of Ecological Parameters Of Oil Pipelines // “Modern problems of innovative echnologies in oil and gaz roduction applied mathematics” proceedings of the international conference dediscadet to the 90th anniversary of Academician Azad Khalil oglu Mirzajanzade, Baku, December 13-14, 2018, pp.437-439.
37. **İsmayilov G.G, İskenderov E. H.** The efficiency of functioning multiphase gas pipelines // “Modern problems of innovative echnologies in oil and gaz roduction applied mathematics” proceedings of the international conference dediscadet to the 90th anniversary of Academician Azad Khalil oglu Mirzajanzade, Baku, December 13-14, 2018, pp. 444-446.
38. **Мираламов Г.Ф., Искендеров Э.Х., Сейфуллаев Г.Х.** Диагностирование внутреннего состояния газопроводов //

Сборник тезисов IX Международной научно-технической конференции «Надежность и безопасность Магистрального Трубопроводного транспорта», Новополюцк, 18–20 декабря 2018, с. 53-54.

39. **İsmayılov Q.Q., İskəndərov E.X., Seyfullayev Q.H., Nacif V.M.** Qaz-kondensat kəmərinin hidravlik hesablanması // “NQGP və K” ETİ nin Elmi əsərləri, Bakı, 2018, XVIII cild, s. 276-281.
40. **İsmayılov Q.Q., İskəndərov E.X., Zeynalova G.A., Xəlilov F.T.** Mədən boru kəmərlərində texnoloji çətinliklər və onların aradan qaldırılması yolları // “NQGP və K” ETİ Elmi əsərləri, Bakı, 2018, XVIII cild, s. 281-287.
41. **İskəndərov E.X., İsmayılova F.B., Bəbirov H.M.** Multifazalı texnologiyaların dəniz mədənlərində tətbiqinin perspektivliliyi haqqında // “NQGP və K” ETİ-nin Elmi əsərləri, Bakı, 2018, XVIII cild, s. 292-298.
42. **İsmayılov Q.Q., İskəndərov E.X., Qurbanov M.M., Sadıqov R.E.** Neft məhsulları saxlanılan rezervuarların, cənlərin və digər tutumların korroziyadan mühafizəsində bazalt plastik polimerlərin tətbiqi texnologiyası // Akademik M. Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” Elmi Konfransının materialları, AMEA Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, 2018, s. 56.
43. **Исмайылов Г.Г., Исмайылова Ф.Б., Искендеров Э.Х.** Об эффективности функционирования мультифазных газопроводов с учетом динамики разработки газоконденсатных залежей // МАТЕРИАЛЫ Международной научно-практической конференции «СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗРЕЛЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ», Актау, 16-17 май 2019, «Научно-исследовательский институт технологий добычи и бурения «КазМунайГаз» «КазНИПИМунайгаз», 2-том, с.75-82.
44. **Мираламов Г.Ф., Исмайылов Г.Г., Искендеров Э.Х., Сейфуллаев Г.Х.** Кластерный анализ функционирования

- газопроводов // Материалы Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы эксплуатации зрелых месторождений» 5-летию «КазНИПИ мунайгаз», Актау, 16-17 май 2019, «Научно-исследовательский институт технологий добычи и бурения «КазМунайГаз» «КазНИПИмунайгаз», 2-том, с.127-135.
45. **Gafar G. Ismayilov, Vugar M. Fataliyev, Elman Kh. İskandarov** Investigating the impact of dissolved natural gas on the flow characteristics of multicomponent fluid in pipelines // *Open Phys.*, 2019;17, p.206 -213.
46. **Мираламов Г. Ф., Исмайылов Г. Г., Искендеров Э. Х., Избасаров Е. И.** Состав газа – диагностирующий признак для структурных изменений в газовых потоках // Материалы международной конференции «Рассохинские чтения», Ухта, УГТУ, 7–8 февраля 2019, с. 101-104.
47. **Искендеров Э.Х.** Выбор оптимального диаметра мультифазных подводных газопроводов // *Bakı, Azərbaycan ali texniki məktəblərinin xəbərləri*, 2019, Cild 21, №3 (119), s. 35-41
48. **Ramazanova E.E., İsmayilov Q.Q., Ələkbərov Y.Z., İskəndərov E.X., İsmayilova F.B., Xəlilov R.Z.** Patent, faydalı model (Azərbaycan) Qazların hazırlanması üçün boru tipli qurğu // F 2019 0004, 2019.
49. **Искендеров Э.Х.** Диагностирование структурных изменений в газовых потоках // Москва, **ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)** Ежемесячный научный журнал, 2019, № 7 (64), 6 часть, с.47-51.
50. **Исмайылов Г.Г., Искендеров Э.Х.** Анализ работы компрессорных станций на основе электрической аналогии // *SOCAR Proceedings, Bakı*, 2019, № 3, s. 081-087.
51. **İsmayilov G. G., İskenderov E. H., İsmayilova F.B.** Diagnostic Operation of Gas Pipelines Based On Artificial Neuron Technologies // 10th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and

Perceptions - ICSCCW 2019, Prague-Czech Republic, 27-28 August, 2019, p.787-791.

52. **İsmayilov G. G., İskenderov E. H., İsmaylova F.B.** Diagnosis of functioning of gas pipelines by cluster analysis method // 10th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perceptions - ICSCCW 2019, Prague-Czech Republic, 27-28 August, 2019, p. 557-564.
53. **Исмайылов Г.Г., Искендеров Э.Х., Исмайылова Ф.Б.** Управляемые способы гашения пульсаций давления в мультифазных трубопроводах // Инженерно – физический журнал, Минск, 2020, №1, с. 222-228.

Tədqiqatçının dərc olunmuş əsərlərdə şəxsi töhfəsi:

[15, 18, 28, 30, 35-36, 47, 49] sayılı əsərlər sərbəst;

[1-4, 6, 21, 38, 44, 46] sayılı əsərlərdə məsələnin qoyuluşu, təcrübi tədqiqatların aparılması, texnologiya və üsulların işlənməsi və nəticələrin təhlili;

[11, 13-14, 16, 20, 24-25, 27, 34, 41] əsərlərdə məsələlərin nəzəri və təcrübi qoyuluşu, nəticələrin sistemləşdirilməsi və işlənməsi, diaqnostika üsullarının əsaslandırılması;

[5, 7-10, 12, 17, 19, 22-23, 26, 29, 31-33, 37, 39-40, 42-43, 45, 48, 50-53] sayılı əsərlərdə texnoloji və magistral qaz kəmərlərində istismar çətinliklərinin təhlili, istismar və təcrübi məlumatların sistemləşdirilməsi və riyazi işlənməsi, nəticələrin təhlili, nəzarət-diaqnostika üsullarının işlənməsi.

Dissertasiyanın müdafiəsi 07 may 2021-ci il tarixində saat 11:00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.03 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, D.Əliyeva 227

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 01 aprel 2020-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 18 mart 2021-ci il

Kağızın formatı: A5

Həcm: 79000

Tiraj: 100