

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

NEFT HASILATI, İLKİN HAZIRLANMASI, NƏQLİ VƏ SAXLANILMASI PROSESLƏRİNİN YÜKSƏK DƏQİQLİKLİ İNFORSASIYA-ÖLÇMƏ VƏ İDARƏETMƏ KOMPLEKSİNİN İŞLƏNMƏSİ VƏ TƏDQIQI

İxtisas: 3337.01 – İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Məzahir Məhəmməd oğlu İsayev**

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI - 2021

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının İdarəetmə Sistemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi məsləhətçi:

texnika elmləri doktoru, professor
Abbas Heydər oğlu Rzayev

Rəsmi opponentlər:

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika elmləri doktoru, professor
İsmayıl Mahmud oğlu İsmayılov

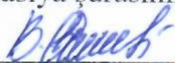
Əməkdar Elm Xadimi, texnika
elmləri doktoru, professor
Ramiz Topuş oğlu Hümbətov

Texnika elmləri doktoru, professor
Rəhim Qurban oğlu Məmmədov

Texnika elmləri doktoru, professor
Orxan Ziyəddin oğlu Əfəndiyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



texnika elmləri doktoru, professor
Vaqif Əlicavad oğlu Qasimov

Dissertasiya şurasının elmi katibi



texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Vahid Qara oğlu Fərhadov

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent
Namiq Tahir oğlu Abdullayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müasir dünya iqtisadiyyatına dönmədən integrasiya edən müstəqil Azərbaycan Respublikası Qafqaz nəqliyyat dəhlizində nəhəng neft və qaz kəmərlərinə sahiblik etməklə Asiya və Avropa qitələri arasında iqtisadi körpü rolunu oynamaqla yanaşı, sürətli və davamlı iqtisadi inkişafa nail olmuşdur. Bu gün ölkəmizin neft emalı müəssisələrinin qarşısında duran əsas məsələ son illərdə qazanılmış uğurları möhkəmləndirmək, dünya bazarlarına davamlı olaraq yüksək keyfiyyətli neft və neft məhsulları (NNM) çıxarmaq, daxili tələbatı tam ödəməkdən ibarətdir.

Ölkəmizdə karbohidrogen ehtiyatlarının istismarı, xam neft ehtiyatlarının aşkar edilməsi, çıxarılması, emalı, dünya bazarına ixracı məqsədlə dünyanın ən iri neft şirkətləri ilə birgə yaradılmış konsern tərəfindən inşa edilmiş neft və qaz çıxarma platformaları, neftin ilkin emalı qurğuları, neft anbarları, magistral boru kəmərləri, terminallar, digər texnoloji qurğular nəhəng və mürəkkəb sxemlərdən ibarətdir.

Hazırda neft hasilatı, ilkin emalı, anbarlarda saxlanması, sifarişlər əsasında buraxılması, neft kəmərləri ilə daşınması proseslərində mərkəzləşdirilmiş idarəetmə mövcud deyildir. Bu obyektlər öz-özlüyündə fərdi təsərrüfat vahidləri kimi fəaliyyət göstərdikləri üçün onların arasında istehsal – təsərrüfat əlaqələri mövcud deyildir və bu səbəblərdən proseslərə kompleks nəzarət, operativ və etibarlı idarəetmə, yüksək dəqiqliklə ölçmələr mümkün olmur, nəticədə məhsulun vahid balansı nəzərətdən kənar qalır, iqtisadi itgilər baş verir.

Eyni zamanda, istismar olunan müasir nəzarət-ölçmə və idarəetmə sistemlərinin avtomatlaşdırma səviyyəsi xeyli aşağıdır. Bu sistemlərdə texnoloji qurğuların mürəkkəbliyi, ölçmələrin qeyri-dəqiqliyi, nəzarət və idarəetmənin qeyri-operativliyi, texnoloji xətlərin germetikliyinə (kip) avtomatlaşdırılmış nəzarətin olmaması və digər çoxsaylı ciddi səbəblərdən onlar səmərəli hesab edilə bilməzlər.

Neft sənayesində mövcud olan, yuxarıda qeyd edilən çoxsaylı ciddi çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün dissertasiya işində yüksək dəqiqliyə, operativliyə və etibarlılığa malik nəzarət-ölçmə və idarəetmə kompleksinin işlənməsi və tədqiq edilməsi aktual məsələ kimi qoyulmuş və müəyyən səviyyədə həll edilmişdir.

Qeyd olunan məsələlər dissertasiya işinin əsas mövzusunı təşkil etdiyi üçün onların sadə və səmərəli həll üsulları tədqiq edilmiş, milli sərvətimiz olan neft hasilatı, emalı, saxlanması və nəqli proseslərində müasir texnologiyaların tətbiqi və kompleks avtomatlaşdırmanın həyata keçirilməsi əsas istiqamət kimi seçilmişdir.

Beləliklə, neft sənayesi obyektlərinin texnoloji xətlərində, qovşaqlarda yüksək ölçmə dəqiqliyini və səmərəli idarəetməni təmin edən, məhsulun fasiləsiz dəqiq uçotunu və ümumi balansını həyata keçirən informasiya-ölçmə sistemlərinin (İÖS) və onların vahid informasiya şəbəkəsində birləşməsini təmin edən proqram-texniki kompleksin (PTK) işlənməsinin aktual məsələləri təqdim edilmişdir.

Neft, qaz və kimya sənayesinin kompleks avtomatlaşdırılması istiqamətində Azərbaycanın tanınmış elm xadimləri, akademiklər Ə.Ə. Abdullayev, İ.Ə. İbrahimov, T.M. Əliyev, T.A. Əliyev və digər görkəmli alimlər çoxsaylı nəzəri-paktiki orijinal üsullar, avtomatlaşdırılmış qurğular, cihazlar, nəzarət-ölçmə sistemləri və ən başlıcası isə ölkəmizə peşəkar mütəxəssislər ordusu bəxş etmişlər. Keçmiş SSRİ-nin neft-qaz sənayesi obyektlərinin kompleks avtomatlaşdırılmasında Azərbaycan mütəxəssislərinin böyük əməyi vardır və bu danılmaz faktır.

Qeyd olunan obyektlər üçün testləşdirilmiş İÖS-nin işlənməsi, bütün ÖS-in PTK şəviiyəsində təşkili və tətbiqi sayəsində idarəetmənin vahid mərkəzdən həyata keçirilməsi reallaşmış olur. Bu zaman NNM-in yüksək dəqiqliklə uçotunun və balansının aparılmasına, məhsulun itkisinə və ekoloji tarazılığa operativ nəzarətə, müəssisələrin rentabelliyyəsinin və iqtisadi göstəricilərinin yüksəldilməsinə nail olunur. Bütün bunlar dissertasiya işində qoyulmuş məsələlərin yeniliyini, özünəqədərki üsul və vasitələrdən dəqiqliyinə və səmərəliliyinə görə fərqlənən yeni həll üsullarının işlənməsi mövzusunun aktuallığını şərtləndirir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti.

Tədqiqatın obyektı neft sənayesinin hasilat, neftin ilkin hazırlanması, nəqli və saxlanması obyektləri, texnoloji xətlər, uçot qovşaqları və onların avtomatlaşdırılmasıdır.

Tədqiqatın predmeti isə həmin obyektlərdə gedən proseslərə avtomatlaşdırılmış nəzarəti və texnoloji parametrlərin yüksək ölçmə

dəqiqliyini təmin edən üsul və vasitələrin informasiya-ölçmə və idarəetmə kompleksi səviyyəsində işlənməsi və tətbiqindən ibarətdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Neft sənayesi obyektləri üçün yüksək ölçmə dəqiqliyinə malik testləşdirilmiş informasiya-ölçmə sistemlərinin və onların vahid informasiya məkanında birləşməsini təmin edən proqram-texniki kompleksin işlənməsindən ibarətdir. Tədqiqatın məqsədinə uyğun olaraq dissertasiya işində aşağıdakı vəzifələr qarşıya qoyulmuşdur:

1. Neft mədənlərindən çıxarılan neft qarışığının hazırlanması və ilkin ayrılması üçün yeni üsul və vasitələrin işlənməsi.
2. Neftin uçot qovşaqları üçün yüksək dəqiqliyə malik ölçmə sistemlərinin işlənməsi.
3. Magistral boru kəmərlərində maye yanacağı axın sərfinin və tərkibinin təyininə görə kommersiya uçot sisteminin işlənməsi.
4. Neft anbarlarında və terminallarda neftin kommersiya uçotu sisteminin işlənməsi.
5. Neft anbarlarında məhsulun hərəkət dinamikasına görə onun miqdarının təyini.
6. Korporativ şəbəkəli proqram-texniki kompleksin işlənməsi.
7. İlk ölçmə sistemlərinin metroloji xarakteristikalarının tədqiqi.
8. Tədqiqat işinin nəticələrinin reallaşdırılması.

Tədqiqat üsulları. Dissertasiya işinin əsas tədqiqat üsulları fundamental və ənənəvi eksperimental yanaşmalar fonunda nəzəri tədqiqatlara, laboratoriya təcrübələrinə və real sınaqlara əsaslanmış ölçmə və idarəetmə nəzəriyyəsi, modelləşdirmə, eksperimentlərin planlaşdırılması, ehtimal nəzəriyyəsi, riyazi-statistika, informasiya texnologiyalar və digər fundamental nəzəri-təcrübi vasitələrdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Neftin uçot qovşağı və qurğuların tədqiqi, maye yanacağı kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinin təyini.
2. Neftin ilkin ayrılması qurğusunun modernləşdirilməsi, pyezometrik ölçmə üsulu əsasında maye qarışığının tərkibinin təyini.
3. Axında neftin kəmiyyət və keyfiyyət parametrlərinin təyini, yüksək ölçmə dəqiqliyinin təmin edilməsi üçün testləşdirilmiş ölçmə sisteminin və alqoritmin işlənməsi.
4. Neft çənlərində məhsulun kommersiya uçotu üçün yeni strukturalı

testləşdirilmiş informasiya-ölçmə sisteminin işlənməsi.

5. Müxtəlif həndəsi ölçülü və formalı neft çənləri üçün avtomatlaşdırılmış kalibrləmə üsulunun və sistemin işlənməsi.
6. Anbarlarda maye yanacağın uzunmüddətli dövriyyəsi prosesinin riyazi modelləşdirilməsi və seçmə xarakteristikanın təyini.
7. Neft sənayesi obyektlərində məhsulun vahid kommertsiya uçot sisteminin proqram-texniki kompleks səviyyəsində işlənməsi.
8. Qeyri-xətti çevirmə funksiyalı ilkin ölçmə sistemləri üçün hibrid test alqoritmlərin işlənməsi.
9. Ölçmə nəticələrinin xəta təşkeidicilərinin qiymətləndirilməsi.

Elmi yenilikləri. İşin əsas elmi yenilikləri aşağıdakılardır:

1. Neft emulsiyasının kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərini təyin etmək üçün analitik ifadələr alınmışdır [16].
2. Neft quyularının debitinin mövcud ölçmə qurğusu modernləşdirilmiş, ölçmə dəqiqliyinin və operativliyin yüksəldilməsi üçün hidrostatik təzyiqlər fərqinin ölçülməsinə əsaslanan testləşdirilmiş ölçmə sistem işlənməmişdir [2, 19, 21].
3. Neftin ayrılması qurğusu (separator) modernləşdirilmiş, yüksək ölçmə dəqiqliyinin təmin edilməsi üçün hidrostatik təzyiqlər fərqinin ölçmə sistemi və alqoritm işlənməmişdir [19, 21].
4. Neftin ilkin ayrılması prosesinin səmərəliliyini yüksəltmək üçün separatorun giriş kollektorunda kimyəvi reagentlərin yüksək ölçmə dəqiqliyi ilə qarışdırılmasını təmin edən avtomatlaşdırılmış ölçmə sistemi və alqoritm təklif edilmişdir [28].
5. Neftin axın sərfinin lokal parametrləri ilə inteqral xarakteristikasını əlaqələndirən riyazi model alınmış və separator qurğusunda emulsiyanın funksional tərkibinin monoton qeyri-xətti asılılığı müəyyən edilmişdir [22, 26].
6. Müxtəlif həndəsi ölçülü neft çənləri üçün pyezometrik ölçmə üsuluna əsaslanan avtomatlaşdırılmış kalibrləmə sistemi və fərdi kalibrləmə cədvəllərinin tərtibat metodikası işlənməmişdir [18, 20].
7. Neft çənlərində məhsulun kommertsiya uçotunu həyata keçirən yeni strukturlu, çoxparametrlı kommertsiya uçot sistemi və informasiya təminatı işlənməmişdir [22, 27].

8. Neft anbarında yanacağıın uzunmüddətli dövriyyəsi stoxastik proses şəklində modelləşdirilmiş, seçmə xarakteristikaları müəyyən edilmiş, informasiya təminatı işlənmişdir [5-8, 10, 17].
9. Ölçmə sistemləri üçün hibrit test alqoritmləri işlənmiş, onların reallaşdırılması üçün sxemlər qurulmuşdur [14, 15, 39, 40].
10. Ölçmə sistemlərinin xətlərinin təshihedici alqoritmləri işlənmiş və tədqiq edilmişdir [12, 13, 16, 27, 28, 30, 32, 33, 37, 38].

İşin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. İşdə alınmış əsas nəticələr həm nəzəri, həm də tətbiqi əhəmiyyət kəsb edir.

İşin nəzəri əhəmiyyəti – işlənmiş ölçmə sistemləri tədqiq edilmiş, ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi üçün hibrit test alqoritmləri, çevirmə funksiyalarının qeyri-xətti aproksimasiyası, ölçmə nəticələrinin xətləri və xəta təşkilediciləri üçün təshihedici alqoritmlər işlənmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti: alınmış nəticələrin, işlənilib hazırlanmış ölçmə üsul və vasitələrin neft sənayesi obyektlərinə tətbiqi sayəsində məhsulun miqdarının yüksək dəqiqliklə ölçülməsi – kommersiya uçotunun, dəqiq balansın reallaşması, məhsul itkisinin və uçotdan yayınmaların qarşısının alınması mümkün olur.

Tədqiqatın nəticələrinin realizasiyası.

- Dissertasiya işinin mövzusu üzrə aparılan tədqiqat işlərinin nəticələri Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Mühüm Nəticələrinə daxil edilmişdir.
- Tədqiqat işinin nəticələri AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun 1-10 saylı laboratoriyasında, “Neftqazavtomat” EİM-də, “Sənayeavtomatika” İB-də və ADNS-in müvafiq obyektlərinə sınaqdan keçirilmiş, nəticələrin adekvatlığını təsdiq edən aktlar alınmışdır.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas müddələri aşağıdakı elmi sipozium və konfranslarda məruzə edilmişdir: 2ND International Advanced Technologies Symposium (İstanbul, 1999), Second International Symposium on Mathematical & Computational Applications (Baku, 1999), II Beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt, 1999), İnformasiyalaşdırma, kibernetika və informasiya texnologiyalarının müasir problemləri (Bakı, 2003), 4^{ax} МЭПП-2003 (Баку, 2003), Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий (Баку, 2004), 5^{ax} Международная НТК “Микроэлек-

тронные преобразователи и приборы на их основе” (Баку, 2005), Third International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering (2006, Ankara), VII Международной НПК «СИЭЕ-2006» (Одесса, 2006), The International Conference on Problem of Cybernetics and Informatics (Baku, 2006, 2008, 2010, 2012), The 2nd International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (Baku, 2009), Международной НПК «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана» (Актау, 2011), XVI Международной конференции «Информационные технологии и математическое моделирование» (Казань, 2017), I Международной НТК «Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации» (Уфа, 2017), 6th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (Baku, 2018), “Ölçmə və keyfiyyət: problemlər, perspektivlər” mövzusunda Beynəlxalq ETK (Bakı, 2018), 1st International Scientific-Practical Conference on Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives (Baku, 2019), 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (Baku, 2020).

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiya işi üzrə 90-dan çox elmi iş: onlardan 40 məqalə, o cümlədən 12-si xarici ölkə jurnallarında (3 məqalə Scopus, 3 Web of Science, 2 PИHЦ beynəlxalq bazalarına daxildir), 45 iş beynəlxalq konfransların materiallarında nəşr olunmuşdur, 4 patent alınmışdır, onlardan 1 Avroasiya patenti, 3 monoqrafiya AMEA-nın Elmi Şurasının qərarları ilə nəşr olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının İdarəetmə Sistemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın həcmi və strukturu. Dissertasiya işi girişdən, altı fəsilədən, əsas nəticələrdən, 303 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından, əlavələrdən və ixtisarların siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 300 səhifə, əsas həcmi isə 5 cədvəl, 32 şəkil daxil olmaqla 262 (560000 işarə) səhifə təşkil edir. 1-ci fəsil - 180000, 2-ci fəsil - 82000, 3-cü fəsil - 80000, 4-cü fəsil - 30000, 5-ci fəsil - 42000, 6-cı fəsil - 80000 işarədən ibarətdir.

DİSSERTASIYANIN MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, bu sahədə fəaliyyət göstərən aparıcı elmi məktəblər təqdim edilmiş, tədqiqatın məqsədi və məsələləri müəyyənləşdirilmiş, əsas elmi yeniliklər, işin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti göstərilmiş, təklif edilən üsulların, modellərin və qurğuların tətbiqi, işin aprobeasiyası, strukturu və həcmi haqqında məlumat verilmişdir.

Birinci fəsilə neft-qaz sənayesi obyektlərinin tədqiqat sahələrinin elmi-nəzəri aspektləri, istismar olunan mövcud üsul və vasitələr, texnologiyalar və avtomatlaşma səviyyələri təhlil edilmişdir [17, 35]. Neft hasilatında müasir texnoloji sxemlər, çıxarılan neft qarışığının yığılması, lay sularından, təbii qaz və mexaniki qarışıqlardan təmizlənməsi, neftin ilkin hazırlanması, əmtəə neftinin fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq edilmişdir [1-40].

Neftin axın parametrləri, axın miqdarını təyin etmək üçün tətbiq olunan mövcud ölçmə üsulları və vasitələri təhlil edilmiş, onların texnoloji və avtomatlaşdırma səviyyələri, o cümlədən çatışmazlıqları qiymətləndirilmişdir. Axın dinamik proses olduğu üçün belə bir mühitdə tətbiq olunan ölçmə vasitələri və üsullar yüksək dəqiqliyi təmin edə bilmir. Müəyyən olunmuşdur ki, neftin uçot qovşaqlarının (NUQ) strukturu mürəkkəbdir, avtomatlaşdırma səviyyəsi xeyli aşağıdır, istismar şəraitində ilkin ölçmə vasitələrinin kalibrlənməsi əl ilə həyata keçirilir və s. Bütün bu səbəblərdən məhsulun miqdarına yüksək dəqiqliklə nəzarət mümkün olmur, istehsalın səmərəliliyi və iqtisadi göstəriciləri xeyli aşağı düşür. Beləliklə, NUQ-un müasir SMART vericilər və intellektual informasiya-ölçmə sistemləri (İÖS) səviyyəsində qurulması qərarı verilmişdir [31, 35].

Qeyd olunan problemlərin səmərəli həlli üçün aşağıdakı məsələlər tədqiqata cəlb edilmişdir:

- mədənlərdən hasilatın toplanması, ilkin hazırlanması, emalı üsulları və texnoloji avadanlıqların avtomatlaşdırılması səviyyəsi;
- neftin ilkin emalının səmərəliliyinin yüksəldilməsi, xam neftin fiziki və kimyəvi xassələri, neftin ayrılması prosesi, istismar edilən qurğular və onların fəaliyyəti, çatışmazlıqların aşkar edilməsi;
- neft hasilatı obyektlərinin kompleks avtomatlaşdırılması, müasir texnologiyaların tətbiqi, uçot qovşaqlarında yüksək ölçmə dəqiqliyi-

nin təmini, optimal idarəetmə üçün yeni prinsiplərə istinad edən üsul və vasitələrin inteqrasiyası.

Bu bölmədə eyni zamanda neft hasilatı, neftin toplanması, miqdarına və tərkibinə nəzarət, onun əmtəə nefti səviyyəsinə gətirilməsi, borularla nəqli, anbarlara qəbulu, saxlanması proseslərində yüksək dəqiqliklə ölçmə və operativ uçotun həyata keçirilməsi məsələləri tədqiqata cəlb olunmuşdur. Tədqiqat nəticəsində bütün bu proseslər və mərhələlərin tam avtomatlaşdırılması, orijinal ölçmə üsul və vasitələrin, yüksək ölçmə dəqiqliyini təmin edən intellektual informasiya-ölçmə sistemlərinin yeni strukturda işlənməsi və real istismar şəraitinə adaptasiya edilməsi qənaətinə gəlinmişdir.

Sonda təqdim olunmuş konsepsiyada təsnifat modeli neftçıxarma, neft kəmərləri, neft anbarları, terminallar və s. obyektləri əhatə etməklə, onların vahid korporativ şəbəkədə birləşməsini, proqram-texniki kompleks (PTK) səviyyəsinə gətirilməsini müəyyən edir.

İkinci fəsildə çıxarılmış neftin kəmiyyət və keyfiyyət göstəriciləri, neft qarışığının tərkibində olan maddələrin miqdarının ayrı-ayrılıqda təyin olunması üçün yeni üsul və vasitələr işlənmişdir. Neftin qarışıqlardan ayrılmasının səmərəliliyini yüksəltmək üçün mövcud texnologiyalar modernləşdirilmiş, separatorun giriş kollektorunda maye qarışığına (MQ) qatılacaq kimyəvi reagentlərin dozalarına, içərisinə doldurulmuş MQ-in miqdarına, tərkibinə, ayrılma prosesinə yüksək dəqiqliklə nəzarəti yerinə yetirən testləşdirilmiş İÖS işlənmişdir.

Neft quyularından hasil olunan maye qarışığının (MQ) tərkibindən əmtəə neftini (ƏN) tam ayrılmaq üçün MQ-in tərkibi əvvəlcədən müəyyən olunmalıdır [25, 36]. Hasilat MQ-in uçotunun hər bir quyu üçün ayrı-ayrılıqda aparılması tələb olunur. Bu halda quyuların debiti təyin olunur, uçotu yerinə yetirilir. Uçot qurğusunda nisbi xətanın buraxıla bilən həddi xam neftin kütləsi üçün $\pm 2,5\%$ təşkil edir¹ və göründüyü kimi, dəqiqlik həddi aşağıdır.

Qrupla ölçmə qurğusu (QÖQ) neftçıxarmada istifadə edilir və bu zaman bir neçə quyu seçilərək onlardan daxil olan MQ-in ümumi miqdarı ölçülür, tərkibindəki su və qazın miqdarı təyin edilir və həmin

¹ Ханов Н.И., Фатхутдинов А.Ш. и др. Измерения количества и качества нефти при сборе, транспортировке, переработке и коммерческом учете. –СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 2000, 270с. (s.99)

məlumatlar MQ-in sonrakı mərhələsində ayrılma prosesinin səmərəli tənzimlənməsi və idarə olunmasını şərtləndirir.

Ölçmə prosesinin səmərəli olması üçün istiqamətlərdən daxil olan MQ axında burulğana çevrilərək iki müxtəlif, böyük və kiçik axın xətlərinə ayrılır. Kiçik axın xəttində ölçmə aparıldıqdan sonra məhsuldarlığı az olan neftin hazırlanması qurğusuna (NHQ) verilir və çıxışında MQ-in göstəriciləri təyin edilərək böyük axın kollektoruna qarışdırılır.

Maye yanacağıın kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinin təyini:

Axın borusuna quraşdırılmış sərf ölçən sayğacın işçi zolağından axıb keçən ani sərfin miqdarının ölçülən qiyməti ilə ölçməyə sərf olunan zamana hasilinin inteqralı MQ-in miqdarını təyin edir [16]:

$$V = \int_0^{T_1} q_i dt, \quad (1)$$

burada q_i - məhsulun i -ci ölçmə dövründə ani sərfi, $m^3/saat$, T_i -hesabat dövrünün başlanğıcından keçən zaman müddətidir, *saat*.

Sayğacın göstərişi aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$Q_i = 3600 \cdot \frac{N_i}{k_i \cdot t_{s_i}}, \quad (2)$$

burada N_i - sərfölçənin t_{s_i} ölçmə müddətində impulsların sayı; k_i - çeviricinin t_{s_i} müddətindəki çevirmə əmsalındır (*impuls/m³*).

Axın sayğacından keçən mayenin miqdarı normal şəraitdə temperatur nisbətini əks etdirən əmsallara görə təyin edilir:

$$V = V_t \cdot k_t \cdot k_p, \quad (3)$$

burada V_t - həcmi t temperaturdakı qiyməti, k_t , k_p - müvafiq olaraq temperatur və təzyiqdən asılı əmsallardır:

$$k_t = 1 - \beta(t_m - 20), \quad (4)$$

burada β - məhsulun temperaturdan genişlənmə əmsalı, $^{\circ}C^{-1}$; t_m - sərf çeviricisindən keçən məhsulun temperaturudur:

$$k_p = 1 + f \cdot p_m, \quad (5)$$

burada f - məhsulun sıxılma əmsalı, MPa^{-1} , p_m - məhsulun sərf çeviricisindəki izafi təzyiqidir, *MPa*.

Bəzi hallarda, xüsusən neftin uçot qovşağında əmtəə neftinin tərkibində sərbəst qaz iştirak edir və bu qazın həcmi məhsulun həcmində nəzərə almaq üçün düzəliş əmsalı daxil edilir:

$$V_0 = V_t \cdot k_t \cdot k_p \cdot k_{sq}, \quad (6)$$

burada k_{sq} - sərbəst qazın miqdarını nəzərə alan əmsal olub aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$k_{sq} = 1 - \frac{V_{sq}}{100}, \quad (7)$$

burada V_{sq} - işçi şəraitdə (təzyiq və temperaturda) məhsulun tərkibində sərbəst qazın tutduğu həcmdir, %.

Adətən məhsulun həcmi ilə sıxlığı ölçmə qovşaqlarında müxtəlif şəraitlərdə ölçülür və bu səbəbdən sıxlıqölçən keyfiyyətə nəzarət blokunda (KNB) quraşdırılır. Buna görə də həcm və sıxlığın ölçmə nəticələri eyni şəraitə gətirilməlidir.

Beləliklə, KNB-də məhsulun kütləsi aşağıdakı düsturla təyin ediləcək:

$$m = V_t \cdot \rho_{KNB} \cdot k_t \cdot k_p \cdot k_{sq}, \quad (8)$$

burada V_t - sərf çeviricisində məhsulun cari temperatur və təzyiqə uyğun ölçülmüş həcmi, m^3 ; ρ_{KNB} - keyfiyyətə nəzarət blokunda məhsulun verilmiş temperaturda və təzyiqdə sıxlığı, kq/m^3 ; k_t , k_p –temperatur və təzyiqə görə düzəliş əmsalları olub aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$k_t = 1 - \beta(t_\zeta - t_{KNB}), \quad (9)$$

və

$$k_p = 1 + F(p_\zeta - p_{KNB}), \quad (10)$$

burada t_ζ , p_ζ və t_{KNB} , p_{KNB} - temperatur və təzyiqin uyğun olaraq sərf çeviricisində və KNB-dəki müvafiq qiymətləridir.

Neftin tərkibində qalan qalıq maddələrin kütləsini nəzərə alsaq, onda məhsulun xalis kütləsi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$m_x = m - m_{art.}, \quad (11)$$

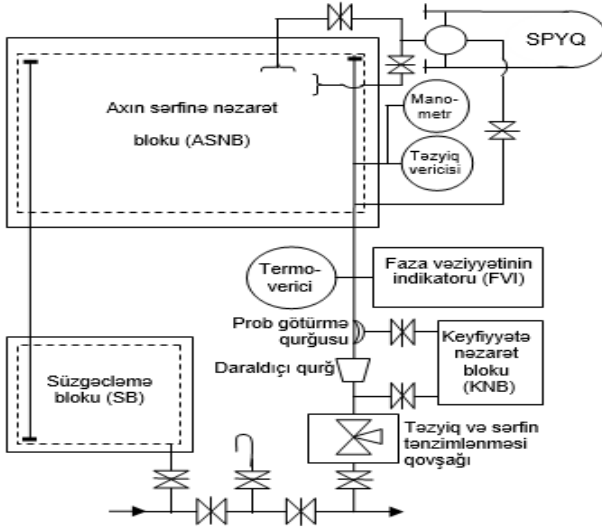
burada m_x - normal şəraitdə məhsulun xalis kütləsi; m - məhsulun təyin edilmiş kütləsi; $m_{art.}$ - məhsulda artıq kütlədir.

Texniki şərtə uyğun olaraq məhsuldakı artıq kütləyə su, duz, kükürd, mexaniki qarışıqlar və digər maddələr aid edilir. Bu parametrlərlə yanaşı, məhsulun hər hansı hesabət dövründə keyfiyyət parametrlərinin orta qiyməti təyin edilir:

$$p_{ort.} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (12)$$

burada V_i - i -ci zaman aralığında ölçülən həcm, P_i - parametrlərin i - ci aralıqlarda qiymətləri, n - ölçmə aralıqlarının sayıdır.

NUQ-un yeni strukturu şəkil 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. Neftin uçot qurğusu (NUQ)

Bu sxemdə real zaman miqyasında məhsulun miqdarının təyin edilməsi zamanı onun həcmi, sıxlığı, təzyiqi, temperaturu ilə yanaşı, keyfiyyət göstəriciləri də təyin olunur və sayğacdən keçən mayenin özlülüyü nəzərə alınır. Odur ki, istismar şəraitində ölçmə dəqiqliyinə təsir edən amillər və onların kompensasiyası yeni NUQ-da nəzərə alınmışdır.

NUQ-da hesabat məqsədilə temperatur və təzyiqin sutka ərzində ölçmə qiymətlərinin orta qiymətləri götürülür:

$$t = \sum_{i=1}^n t_i / n \text{ və } p = \sum_{i=1}^n p_i / n, \quad (13)$$

burada t_i , p_i - temperatur və təzyiqin müvafiq i -ci aralıqda ölçülən qiymətləri; n - ölçmələrin sayıdır.

Hasil edilmiş mayenin kütləsi ölçmə nəticələrinə görə aşağıdakı alqoritmlə təyin edilir və NUQ-da ölçülən mayenin həcmnin qiymətinə onun tərkibində olan sərbəst qazın nəzərə alınması ilə düzəliş edilir:

$$V_m = V \cdot k_{sq}, \quad (14)$$

burada, V - işçi şəraitində uçot qovşağında ölçülən mayenin həcmi, m^3 ; k_{sq} - sərbəst qazın maye həcminə təsirini nəzərə alan düzəliş əmsalidir:

$$k_{sq} = 1 - \frac{V_{sq}}{100}, \quad (15)$$

burada, V_{sq} - MQ-in tərkibindəki sərbəst qazın həcmidir, %.

Əgər neftin uçotu vahid həcm üçün və onda həll olunan sərbəst qaz nəzərə alınmaqla aparılırsa, normal şəraitdə mayenin xalis çəkisinə uyğun həcm aşağıdakı düsturla təyin ediləcəkdir:

$$V_x = V \cdot \left(1 - \frac{Q}{100}\right) \cdot k_t \cdot k_p \cdot k_{hq} \cdot k_{sq}^N, \quad (16)$$

burada Q - mayenin tərkibində suyun tutduğu həcm, %; k_t , k_p - temperatur və təzyiqin neftin həcminə təsirlərini nəzərə alan əmsallar; k_{hq} , k_{sq}^N - neftin həcmində həll olunan və sərbəst olan qazların təsirlərini nəzərə alan əmsallardır.

$$k_t = 1 - \beta_N \cdot (t_{xətt} - 20), \quad (17)$$

burada β_N - neftin həcmi genişlənmə əmsalı, $^{\circ}C^{-1}$; $t_{xətt}$ - ölçmə xəttində mayenin temperaturudur.

$$k_p = 1 + f \cdot p_{xətt} \quad (18)$$

burada f - neftin sıxılma əmsalı, Pa^{-1} ; $p_{xətt}$ - ölçmə xəttində təzyiqdır, Pa .

$$k_{kq} = 1 - V_{hq}, \quad (19)$$

burada V_{hq} - $1m^3$ neftdə qazın tutduğu həcmdir, m^3 .

$1m^3$ neftdə qalan qazın həcmi aşağıdakı düsturla təyin edilir [19]:

$$V_{hq} = \frac{1,205 \cdot 10^{-3} \cdot V_{hq,m} \cdot \rho_{nq}}{0,274 + 0,2 \cdot \rho_{nq}} \cdot \frac{100}{100 - Q}, \quad (20)$$

və ya

$$V_{hq} = \frac{1,205 \cdot 10^{-3} \cdot V_{hq,m} \cdot \rho_{nq}}{0,274 + 0,2 \cdot \rho_{nq}}, \quad (21)$$

burada $V_{hq,m}$, $V_{hq,n}$ - vahid həcmli mayədə həll olan qazın həcmi və normal şəraitə gətirilmiş sonuncu separasiya mərhələsindəki susuz neftin həcmi; ρ_{nq} - qazın sıxlığının nisbi xətası olub, normal şəraitdə qazın sıxlığının havanın sıxlığına olan nisbətidir.

Beləliklə, neftin tərkibindəki sərbəst qazın təsirini nəzərə alan əmsal aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$k_{sq}^N = 1 - V_{sq} \cdot (1 - Q/100) / 100, \quad (22)$$

burada Q - mayenin tərkibində suyun miqdarı, həcmi faizlə.

Mayenin həcmnin və neftin təmiz çəkisinin korreksiyasına tələb mayedə həll olan və sərbəst qazın separasiyası və ya mayenin nasosla vurulması şəraitindən asılı olaraq müəyyən olunur. Əgər neft separasiya və NUQ-ya atmosfer təzyiqinə yaxın olan açıq tutumdan vurulsa və NUQ nasosun çıxışındadırsa, onda həcmə düzəliş aparılmır, yəni (14) və (15) düsturlarındakı k_{hq} və k_{sq}^N əmsalları istisna edilir.

Mayenin separatorndan nasosla boşaldılması zamanı, əgər NUQ nasosun çıxışında yerləşərsə və NUQ-da təzyiq separasiya təzyiqindən həmişə yüksək olarsa, sərbəst qaza görə düzəliş aparılmır, yəni $k_{sq}^N = 1$ qəbul edilir. Əgər mayedə sərbəst qazın mövcudluğu müəyyən edilərsə və onun miqdarı ölçülərsə, onda sərbəst qaza görə düzəliş aparılır. Bu halda neftin xalis çəkisi aşağıdakı kimi təyin olunur

$$M_{XÇ} = V_N \cdot \rho_N - (M_D + M_{MQ}), \quad (23)$$

burada ρ_N - susuz neftin 20⁰S-də sıxlığı, t/m^3 ; M_D - susuz neftdə duzun çəkisi, t ; M_{MQ} - susuz neftdə mexaniki qarışıqın çəkisidir.

$$M_D = V_N \cdot C \cdot 10^{-6}, \quad (24)$$

burada C - susuz neftdəki duzun nisbi kütləsidir, mq/dm^3 ;

$$M_{MQ} = V_N \cdot \rho_N \cdot MQ/100, \quad (25)$$

burada MQ - susuzlaşdırılmış neftdəki mexaniki qarışıqın nisbi kütləsidir, kütləyə görə %-lə.

Əgər duzun nisbi kütləsi (C) neftin çəkisindən faizlə verilsə, onda o düzəliş əmsalı kimi nəzərə alın bilər:

$$k_D = 1 - C/100. \quad (26)$$

Mexaniki qarışıqın çəkisində də eyni qayda ilə düzəliş əmsalı nəzərə alınır:

$$k_{MQ} = 1 - MQ/100. \quad (27)$$

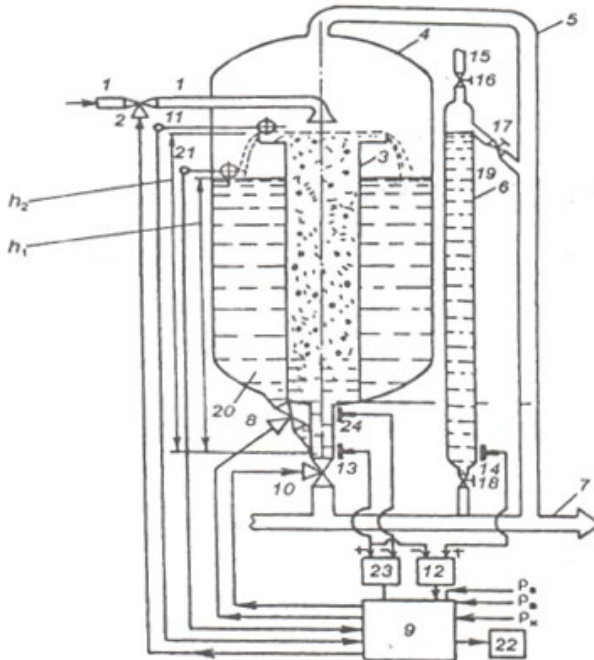
Əgər neftin həcmi təyin etmək lazım deyilsə, onda (16) ifadəsinə uyğun onun çəkisi birbaşa aşağıdakı düsturla təyin ediləcək:

$$M_N = k_t \cdot k_p \cdot k_{hq} \cdot k_{sq}^N \cdot k_D \cdot k_{MQ} \cdot V \cdot \rho_N \cdot (1 - Q/100). \quad (28)$$

Yuxarıda alınmış ifadələrdən neft emulsiyası tərkibində həll olan və ya sərbəst şəkildə qalan maddələrin hissəciklərinin miqdarını təyin etmək üçün baza modeli kimi istifadə etmək olar. Beləliklə, alınmış

ifadələr neft emulsiyasının tərkibinin çoxkomponentliyini, əmsallar isə konsentrasiyasını əks etdirir.

Neft hasilatına nəzarət üsulu və qurğusunun işlənməsi. Neft quyularının debitinin ölçülməsi mürəkkəb məsələdir və hazırda tətbiq olunan qurğular yüksək ölçmə dəqiqliyini və cəldliyi təmin edə bilmir [23]. Bu prosədə neft emulsiyasının (NE) tərkibinin dayanıqlığının çox olması, tələb olunan çökmə səviyyəsinə lazım olan vaxt və ölçmələr arasındakı zaman artıqlığı səbəblərindən neftin parametrlərinə nəzarət etmək çətinləşir, prosesin səmərəliliyi və neftçıxarmanın texniki-iqtisadi göstəriciləri xeyli aşağı düşür. Problemin səmərəli həlli və prosesin səmərəli idarə olunması üçün NE-nin tərkibində neftin və lay sularının miqdarının ayrılıqda təyin etmək tələb olunur. Neft quyularının debitinə ölçmə qurğusu aşağıdakı yeni strukturda qurulmuşdur [19].



Şəkil 2. Separator qurğusunun ölçmə sxemi

Separator qurğusunda MQ və etalon mayenin hidrostatik təzyiqlər fərqi üçün testləşdirilmiş ölçmə sistemi (TÖS) işlənməmişdir [19, 21].

MQ-in tərkibindəki əmtəə neftinin və suyun miqdarını təyin etmək üçün aşağıdakı analitik ifadələr alınmışdır.

Şək. 2-də 20 tutumuna toplanan MQ-in miqdarı onun tərkibindəki neftin və suyun kütlələri cəminə bərabər olacaqdır:

$$Q = Q_n + Q_s, \quad (29)$$

burada Q_n və Q_s – MQ-in tərkibində neftin və suyun miqdarıdır.

Məlumdur ki, separator qurğusunda (SQ) debitin ölçülməsi aşağıdakı ifadələrə uyğun aparılır:

$$Q_n = \frac{24V}{\tau} (1 - \alpha) \rho_n g, \quad (30)$$

$$Q_s = \frac{24V}{\tau} \alpha \rho_s g; \quad (31)$$

burada, V – SQ-də MQ-in ümumi həcmi olub belə təyin olunur: $V = V_1 + V_2$; $V_1 = \pi r_1^2 \cdot h_1$; $V_2 = \pi (r_2 - r_1)^2 \cdot h_2$, τ – MQ-in SQ-yə dolma müddəti; α – MQ-in tərkibindəki suyun miqdarını əks etdirən əmsal; ρ_n və ρ_s – uyğun olaraq neftin və suyun sıxlığı, g – sərbəstdüşmə təcildir.

(29)-(31) ifadələrində MQ-in tərkibindəki suyun və neftin sıxlığı binar sistemə uyğun aşağıdakı kimi təyin ediləcəkdir:

$$\rho_{MQ} = \alpha \rho_s + (1 - \alpha) \rho_n, \quad (32)$$

SQ-yə xüsusi antifriz maye ilə doldurulmuş şaquli boru əlavə etsək (şək. 2) birləşmiş qablar qanununa uyğun olaraq aşağıdakı ifadəni yazı bilərik:

$$\rho_{MQ} = \alpha \rho_s + (1 - \alpha) \rho_n + \rho_a - \rho_a, \quad (33)$$

burada ρ_a – antifrizin sıxlığıdır.

Separatorun hər iki tutumunda MQ-in həcminə görə aşağıdakı ifadəni yazı bilərik:

$$\rho_{MQ} = \rho_n \frac{V_1}{V} + \rho_s \frac{V_2}{V}, \quad (34)$$

Birləşmiş qablar qanununa uyğun olaraq aşağıdakı ifadəni yazı bilərik:

$$\rho_n h_1 = \rho_s h_2, \quad (35)$$

(35)-dən neftin sıxlığı aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\rho_n = \frac{h_2}{h_1} \rho_s. \quad (36)$$

SQ-də MQ-in səviyyəsi şaquli borudakı antifrizin səviyyəsinə (h_2) bərabər olduqda differensial təzyiq vericisi (DTV) qərarlaşan təzyiqlər fərqi (Δp) ölçür. Bu zaman Δp üçün aşağıdakı ifadə doğrudur:

$$\Delta p = (\rho_a - \rho_{MQ})gh_2, \quad (37)$$

(37)-dan ρ_{MQ} üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\rho_{MQ} = \rho_a - \frac{\Delta p}{gh_2}, \quad (38)$$

Yuxarıdakı ifadələr üzərində uyğun çevirmələr apardıqda SQ-də qərarlaşan MQ-in tərkibində olan suyun miqdarını təyin etmək üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$\alpha = \frac{\rho_a - \rho_n - \frac{\Delta p}{gh_2}}{\rho_s - \rho_n}. \quad (39)$$

TÖS-ün iş prinsipi və alqoritmi dissertasiya işində verilmişdir.

(39) düsturundan görüldüyü kimi, əsas nəzarət parametrləri ölçülən təzyiqlər fərqi və mayələrin sıxlığıdır. Beləliklə, yuxarıdakı düsturlardan quyuların debiti üçün aşağıdakı ümumi ifadəni almış oluruq:

$$Q_n = \frac{24V}{\tau} \left(1 - \frac{\rho_a - \rho_n - \frac{\Delta p}{gh_2}}{\rho_s - \rho_n} \right) \rho_n g, \quad (40)$$

Avtomatlaşdırılmış emulqator sistemi:

Neftin ayrılma prosesini sürətləndirmək və səmərəliliyini yüksəltmək üçün SQ-nin giriş kollektorunda müəyyən edilmiş məsafədə maye axınına xüsusi kimyəvi reagentlər qarışdırmaq lazım gəlir. Qarışdırılan reagentlərin miqdarı (dozası) giriş kollektorunda MQ-in axın miqdarına uyğun təyin edilir. Bunun üçün axın miqdarı və reagentin dozasının yüksək dəqiqliklə ölçülməsini təmin edən avtomatlaşdırılmış emulqator sistemi (AES) işlənmişdir [28].

Axın prosesini xarakterizə edən inteqral göstərici kimi axın müqaviməti əmsalından istifadə olunur:

$$\lambda = \frac{2d\Delta p}{l \cdot \rho_{MQ} \cdot \vartheta^2}, \quad (41)$$

burada, d – giriş borusunun diametri; Δp – giriş borusunda ölçmə nöqtələri arasındakı təzyiqlər düşküsi; l – giriş borusunda təzyiqlər fərqi ölçmək üçün seçilmiş nöqtələr arasındakı məsafə; ρ_{MQ} – giriş borusunda MQ-in sıxlığı; ϑ – giriş borusunda axan MQ-in sürətidir.

Giriş borusunda MQ-in axın sürəti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\vartheta = \frac{Q_{MQ}}{S}, \quad (42)$$

burada, Q_{MQ} – giriş borusunda MQ-in sərfi; S – borunun en kəsik sahəsidir.

Vericilərin birgə istismarı nəticəsində axında MQ-in miqdarı aşağıdakı düsturla təyin edilir [10, 25]:

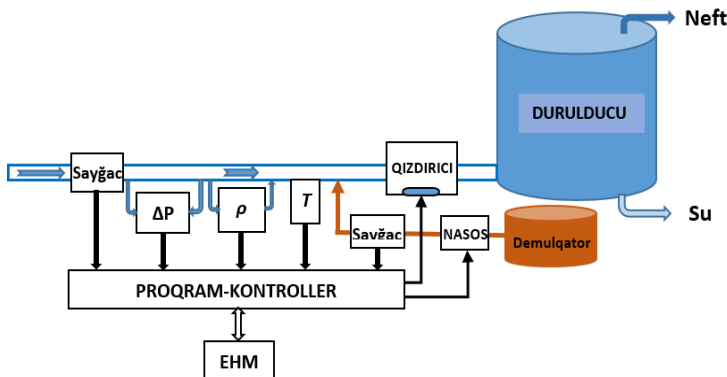
$$Q_a = p_a \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_i} \right) \left(\frac{\lambda_D \cdot \rho_{NQ}}{2} \vartheta^2 + \frac{48 \cdot \frac{b}{a} \mu \cdot l}{S^2} + \Delta p_0 \right), \quad (43)$$

burada p_a – sayğacın diapazonun müəyyən edən əmsal; μ_0 – sərfölçən sayğacın $Q_a = 0$ şərfini ödəyən vəziyyətdə dinamik özlülüyü; μ_i – axına nəzarət zamanı dinamik özlülük; ρ_{MQ} – MQ-in sıxlığı; μ – nəzarət axınında dinamik özlülük; λ_D – sərfölçən cihazın fırlanan işçi orqanından axıb dövrələnən mayenin müqavimət əmsalı; S_a – cihazın a və b kameralarının borunun en kəsik sahəsinə nəzərən müəyyən olunmuş canlı en kəsik sahəsi; l – təzyiqlər fərqi ölçmək üçün götürülmüş hidravlik xəttin nöqtələri arasındakı məsafə; Δp_0 – cihazın həssaslıq həddində təzyiqli itkisidir.

(41)-(42) düsturlarını birgə nəzərə alsaq, giriş borusunun en kəsiyindən sutka ərzində keçən MQ-in miqdarını təyin etmək üçün aşağıdakı analitik ifadəni alırıq:

$$Q_a = p_a \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_i} \right) \left\{ \frac{[\alpha \cdot \rho_S + (1 - \alpha) \rho_N] \vartheta^2 \cdot \lambda_D}{2} + \frac{48 \cdot \frac{b}{a} \mu \cdot l}{S^2} + \Delta p_0 \right\}. \quad (44)$$

Avtomatlaşdırılmış emulqator sisteminin struktur sxemi aşağıdakı kimidir:



Şəkil 3. Avtomatlaşdırılmış emulqator sistemi

AES-in fəaliyyət alqoritmi, blok-sxemi və proqram təminatı dissertasiya işində təqdim edilmişdir.

Üçüncü fəsildə axında neftin parametrlərinin yüksək dəqiqliklə ölçülməsi üçün testləşdirilmiş ölçmə qurğularının iş prinsipi və alqoritmləri verilmişdir [4, 9, 14, 16]. Neftin miqdarını təyin etmək üçün böyük axınlar üçün Fisher, zəif axınlar üçün isə Brooks və digər firmaların sərfləyən sayğacları tədqiq edilmişdir.

Tədqiqat nəticəsində məlum olmuşdur ki, axın dinamik proses olduğu üçün mövcud sərfləyənələr neftin miqdarını kommertiya dəqiqliyi ilə ölçə bilmir. Odur ki, dissertasiya işində neftin axın sərfləri, sıxlığı, təzyiq və temperaturun kompleks ölçmə məsələsinə baxılmışdır. Yüksək ölçmə dəqiqliyini təmin etmək üçün hibrit testlərlə reallaşan TÖS və ölçmə alqoritmi işlənmişdir [25, 30].

Neft obyektlərində mürəkkəb təbii şərait mövcud olduğu üçün istisna olunan ilkin vericilərin ÇX-i və onların parametrlərinin qiymətləri fasiləsiz olaraq dəyişikliyə məruz qalır. Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün üsul və vasitələr işlənmişdir.

Axında maye miqdarının təyini birbaşa və ya dolaylı üsullarla aparılır və bu zaman müvafiq DÜİST-in tələbləri əsas götürülür. Həcm-çəki ölçmə üsulu əsasında MY-nin miqdarının kommertiya uçot səviyyəsində təyini aşağıdakı düsturla təyin olunur²:

$$m = V \cdot \rho \cdot (1 + \beta \delta_t)(1 + \gamma \delta_p), \quad (45)$$

burada m - məhsulun kütləsi, kq ; V - məhsulun həcmi, m^3 ; ρ - məhsulun sıxlığı, kq/m^3 ; β - məhsulun həcmi genişlənmə əmsalı, $1/^\circ S$; $\delta_t = (t_p - t_v)$ - sıxlıq və həcmə ölçülməsində temperatur dəyişməsi, $1/^\circ S$; γ - təzyiqdən məhsulun sıxılma əmsalı; $\delta_p = (p_v - p_\rho)$ - həcmə və sıxlığın ölçülməsi zamanı təzyiqlər fərqi.

Ölçmə üsulunun xətası isə aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\Delta m = \pm 1,1 \sqrt{\Delta V^2 + \Delta \rho^2 + \left(\beta \frac{\Delta \delta_i}{1 + \beta \Delta \delta_i} \cdot 100 \right)^2} + \Delta M^2, \quad (46)$$

burada ΔM - hesablamaların nisbi xətasıdır.

Testləşdirilmiş ölçmə əməliyyatında ölçmə dəqiqliyi bir neçə dəfə yüksəlmiş üçün temperatur və təzyiqlər fərqi xətalara ($\Delta \delta_t, \Delta \delta_p$) da dəfələrlə azalır. Eyni zamanda neftin həcmi genişlənmə və təzyiqdən

² ГОСТ Р 8.903-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Методики (методы) измерений. Москва, Стандартинформ, 2015, 36с

sıxılma əmsallarının çox kiçik olması, sıxlıqölçənlə sərfölçən sayğacın bir-birinə yaxın yerləşdirilməsi nəticəsində δ_t və δ_p xətaləri da çox kiçik olur. Beləliklə, (46) düsturu sadələşərək aşağıdakı kimi olur:

$$\Delta m = \pm 1,1 \sqrt{\Delta V^2 + \Delta \rho^2}, \quad (47)$$

İfadələrdən görüldüyü kimi, axında maye yanacağıın miqdarının təyini zamanı dəqiqliyin təmin edilməsi sayğacın, sıxlıq, təzyiq və temperatur çeviricilərinin istismar şəraitində onların bütün ölçmə diapazonu boyunca ölçmə dəqiqliklərindən asılıdır.

Axın sərfini ölçmə sxemi. ÖS neft kəməmindən (NK) paralel ayrılmış kiçik axın xətti üzərində quraşdırılır və NUQ adlandırılır. ÖS-ə sərf, təzyiq, temperatur, sıxlıq və ya özlülük ölçən qurğular daxil edilir və onlar test alqoritmi ilə təmin olunur.

Axında neftin sərfinin testləşdirilmiş ölçmə üsulu:

Axında neftin miqdarı müxtəlif təsir prinsipli sayğaclar vasitəsilə ölçülür [9]. Qeyd olunduğu kimi, ölçülən mühitin mürəkkəbliyi, axının dinamikası, mayenin qarışıq tərkibi, qeyri-stabil temperatur və s. səbəblər sayğacların ölçmə xətasını (ÖX) artırır. ÖX-nin islahı və dəqiqliyinin yüksəldilməsi üçün dissertasiya işində hibrid test alqoritmləri işlənmiş, onların tətbiqi ilə aparılan sınaqlar nəticəsində adekvat modellər qurulmuşdur. Bu zaman vericilərin çevirmə funksiyası (ÇF) kvadrat və kub tənliklər şəklində tədqiq edilmiş, ÖX-nin maye sərfindən asılılığı üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır [9]:

$$\delta = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2 + a_3 Q^3 \quad (48)$$

burada a_0, a_1, a_2, a_3 - ÇF-in əmsallarıdır.

Test alqoritmlərinin tətbiqi ilə ölçmə zamanı ÇF-in əmsalları etalon testlərlə əvəz olunur və bu zaman sayğacın xətası $\Delta \rho$ kəmiyyətinə qədər azalır, orta kvadratik meyletmə 0,15%-i aşmır.

Bu halda ölçmə taktlarının sayı dördə bərabər olur və aşağıdakı tənliklər sistemi alınır:

$$\begin{cases} \delta_1 = a_0 + a_1 Q_1 + a_2 Q_1^2 + a_3 Q_1^3 \\ \delta_2 = a_0 + a_1 Q_2 + a_2 Q_2^2 + a_3 Q_2^3 \\ \delta_3 = a_0 + a_1 Q_3 + a_2 Q_3^2 + a_3 Q_3^3 \\ \delta_4 = a_0 + a_1 Q_4 + a_2 Q_4^2 + a_3 Q_4^3 \end{cases} \quad (49)$$

burada Q_1, \dots, Q_4 - uyğun sərfələrin qiymətləri; $\delta_1, \dots, \delta_4$ - uyğun xətlərin qiymətləridir.

Riyazi modelin (RM) empirik formasının təyini üçün (49)-də $a < 0$, $b < 0$ şərtləri daxilində və təcrübi məlumatların təhlili nəticəsində aşağıdakı model təklif olunur:

$$\delta = \frac{a}{Q} + bQ + c \quad (50)$$

Müxtəlif növ sayğaclar üçün (50) modeli daha universal hesab olunur və RM-in əmsallarının təyini üçün aşağıdakı tənliklər sistemi alınmış və həll edilmişdir:

$$\delta_1 = \frac{a}{Q_1} + bQ_1 + c \quad (51)$$

$$\delta_2 = \frac{a}{Q_2} + bQ_2 + c$$

$$\delta_3 = \frac{a}{Q_3} + bQ_3 + c$$

burada $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ - sayğacların nisbi xətası; Q_1, Q_2, Q_3 - uyğun olaraq ölçülən sərfələrin qiymətləridir.

RM-in parametrləri (əmsallar) aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$\begin{aligned} a &= \left[\frac{\delta_1 - \delta_2}{Q_1 - Q_2} - \frac{\delta_2 - \delta_3}{Q_2 - Q_3} \right] \frac{Q_1 Q_2 Q_3}{Q_1 - Q_3} \\ b &= \left[\frac{\delta_1 - \delta_2}{Q_2 - Q_1} Q_1 - \frac{\delta_2 - \delta_3}{Q_3 - Q_2} Q_3 \right] \frac{1}{Q_3 - Q_1} \\ c &= \frac{\frac{\delta_1 Q_1 - \delta_2 - Q_2}{Q_1^2 - Q_2^2} - \frac{\delta_2 Q_2 - \delta_3 Q_3}{Q_2^2 - Q_3^2}}{\frac{1}{Q_1 + Q_2} - \frac{1}{Q_3 + Q_2}} \end{aligned} \quad (52)$$

Beləliklə, sayğacın arvasının (sıfırının sürüşməsinin) təyin edilməsində daha sərfəli RM-lər seçilmiş, ƏTT-nin sayı 3-ə qədər azaldılmış və qeyri-xətti approksimasiya yerinə yetirilmişdir.

Axında neftin sıxlığının testləşdirilmiş ölçmə üsulu.

Real istismar şəraitində axında yüksək ölçmə dəqiqliyinə malik etibarlı avtomatlaşdırılmış sıxlıqölçən qurğuların (SÖ) olmaması səbəbindən hazırda neft obyektlərində məhsulun sıxlığı hələ də laboratoriya şəraitində təyin edilir.

İlk avtomatlaşdırılmış titrəyişli-tezlik prinsipli SÖ qurğu (АИП) Azərb. “Neftqazavtomat” EİB-də layihələndirilmiş, yerli zavodlarda kütləvi istehsal olunaraq keçmiş SSRİ-nin neft və qaz obyektlərində tətbiq edilmişdir. АИП-in modernləşdirilmiş variantında informativ parametri onun çıxış siqnalının tezliyinin axan mayenin sıxlığından asılılığına əsaslanır. Dissertasiya işində titrəyişli-tezlik prinsipli SÖ-in qeyri-xətti ÇX-in aproksimasiyası məqsədilə hibrid test alqoritmi işlənmiş və tətbiq edilmişdir. Ölçmə prosesində çıxış siqnalının tezlik modulyasiyası, ÇX-in qeyri-xətti identifikasiyası, ÖX-nın islahı və təşkilədiciyə qiyətləndirilməsi yerinə yetirilmişdir [14].

TSÖ-nin fəaliyyəti mexaniki rezonatorların məxsusi rəqslərinin tezliyinin vericinin həssas elementindən axan mayenin sıxlığından asılılığına əsaslanır. Bu növ vericilərlə sıxlığın ölçülməsi zamanı həssas element rolunu oynayan metal boru maye axınına qoşulur, digər boru isə etalon maye ilə doldurulur. Hər iki borucuq rezonatorla təchiz edilir [9].

TSÖ ÇX-nin qeyri-xəttiliyi aşağıdakı düsturla təsvir olunur:

$$f = f_0(1 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3 + \dots) \quad (53)$$

burada: f - vericinin çıxış tezliyi; f_0 , b_1 , b_2 , b_3 - vericinin ÇF-in parametrləri (əmsallar); x - ölçülən kəmiyyət, MQ-in sıxlığıdır (ρ).

Axında neftin sıxlığının TSÖ ilə ölçülməsi zamanı onun ÇF-ə daxil olan parametrləri nəzərə alsaq, (53) funksiyasına analogi olaraq aşağıdakı tənliyi yazı bilərik:

$$f = a_0 + a_1 \rho + a_2 \rho^2 + a_3 \rho^3 \quad (54)$$

burada: $a_0 = f_0$; $a_1 = f_0 b_1$; $a_2 = f_0 b_2$; $a_3 = f_0 b_3$.

TSÖ-nün ÇX-i kvadrat üçhədlili şəkildə qəbul edilmişdir. Bu halda ölçmə taktlarının sayı $n = 3$, testlərin optimal yığımlı aşağıdakı kimi olacaqdır.

(54) düsturunda ρ_x ölçülən kəmiyyəti, sıxlığın optimal qiymətlərinə uyğun olaraq additiv test ($\rho_x + \rho_{et}$), multiplikativ test ($2\rho_x$) və kombinasiyalı testlər ($2\rho_x + \rho_{et}$) şəkildə təyin edilir. Onda, TSÖ-nün əsas test tənlikləri (ƏTT) aşağıdakı tənliklər sistemi şəkildə olacaqdır:

$$\begin{cases} f_0 = b_0 + b_1 \rho_x + b_2 \rho_x^2 \\ f_1 = b_0 + b_1(\rho_x + \rho_{et}) + b_2(\rho_x + \rho_{et})^2 \\ f_2 = b_0 + b_1 2\rho_x + b_2(2\rho_x)^2 \\ f_3 = b_0 + b_1(2\rho_x + \rho_{et}) + b_2(2\rho_x + \rho_{et})^2 \end{cases} \quad (55)$$

Bu tənliklər sistemi həll edərək aşağıdakı ÇF-i alarıq:

$$\rho_x = \frac{(f_1 - f_2) + (f_0 - f_3)}{(f_0 - f_3) - (f_1 - f_2)} \cdot \rho_{et}, \quad (56)$$

burada f_0, f_1, f_2 və f_3 - müvafiq ölçmə taktlarında TSÖ-in çıxış kəmiyyətinin ölçmə qiymətləridir.

TSÖ-nün ÇF-in aproksimasiyaedici xətası tədqiq edilmiş, hər bir ölçmə taktında qiymətcə əhəmiyyət kəsb edən ölçmə xəталarnı (55) tənliklər sistemində nəzərə almaqla aşağıdakı ƏTT alınmışdır:

$$\begin{cases} f_0 + \Delta_0 = b_{1s} + b_{2s} \rho_x + b_{3s} \rho_x^2 \\ f_1 + \Delta_1 = b_{1s} + b_{2s}(\rho_x + \rho_{et.}) + b_{3s}(\rho_x + \rho_{et.})^2 \\ f_2 + \Delta_2 = b_{1s} + b_{2s} 2\rho_x + b_{3s}(2\rho_x)^2 \\ f_3 + \Delta_3 = b_{1s} + b_{2s}(2\rho_x + \rho_{et.}) + b_{3s}(2\rho_x + \rho_{et.})^2 \end{cases} \quad (57)$$

burada $\Delta_0, \dots, \Delta_3$ - ölçmə taktlarının TSÖ-nün çıxışına gətirilmiş xətalarnın qiymətləridir.

(57) tənliklər sistemini həll etsək, TSÖ üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\frac{\rho_x + \rho_{et.}}{\rho_x - \rho_{et.}} = \frac{(f_0 - f_3) + (\Delta_0 - \Delta_3)}{(f_1 - f_2) + (\Delta_1 + \Delta_2)}, \quad (58)$$

(58)-da ölçmə taktlarının xətalarnı nəzərə alındığı üçün statik xəta ilə bu ifadələrin fərqi TÖS-ün xətasını verəcəkdir:

$$\Delta_T = [\rho_x + \rho_{et.}] (\Delta_1 - \Delta_2) + [\rho_x - \rho_{et.}] (\Delta_3 - \Delta_0). \quad (59)$$

(59) ifadəsi TÖS-ün yekun xətasını təyin edən funksiya olduğundan additiv və multiplikativ testlərin, həmçinin $\Delta_0, \dots, \Delta_3$ xətalarnın qiymətlərini yerinə qoymaqla bütün XT üçün aşağıdakı RM-i almış oluruq:

$$\Delta_T = \rho_{et.} [(\Delta_1 - \Delta_2) - (\Delta_3 - \Delta_0)] + \rho_x [(\Delta_1 - \Delta_2) + (\Delta_3 - \Delta_0)] \quad (60)$$

TÖS-ün girişinə gətirilmiş mütləq xəta üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$\Delta_{gir.} = f_T^{-1} [f_T(x) + \Delta_T] - x = \frac{\Delta_{TT}}{f_T'(x)}, \quad (61)$$

burada, $f_T(x) = (y_0 - y_0)(\rho_x - \rho_{et.}) + (y_2 - y_1)(\rho_x + \rho_{et.})$.

Sonuncu ifadəni x -ə görə diferensiallasaq $f'_T(x)$ üçün aşağıdakı qiyməti alırıq:

$$f'_T(x) = [(y_0 - y_3) - (y_1 - y_2)] \quad (62)$$

(59) və (62) ifadələrini (61)-də yerinə yazsaq, aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta_{Tgir.} = \frac{\rho_{et.} [(\Delta_1 - \Delta_2) - (\Delta_3 - \Delta_0)] + \rho_x [(\Delta_1 - \Delta_2) + (\Delta_3 - \Delta_0)]}{2\rho_{et.}(b_{2SH} + b_{3SH}(\rho_x + \rho_{et.}))} \quad (63)$$

Əgər ilkin ÖS-ün real ÇF-i üçüncü dərəcəli çoxhədlilər şəklində hissə-hissə qeyri-xətti aproksimasiya olunursa, onda ÇF-nin identifikasiyasında müvafiq alqoritmlə reallaşır və sistemin çıxışına gətirilmiş $\Delta_{Tgir.}^*$ xətası aşağıdakı kimi olur:

$$\Delta_{Tgir.}^* = \frac{\Delta_T^*}{f'_T(x)} = \frac{(\Delta_0 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_5 - 2\Delta_1 - \Delta_4)\rho_x}{2\rho_{et.}^2\{2b_{3s} + 3b_{4s}[3\rho_x + 2\rho_{et.}]\}} + \frac{(\Delta_2 - \Delta_0 + \Delta_3 - \Delta_5)}{2\rho_{et.}\{2b_{3s} + 3b_{4s}[3\rho_x + 2\rho_{et.}]\}}, \quad (64)$$

burada

$$\Delta_T^* = (\Delta_0 + \Delta_5)(2\rho_x - \rho_{et.}) + (\Delta_2 + \Delta_3)(2\rho_x + \rho_{et.}) - 4\rho_x(\Delta_1 + \Delta_4). \quad (65)$$

Göründüyü kimi, ölçmə taktlarının Δ_i xətalari çoxlu sayda təsadüfi amillərin nəticəsidir.

Δ_T , Δ_T^* , $\Delta_{Tgir.}^*$ və $\Delta_{Tgir.}$ xətalari təsadüfi kəmiyyətlər olub, paylanma qanunları Δ_i təsadüfi kəmiyyətlərin paylanmaları çəmi kimi təyin olunur və buna görə də normal qəbul edilə bilər. Onların tam təsviri üçün M_Δ - riyazi gözləmə və D_Δ - dispersiya təyin olunmalıdır.

Beləliklə, TÖS-ün mütləq xətasının (MX) tədqiqi göstərir ki, bu növ sistemlərin nəticəvi ÖX-na ən çox aşağıdakı təşkiledicilər təsir edir:

- additiv və multiplikativ testlərin sabit təşkiledicilərinin istifadəsi nəticəsində yaranan xətanın təşkiledicisi;
- TÖS-ün statik xətasının korrelyasiya olunmamış təşkiledicisi;
- TÖS-ün dinamik xətasının təşkiledicisi;
- TÖS-ün real ÇF-inin qəbul olunmuş RM-in adekvat olmaması səbəbindən yaranan xəta təşkiledicisi.

İşlənmiş test alqoritmləri AİP-2M-in nümunəsində laboratoriya stendində yoxlanılmış və nəticələrin adekvatlığı təsdiqlənmişdir.

Axında neftin təzyiqinin testləşdirilmiş ölçmə üsulu.

Məlumdur ki, axında neftin miqdarının ölçmə dəqiqliyi, eyni zamanda onun boru xəttində yaratdığı təzyiqlər düşküsünün ölçmə dəqiqliyindən asılıdır. Bu məqsədlə Sapfir-22DD diferensial təzyiq vericiləri tətbiq edilmiş, laboratoriya stendində 50-dən çox nümunə sınaqdan keçirilmişdir [1, 10]. DTV-in ÇX-nin temperaturdan asılılıqlarının heç bir qanuna uyğunluğa tabe olmadığı və böyük temperatur xətasının yaranması aşkar olunmuşdur. Yaranmış xətanın islahı məqsədlə TÖS işlənmişdir.

DTV-in ÇX-i aşağıdakı kvadrat üçhədli şəklindədir:

$$i = b_0 + b_1 p_x + b_2 p_x^2, \quad (66)$$

burada, i - DTV-nin çıxış siqnalı; b_0, b_1 və b_2 - DTÇ-nin ÇX-in əmsalları; p_x - ölçülən kəmiyyəti, təzyiqdır.

Beləliklə, testləşdirilmiş ölçmə prosesində bir additiv test, bir mültiplikativ test və onların kombinasiyalarından istifadə etməklə aşağıdakı ƏTT tərtib edilmişdir:

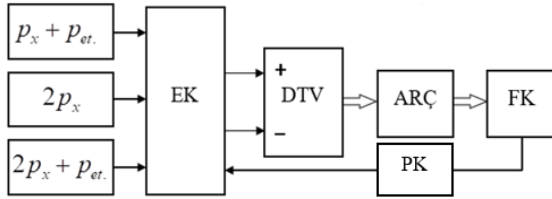
$$\begin{cases} i_0 = b_0 + b_1 p_x + b_2 p_x^2 \\ i_1 = b_0 + (p_x + p_{et.})[b_1 + b_2(p_x + p_{et.})], \\ i_2 = b_0 + b_1 2p_x + b_2 (2p_x)^2, \\ i_3 = b_0 + (2p_x + p_{et.})[b_1 + b_2(2p_x + p_{et.})], \end{cases} \quad (67)$$

burada i_0, i_1, i_2, i_3 - DTV-nin ölçmə taktlarına uyğun çıxış siqnallarının qiymətləri; b_0, b_1, b_2 - ÇX-in əmsalları; p_x - ölçülən kəmiyyət - təzyiq; $p_{et.}$ - DTV-nin diferensial girişində etalon təzyiqidir.

Beləliklə, real ölçmə nəticələrinin qiymətlərini (67) tənliklər sistemində yerinə yazaraq və tənliklər sistemini p_x -ə nəzərən həll etməklə aşağıdakı nəticəni alırıq:

$$p_x = \frac{N_{i_3} + N_{i_2} - N_{i_1} - N_{i_0}}{N_{i_3} - N_{i_2} + N_{i_1} - N_{i_0}} \cdot p_{et.} \quad (68)$$

Bu RM aşağıdakı funksional sxem vasitəsilə realizə olunur, vericinin qeyri-xətti ÇX-i yüksək dəqiqliklə identifikasiya olunur və cari ölçmə əməliyyatları yüksək dəqiqliklə yerinə yetirilir. TÖS-ün funksional sxemi EK - elektron kommutator; DTV - diferensial təzyiq vericisi; ARÇ - analoq-rəqəm çeviricisi; PK - proqram kontrolleri və FK - fərdi kompüterdən ibarətdir.



Şəkil 6. TÖS-ün funksional sxemi.

Statistik qiymətləndirmə aparıldıqda məlum olur ki, qəbul edilmiş (66) RM-i əsasında reallaşan (68) testləşdirilmiş ölçmə algoritmi nəticəsində statik xətlərin qeyri-korrelativ təşkilədicilərinin qiyməti $s_{ad.gir.} \approx 0,02\%$ təşkil edir. Göründüyü kimi, bu göstərici DTV-nin pasportunda verilmiş (0,25%) qiymətlə müqayisədə dəfələrlə kiçik kəmiyyətdir.

TÖS-ün ölçmə algoritminin blok-sxemi və proqram təminatı dissertasiya işində təqdim edilmişdir.

Axında temperaturun testləşdirilmiş ölçmə sistemi.

MY-nin temperaturuna axında fasiləsiz nəzarət və dəqiq ölçmə tələb olunur. Real ölçmə mühitində temperatur geniş diapazonda dəyişdiyi üçün məhsulun miqdarının təyini zamanı temperaturdan asılı xətlərin korreksiyası tələb olunur. Ölçmə prosesi ağır metroloji şəraitdə yerinə yetirildiyi üçün böyük ölçmə diapazonuna və etibarlığa malik platin termovericilər (PTV) tətbiq edilmişdir [9]. PTV-nin ÇX-in fasiləsiz identifikasiyası, RM-in dəqiqləşdirilməsi, stabilliyin təmin edilməsi üçün TÖS və alqoritm işlənmişdir.

PTV-in ÇX-i R_t termomüqaviməti ilə ölçmə mühitinin temperaturu arasında olan funksional asılılığı əks etdirir:

$$R_t = R_0(1 + at + bt^2), \quad (69)$$

burada R_0 - PTV-nin 0°S -ə gətirilmiş müqaviməti, a və b - normal şəraitdə PTV-nin ÇX-in müvafiq əmsallarıdır.

(69) düsturunu aşağıdakı kvadrat çoxhəli şəklində yazıla bilər:

$$R_t = b_0 + b_1t + b_2t^2, \quad (70)$$

burada $b_0 = R_0$; $b_1 = R_0a$; $b_2 = R_0b$ - çoxhədlinin müvafiq əmsallarıdır.

Temperaturun ölçülməsi zamanı sadə teslər əsasında formalaşan ÖTT-lər aşağıdakı tənliklər sistemi şəklində olacaqdır:

$$\begin{cases} R_{t_0} = b_0 + b_1 t_x + b_2 t_x^2 \\ R_{t_1} = b_0 + (t_x + t_{et.})[b_1 + b_2(t_x + t_{et.})], \\ R_{t_2} = b_0 + b_1 2t_x + b_2(2t_x)^2, \\ R_{t_3} = b_0 + (2t_x + t_{et.})[b_1 + b_2(2t_x + t_{et.})], \end{cases} \quad (71)$$

burada $R_{t_0}, R_{t_1}, R_{t_2}, R_{t_3}$ - ölçmə taktlarına uyğun olaraq termovericinin çıxış parametrinin müvafiq qiymətləri; t_x - ölçülən kəmiyyət – temperatur; $t_{et.}$ - termomüqavimətin etalon qiymətidir.

Testləşdirilmiş termovericinin real ölçmələrindən alınmış çıxış siqnallarının qiymətləri üçün (71)-dən ölçmə kəmiyyəti (t_x) təyin edilir və çevirmə funksiyasının aşağıdakı ifadəsi alınır:

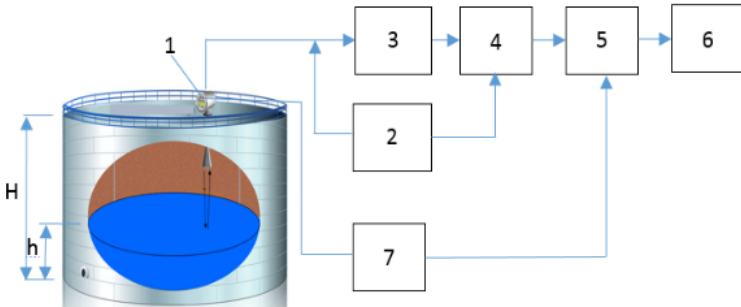
$$t_x = \frac{(R_{t_3} - R_{t_1}) + (R_{t_2} - R_{t_0})}{(R_{t_3} + R_{t_1}) - (R_{t_2} + R_{t_0})} \cdot t_{et.} \quad (72)$$

Testləşdirilmiş ölçmə əməliyyatı (71) ƏTT və (72) ÇF əsasında yerinə yetirilir. TÖS alqoritminin blok-sxem və proqram təminatı dissertasiya işində verilmişdir.

Dördüncü fəsildə - neft anbarları (çənlər) üçün testləşdirilmiş kommersiya uçotu sisteminin (KUS) işlənməsinə baxılmışdır. Burada əsasən iki ölçmə üsulu (həcm-çəki və pyezometrik) tədqiq edilmiş və onların səmərəliliyi əsaslandırılmışdır.

Test alqoritmləri əsasında reallizə olunan yeni struktur işlənmişdir.

Testləşdirilmiş KUS ilk öncə akustik radarlı səviyyəölçən əsasında təqdim edilmişdir (şək. 7).



Şəkil 7. Akustik səviyyəölçən sistem

burada 1- akustik çevirici; 2 – generator; 3 - gücləndirici; 4 – taymer; 5 – çevirici; 6 - proqram kontroller; 7 - temperatur tənzimləyicidir.

Sistemdə akustik radar qurğusu kimi ultrasəs rəqs mənbəyindən və qəbuledicidən, xüsusi pyezoelementdən istifadə edilmişdir. 2 generatorundan daxil olan siqnallar ultrasəs impulsları şəklində generasiya olunaraq 1 akustik çeviricinin pyezoelementini həyəcanlandırır və 4 taymer sxemini qoşur. Maye səthinə göndərilən və əks olunaraq qəbul edilən ultrasəs impulsları müəyyən t zaman anından sonra pyezo-elementə çatır və nəticədə maye səthindən pyezoelementə qədər olan məsafədə təyin edilir. Düşən və qayıdan radarlayıcı şüalar arasındakı məsafə fərqi (Δr) görə parametrlər təyin edilir:

$$\Delta r = R_1 - R_2 = 0,5c \frac{t_1 - t_2}{t_1 \cdot t_2}, \quad (73)$$

burada Δr - maye səthində yaranan dalğanın ölçülən dərinliyi, R_1, R_2 - uyğun olaraq düşən və qayıdan dalğaların məsafələri, t_1, t_2 - uyğun olaraq dalğaların gediş və qayıdış müddətləri, c - radarlayıcı dalğanın sürətidir.

Dissertasiya işində bu üsul çənlərdə neftin səthində yaranan sərbəst dalğalanmanın ÖX-nın qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilmişdir.

Fasiləsiz tezlik-modulyasiyalı şüalanma (TMS) üsulu ilə səviyyəni ölçmə sistemi və ölçmə alqoritminin blok-sxemi dissertasiya işində verilmişdir.

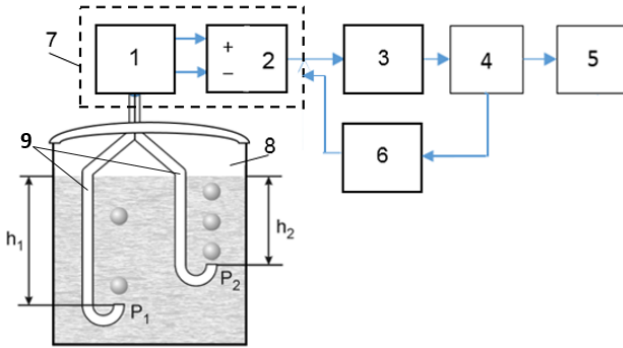
Maye yanacağın sıxlığını pyezometrik ölçmə sistemi.

Məlumdur ki, çəndə maye yanacağın sıxlığı pyezometrik üsulla aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\rho = \frac{\Delta p}{g \cdot \Delta H}, \quad (74)$$

burada Δp - çənin iki nöqtəsi arasında maye sütunlarının yaratdığı hidrostatik təzyiqlərin fərqi, $\Delta H = h_1 - h_2$ - çənin iki nöqtəsi arasında məsafə, g - sərbəstdüşmə təcildir.

Neft çənlərində MY üçün həcm-çəki üsulu əsasında KUS-un tətbiqi zamanı məhsulun sıxlığı laboratoriya şəraitində yerinə yetirilir. Bu əməliyyat əl ilə icra edildiyi üçün səmərəsiz hesab olunur. Odur ki, dissertasiya işində tam avtomatlaşdırma məqsədilə çəndəki MY-nin sıxlığının pyezometrik üsulla ölçülməsinə əsaslanan TÖS (şək. 8) və ölçmə alqoritmı işlənmişdir.



Şəkil 8. Mayenin sıxlığını pyezometrik ölçmə sistemi

burada 1 - kompressor-pnevmatik qurğu (KPQ); 2 - diferensial təzyiqli çeviricisi (DTC); 3 - analoq-rəqəm çeviricisi (ARÇ); 4 - proqram-kontroller (PK); 5 - kompüter (K); 6 – rəqəm-analoq çeviricisi (RAÇ); 7 - ölçmə və idarəetmə qurğusu (ÖİQ); 8 - neft çəni (NÇ); 9 - hava-impuls boruları (HİB).

MY-nin h_1 və h_2 hündürlüklərində qərarlaşan maye sütunlarının yaratdığı hidrostatik təzyiqlər fərqi (Δp) DTC vasitəsilə elektrik çıxış signalına və sonra ARÇ-də rəqəmsal koda çevrilərək PK-ya, sonra isə K-ya ötürülür. Nəticədə MY-nin h_1 və h_2 hündürlükləri fərqi ($\Delta H = h_1 - h_2$) uyğun təzyiqlər fərqi (Δp) ölçülür və (74) düsturu əsasında sıxlığın (ρ) qiyməti təyin edilir.

Testləşdirilmiş ölçmə alqoritmi aşağıdakı şəkildə olur:

$$\rho = \frac{p_{et.} (i_4 - i_1) + (i_3 - i_2)}{g \cdot \Delta H (i_4 - i_1) - (i_3 - i_2)}, \quad (75)$$

burada i_1, i_2, i_3 və i_4 - test kompensasiyaları nəticəsində DTC-nin çıxış signalları; $p_{et.}$ - tətbiq edilən etalondur.

Maye sıxlığını ölçən sistem mobil struktura malik olub, hər bir NÇ-nin damında yerləşdirilə bilər. Bu zaman anbar üzrə mərkəzləşdirilmiş informasiya mübadiləsi Wi-Fi ilə yerinə yetirilir.

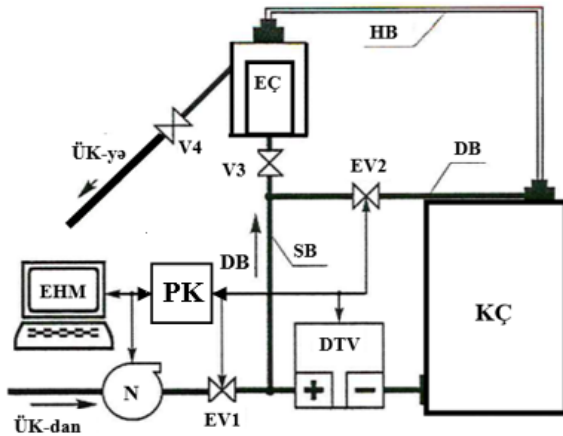
TÖS alqoritminin blok-sxemi dissertasiya işində verilmişdir.

Neft çənləri üçün avtomatlaşdırılmış kalibrəmə sistemi (AKS).

Neft çənlərində MY-nin miqdarını təyin etmək üçün hər bir çənin fərdi kalibrənmə cədvəlindən (FKC) istifadə olunur [1]. FKC-nin tər-

tibat metodikası müvafiq DÜİST-lə tənzimlənilir³. Kalibrləmə əməliyyatı əsasən həndəsi üsulla yerinə yetirilir, böyük zəhmət və vaxt tələb edir. Bunu nəzərə alaraq NÇ üçün AKS (şəkil 9) və üsul işlənmişdir [20]. Şəkil 9-da: EHM - elektron hesablaşma maşını; PK - program kontroller; DTV - diferensial təzyiqlər vericisi; EÇ - etalon çən; KÇ – kalibrlənən çəni; ÜK - ümumi kollektor; N – nasos; EV - elektron ventily; V – ventily; DB - doldurma borusu; ŞB - şaquli boru; HB - hava borusu.

Sistem eyni vaxtda həm etalon çəndə (EÇ), həm də kalibrlənən çəndə (KÇ) qərarlaşan mayelərin hidrostatik təzyiqlər fərqi ölçməklə (ölçmə əməliyyatı KÇ dolana qədər davam edir) nəticələr əsasında FKÇ-ni tərtib edir.



Şəkil 9. Avtomatlaşdırılmış kalibrləmə sisteminin struktur sxemi

Kalibrləmə sisteminin (KS) fəaliyyət alqoritmi aşağıdakı kimidir:

I ölçmə: MY ÜK ilə EÇ-ə verilir və çən tam dolduqdan sonra EV1 bağlanır, EÇ və ŞB-də qərarlaşan MY kütləsinin hidrostatik təzyiqlər cəmi ($p_{EÇ1} + p_{ŞB}$) DTV-nin “+” kamerasında ölçülür, sonra EV2 açılır və EÇ-dəki MY KÇ-yə boşalır. MY KÇ-də qərarlaşdıqdan sonra DTV ilə $\Delta p_1 = p_{ŞB} - p_{KÇ1}$ fərqi ölçülür və DTV-nin çıxış siqnalı PK-ya ötürülür, rəqəm-kod şəkilinə çevrilir, EHM-ə daxil olur və MY-in kütləsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

³ ГОСТ 8.346–2000. Резервуары стальные горизонтальные цилиндрические. Методика поверки. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск, 2001, 21с.

$$m_1 = (\Delta p_1 - p_{\text{ŞB}})S_{\text{or1}}/g, \quad (76)$$

II ölçmə: birinci ölçmədəki əməliyyatlar eynilə təkrarlanır: EÇ MY ilə doldurulur, EV1 bağlanır, qərarlaşmadan sonra EV2 açılır, MY EÇ-dən KÇ-ə boşalır, ŞB və KÇ-də qərarlaşan MY-nin hidrostatik təzyiqlər fərqi ölçülür, MY-in kütləsi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$m_2 = (\Delta p_2 - p_{\text{ŞB}})S_{\text{or2}}/g, \quad (77)$$

Ölçmə prosesləri KÇ tam dolana qədər təkrarlanır, bütün ölçmə nəticələri qeyd olunur:

$$m_i = (\Delta p_i - p_{\text{ŞB}})S_{\text{ori}}/g, \quad (78)$$

burada i – KÇ-yə doldurulan MY sütunlarının sayıdır.

Beləliklə, istənilən həndəsi ölçülü və formalı NÇ üçün FKC yüksək dəqiqliklə alınır. Bu nəticələr (FKC) əsasında KÇ-nin cari en kəsik sahəsi aşağıdakı düsturla təyini olunur:

$$S_{\text{KÇ}}^i(h) = \frac{p_{\text{EÇ}}}{p_{\text{KÇ}}^i} S_{\text{EÇ}}(h), \quad (79)$$

burada $S_{\text{KÇ}}^i(h)$ – KÇ-nin i -ci sütununun $p_{\text{KÇ}}^i$ qiymətində və h hündürlükdə orta en kəsik sahəsi, $p_{\text{EÇ}}$ və $p_{\text{KÇ}}^i$ – uyğun olaraq MY-nin EÇ və KÇ-də yaratdığı hidrostatik təzyiqlərin qiymətləridir.

Beşinci fəsilə – neft anbarlarına məhsulun qəbulu, saxlanması və buraxılması proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi məsələsinə baxılmışdır. MY-nin uzunmüddətli dövryyəsi zamanı hər bir NÇ-də maye miqdarının zamandan asılılığı təsadüfi proses şəklində tədqiq edilmiş və hərəkət dinamikası modelləşdirilmişdir [5-8, 10, 17].

Modelləşdirmədə məqsəd NÇ-nin uzunmüddətli istismarı zamanı çöküntünün və kristallaşmanın yaranması prosesinə nəzarət etməkdən ibarətdir. NÇ-də çöküntünün miqdarı artdıqca itki yaranır, çənin tutumu azalır, uçot prosesinin dəqiqliyi pisləşir. Zaman keçdikcə NÇ-də kristallaşma baş verir və nəticədə ciddi fəsadlara gətirib çıxarır, NÇ-nin təmizlənməsi çətinləşir, hətta çəni sıradan çıxarır.

Qeyd olunan problemi aradan qaldırmaq üçün MY-nin hər bir NÇ-də yaratdığı çöküntünün və kristallaşmanın zamana görə vəziyyətinə nəzarət etmək, statistik uçotunu aparmaq vacib məsələ hesab edilir. Göründüyü kimi, proses kifayət qədər uzunmüddətli və mürəkkəbdir, çoxsaylı ölçmələr və statistik qiymətləndirmələr tələb edir.

Dissertasiya işində prosesin avtomatlaşdırılması, dəqiq ölçmələr və idarəetmə əsasında riyazi-statistik modelləşdirmə yerinə yetirilmiş, nəticədə çöküntü və kristallaşmanın ilkin baş vermə zamanını təyin etmək üçün riyazi tənliklər alınmışdır. Alınmış statistika əsasında qabaqlayıcı tədbir kimi xüsusi kimyəvi reagentlər tətbiq edilir və kristallaşmanın qarşısı alınır.

Hər bir çənə mayenin qəbulu, saxlanması və boşalması təsadüfi stoxastik proses, onun minimal və maksimal səviyyələri isə yuxarı və aşağı ekranlar şəklində qəbul edilmişdir. MY-nin uzun zaman ərzində NÇ-yə dolma və boşalma sürətləri, səviyyənin sabit qalma müddəti RM-in parametrlərini təşkil edir.

Modelləşdirmədə məqsəd ekranlar arasında fasiləsiz dəyişən stoxastik prosesin müvafiq olaraq seçmə-orta və seçmə-korrelyasiya funksiyalarının təyin olunmasından ibarətdir. Prosesin və onun əsas sərhəd funksionalının paylanmalarının analitik ifadəsi təyin edilmiş, riyazi gözləmə və korrelyasiya funksiyası qiymətləndirilmişdir. Fasiləsiz stoxastik prosesə uyğun maye miqdarı müvafiq olaraq α və β ($\alpha, \beta \in (0^\circ, 90^\circ)$) müsbət və mənfi bucaqlar altında iki "b" və "a" ($a > b > 0$) ekranları arasında dəyişir.

Məsələnin riyazi qoyuluşu: Fərz edək ki, $(\Omega, F, P(\cdot))$ ehtimal fəzasında eyni paylanmaya malikdir. Lakin bir-birindən asılı olmayan dörd ölçülü müsbət təsadüfi kəmiyyətlər $\{\xi_\kappa^+(\omega), \eta_\kappa^+(\omega); \xi_\kappa^-(\omega), \eta_\kappa^-(\omega)\}$, $\kappa = 1, \infty$ ardıcılığı, α və β , $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ bucaqları verilmişdir. Bu kəmiyyətlərə görə təsadüfi prosesin riyazi təsviri aşağıdakı kimi olacaqdır [6]:

$$X^-(t, \omega) = \begin{cases} \left[t - \sum_{i=1}^{k-1} \eta_i^-(\omega) \right] \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)] < t < \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)] + \xi_k^-(\omega), \\ \sum_{i=1}^k \xi_i^-(\omega) \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)] + \xi_k^-(\omega) < t < \sum_{i=1}^k [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)], \end{cases}$$

$$X^+(t, \omega) = \begin{cases} \left[t - \sum_{i=1}^{k-1} \eta_i^+(\omega) \right] \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)] < t < \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)] + \xi_k^+(\omega), \\ \sum_{i=1}^k \xi_i^+(\omega) \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)] + \xi_k^+(\omega) < t < \sum_{i=1}^k [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)], \end{cases} \quad (80)$$

$$X^{0-}(t, \omega) = \begin{cases} [t - \sum_{i=1}^k \eta_i^-(\omega)] \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)] + \eta_k^-(\omega) < t < \sum_{i=1}^k [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)], \\ \sum_{i=1}^{k-1} \xi_i^-(\omega) \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)] < t < \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^-(\omega) + \eta_i^-(\omega)] + \eta_k^-(\omega), \end{cases}$$

$$X^{0+}(t, \omega) = \begin{cases} [t - \sum_{i=1}^k \eta_i^+(\omega)] \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)] + \eta_k^+(\omega) < t < \sum_{i=1}^k [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)], \\ \sum_{i=1}^{k-1} \xi_i^+(\omega) \text{ əgər} & \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)] < t < \sum_{i=1}^{k-1} [\xi_i^+(\omega) + \eta_i^+(\omega)] + \eta_k^+(\omega). \end{cases}$$

burada $t > 0$, $k \geq 1$ -dir.

Təsadüfi prosesin riyazi ifadəsində aşağıdakı işarələmələr aparılır:

$$A^{--} = \{ X^{--}(t, \omega) \text{ prosesin baş verməsinin } 0 \text{ anı} \};$$

$$A^{0-} = \{ X^{0-}(t, \omega) \text{ prosesin } 0 \text{ anından başlanması} \};$$

$$A^{++} = \{ X^{++}(t, \omega) \text{ prosesin } 0 \text{ anından artmaqla başlanması} \};$$

$$A^{0+} = \{ X^{0+}(t, \omega) \text{ proses } 0 \text{ anından başlayır} \}.$$

Onda təsadüfi prosesin riyazi təsviri aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$X^\pm(t, \omega) = \begin{cases} X^{\pm\pm}(t, \omega), & A^{++}(A^{--} \text{ hadisəsi baş verirsə}), \\ X^{0\pm}(t, \omega), & A^{0+}(A^{0-}) \text{ hadisəsi baş verirsə} \end{cases}$$

burada $X_1(t, \omega) = X^+(t, \omega) - X^-(t, \omega)$ və $X_1(t, \omega)$ prosesini müvafiq olaraq α və β ($\alpha, \beta \in (0^\circ, 90^\circ)$) müsbət və mənfi bucaqlar altında kəsilmez stoxastik proses kimi qəbul edirik.

$X_1(t, \omega)$ prosesi b ($b > 0$) və a ($a > b$) ekranları arasında dəyişir və alınan prosesləri uyğun olaraq $X_b(t, \omega)$ və $X(t, \omega)$ ilə işarə edərək aşağıdakıları alırıq:

$$X_b(t, \omega) = X_1(t, \omega) - \inf_{0 \leq s \leq t} (b, X_1(s, \omega)) \quad (81)$$

$$X(t, \omega) = X_b(t, \omega) - \sup_{0 \leq s \leq t} (0, X_b(t, \omega) - a).$$

burada $X(t, \omega) - \alpha$ və β ($\alpha, \beta \in (0^\circ, 90^\circ)$) müsbət və mənfi bucaqlar altında və iki a və b ($a > b > 0$) gecikdirən ekranlar arasında kəsilməz stoxastik proses adlanacaq.

Burada əsas məqsəd $X(t, \omega)$ prosesini modelləşdirmək və onun seçmə orta və seçmə korrelyasiya funksiyalarını tapmaqdan ibarətdir.

Verilmiş $(0, T)$ intervalında $X(t, \omega)$ prosesinin seçmə funksiyasını $x(t)$ kimi işarə etsək, t_j nöqtəsində orta seçmə qiyməti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$EX(t_j, \omega) \approx \bar{x}(t_j) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i(t_j)}{n}, \quad (82)$$

burada $n - X(t, \omega)$ prosesinin $(0, T)$ intervalında trayektoriyalarının sayıdır.

Prosesin seçmə korrelyasiya funksiyası t_j və t_l nöqtələrində aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$K(t_j, t_l) \approx k(t_j, t_l) = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i(t_j) - \bar{x}(t_j)][x_i(t_l) - \bar{x}(t_l)]}{n-1}, \quad (83)$$

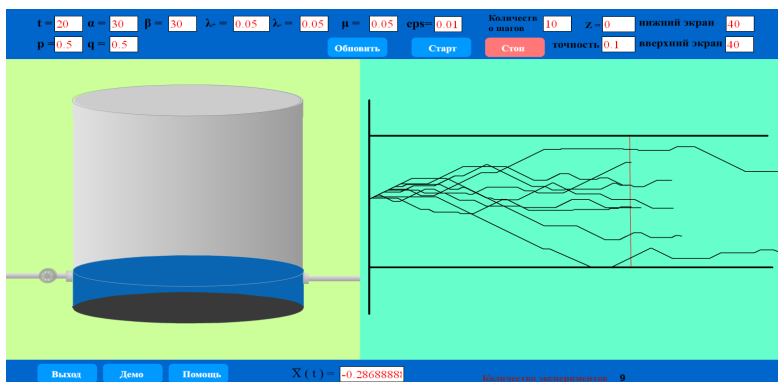
Aşağıda NÇ-də MY-in dövriyyəsinin yarımmarkov prosesi ilə modelləşdirilməsinə baxılmışdır [8, 10, 17].

Hesab edirik ki, $(\Omega, F, P(\cdot))$ ehtimal müstəvisində bir-birindən asılı olmayan üçölçülü ardıcılıqla $\{\xi_k; \eta_k; \zeta_k\}$, $k = \overline{1, \infty}$ təsadüfi kəmiyyətləri verilmişdir və bu təsadüfi kəmiyyətlərə istinad edərək, yarımmarkov “gəzişməsi” prosesin riyazi-statistik təsviri verilmişdir [17].

$X_1(t, \omega)$ prosesi aşağıdakı ümumi düsturla təyin ediləcəkdir:

$$\bar{X}(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k X_i(t_j)}{kn}. \quad (84)$$

Prosesin kompüter modelləşdirilməsi şəkil 10-da verilmişdir:



Şəkil 10. Sınaq proseslərinin nəticələri

Sonda NÇ-də MY-nin miqdarının zamana görə paylanmasının orta statistik hesabı üçün ümumi inteqral tənlik alınmışdır [17].

Altıncı fəsildə - testləşdirilmiş ölçmə sistemlərinin xətalrı tədqiq edilmiş, korrelyasiyasız statik xəta, xətanın dinamik təşkilədicilər, çevirmə funksiyasının RM-in qeyri-adekvatlıq xətası və yekun xətası təhlil edilmiş, xəta təşkilədiciləri üçün islahədicilə test tənlikləri alınmışdır.

İÖS-ün metroloji xarakteristikası (MX) əsasən onun strukturuna daxil olan ilkin ölçmə sistemlərinin çevirmə funksiyalarının stabilliyindən və həssaslığından asılıdır. Ölçmə prosesində onların yüksək dəqiqliklə identifikasiyası isə seçilmiş testlərin dəqiqliyindən və optimal qiymətlərin seçilməsindən asılıdır. Odur ki, mürəkkəb metroloji şəraitdə istismar olunan ÖS-ün ÇF-in üzərinə ciddi şərtlər qoyulur.

Qeyd etdiyimiz kimi, ÖS-ün real ÇF-i qeyri-xətti şəkildə olur və onların yüksək dəqiqliklə identifikasiyası üçün hər bir aproksimasiya aralığı (parçası) kvadrat üçhədlil şəkildə model kifayət edir [27]:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2, \quad (85)$$

burada b_0, b_1, b_2 - ÖS-ün ÇF-in əmsallarıdır.

TÖS üçün ÇF aşağıdakı kimi təyin edilir [32]:

$$y_0 = \frac{(y_1 - y_2)[x(k-1) + \theta] + y_3(xk - x - \theta)}{x(k-1) - \theta}, \quad (86)$$

ÖS-ün giriş kəmiyyətinin qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$x_{hes.} = \frac{(y_1 - y_2) + (y_0 - y_3)}{(y_0 - y_3) - (y_1 - y_2)} \cdot \frac{\theta}{(k-1)}, \quad (87)$$

TÖS-ün mütləq xətası aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\Delta_T = [x(k-1) + \theta](\Delta_1 - \Delta_2) + [x(k-1) - \theta](\Delta_3 - \Delta_0). \quad (88)$$

TÖS-ün nisbi xətası (88) ifadəsi ilə təyin edildiyini nəzərə alsaq, onda additiv və multiplikativ testlərin hər bir ölçmə taktında (ÖT) yaratdığı mütləq xətalara müvafiq qiymətlərini əvəz etməklə, bütün xəta təşkilədiciləri üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta_T = \theta[\Delta_1 - \Delta_2 - (\Delta_3 - \Delta_0)] + x(k-1) \cdot [\Delta_1 - \Delta_2 + (\Delta_3 - \Delta_0)]. \quad (89)$$

TÖS-ün girişinə gətirilmiş $\Delta_{gir.}$ mütləq xəta üçün:

$$\Delta_{gir.} = \frac{\Delta_T}{f'_T(x)}, \quad (90)$$

alırıq. Burada:

$$f'_T(x) = (y_0 - y_3)[x(k-1) - \theta] + (y_2 - y_1)[x(k-1) + \theta]. \quad (91)$$

(91) ifadəsi x -ə görə diferensiallandıqda $f'_T(x)$ üçün aşağıdakı alınır:

$$f'_T(x) = (k-1)[(y_0 - y_3) - (y_1 - y_2)]. \quad (92)$$

(89) və (91) ifadələrini (90)-da nəzərə alsaq, TÖS-ün girişinə gətirilmiş $\Delta_{gir.}$ mütləq xəta üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta_{gir.} = \frac{\{\theta[(\Delta_1 - \Delta_2) - (\Delta_3 - \Delta_0)] + x(k-1)[\Delta_1 - \Delta_2 + (\Delta_3 - \Delta_0)]\}}{(1-k)2\theta\{b_1 + b_2[(k-1)x + \theta]\}}. \quad (93)$$

Beləliklə, TÖS-ün ölçmə taktları bir-birindən asılı olmadıqda mütləq xətanın dispersiyası üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$\sigma_{\Delta_T}^2 = \sigma_{\Delta_0}^2 [z - \theta]^2 + \sigma_{\Delta_1}^2 [z + \theta]^2 + \sigma_{\Delta_2}^2 [z + \theta]^2 + \sigma_{\Delta_3}^2 [z - \theta]^2; \quad (94)$$

burada σ_{Δ_i} - uyğun ölçmə taktlarının (ÖT) xətalalarının orta kvadratik meylləridir.

Son nəticə olaraq ilkin ÖS-ün girişinə gətirilmiş mütləq xəta üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$\Delta_{gir.T} = \frac{\Delta_M}{k-1} - \frac{\Delta_\theta}{\theta}. \quad (95)$$

(95) ifadəsindən belə bir mühüm nəticə çıxır ki, (86) ölçmə alqoritmində fəaliyyət göstərən TÖS-ün $\Delta_{gir.T}$ yekun xətasının təşkilədiciləri testlərin optimal yığımının realizasiyası zamanı ÖS-ün ÇF-in əmsallarının qiymətlərindən asılı olmur.

Δ_θ və Δ_M xətaları, bir qayda olaraq, bir-biri ilə korrelyasiya əlaqəsində olmayıb, fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlərdir və normal paylanma qanununa tabedir. Buna görə TÖS-ün girişinə gətirilmiş nisbi xəta (δ_{gir}) da, öz növbəsində, fasiləsiz təsadüfi kəmiyyət olub, riyazi gözləmə (M_{δ_r}) və dispersiya ($\sigma_{\delta_r}^2$) ilə xarakterizə olunur.

Riyazi gözləmə aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$M_{\delta_r} = \frac{M[\Delta_M]}{k-1} - \frac{M[\Delta_\theta]}{\theta}, \quad (96)$$

burada $M[\Delta_M]$ və $M[\Delta_\theta]$ – uyğun olaraq təsadüfi Δ_M və Δ_θ kəmiyyətlərinin riyazi gözləməsidir.

Dispersiya $\sigma_{\delta_r}^2$ isə aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\sigma_{\delta_r}^2 = \frac{\sigma_{\Delta_M}^2}{(k-1)^2} + \frac{\sigma_{\Delta_\theta}^2}{\theta^2}, \quad (97)$$

burada σ_{Δ_M} və σ_{Δ_θ} – uyğun olaraq təsadüfi Δ_M və Δ_θ kəmiyyətlərinin orta kvadratik meylidir.

Beləliklə, $\sigma_{[\delta_r]}^2$ və $\sigma_{[\delta_r]}^2$ dispersiyalarının hesablanmış qiymətlərini müqayisə etdikdə aydın olur ki, additiv, multiplikativ və hibrit testlərin optimal yığımı ilə reallaşan TÖS-də yaranan yekun xəta təşkilədiciləri qiymətcə, sadə additiv və multiplikativ testlərlə reallaşan analogi TÖS-dəki xətaya nisbətən kiçik dispersiyaya malik olur. TÖS-ün ÇX-i kvadrat üçhədli olduqda və əsas test tənliklərini həll etdikdə əlavə zamana ehtiyac olmur.

Nümunə olaraq TÖS-ün tam ölçmə dövrü üçün x , $x + \theta_1$, $x + \theta_2$, kx testlər toplusu götürsək, ölçmə nəticələri (ÖN) uyğun olaraq y_0, \dots, y_3 çıxış kəmiyyətlərinə malik olacaq və aşağıdakı ÖTT alınacaq:

$$\begin{cases} y_0 = b_0 + b_1x + b_2x^2 \\ y_1 = b_0 + b_1(x + \theta_1) + b_2(x + \theta_1)^2 \\ y_2 = b_0 + b_1(x + \theta_2) + b_2(x + \theta_2)^2 \\ y_3 = b_0 + b_1kx + b_2(kx)^2 \end{cases} \quad (98)$$

TÖS-ün ölçmə taktlarında qeyri-dəqiqlik səbəbindən yaranan xətaları nəzərə alsaq, onda aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\begin{aligned}
\Delta_{r_1} &= [b_2 + 2b_3(x + \theta_1)] \cdot \Delta_{\theta_1}, \\
\Delta_{r_2} &= [b_2 + 2b_3(x + \theta_2)] \cdot \Delta_{\theta_2}, \\
\Delta_{r_3} &= [b_2 + 2b_3kx] \cdot \Delta_M \cdot x.
\end{aligned} \tag{99}$$

TÖS-ün ÇX-i $n = 3$ dərəcəli çoxhədli şəklində olduqda isə ƏTT-in ilkin ifadələrində yerinə yazıb həll etdikdə ÖS-ün ÇF-i üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$y_0 = \frac{y_1 x(k-1) \theta_2 [x(k-1) - \theta_2] - y_2 x(k-1) \theta_1 [x(k-1) - \theta_1] + y_3 \theta_2 \theta_1 (\theta_2 - \theta_1)}{[x(k-1) - \theta_1][x(k-1) - \theta_2](\theta_2 - \theta_1)}. \tag{100}$$

Beləliklə, (99) və (100) ifadələrindən TÖS-ün mütləq xətası üçün aşağıdakı ifadə alınar:

$$\Delta_T^* = x(k-1) \theta_2 [b_2 + 2b_3(x + \theta_1)] [x(k-1) - \theta_2] \Delta_{\theta_1} - x(k-1) \theta_1 [b_2 + 2b_3(x + \theta_2)] \times \tag{101}$$

$$\times [x(k-1) - \theta_1] \Delta_{\theta_2} + x [b_2 + 2b_3kx] \theta_2 \theta_1 (\theta_2 - \theta_1) \Delta_M.$$

(90) ifadəsinə əsasən TÖS-ün girişinə gətirilmiş nisbi xəta üçün aşağıdakı RM-i alarıq:

$$\delta_{gir}^* = \frac{[x(k-1) - \theta_2][b_2 + 2b_3(x + \theta_1)] \cdot \Delta_{\theta_1}}{(b_2 + 2b_3kx)(\theta_1 - \theta_2)} \cdot \frac{[x(k-1) - \theta_1][b_2 + 2b_3(x + \theta_2)] \cdot \Delta_{\theta_2}}{(b_2 + 2b_3kx)(\theta_1 - \theta_2)} + \frac{\Delta_M}{\theta_2 k - 1}. \tag{102}$$

TÖS-ün δ_{gir}^* nisbi xətasının riyazi gözləməsi və dispersiyası üçün uyğun olaraq aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\begin{aligned}
M[\delta_{gir}^*] &= 0; \\
\sigma_{[\delta_{gir}^*]}^2 &= \frac{[x(k-1) - \theta_2]^2 [b_2 + 2b_3(x + \theta_1)]^2}{(b_2 + 2b_3kx)^2 (\theta_1 - \theta_2)^2} \cdot \frac{\delta_{\Delta_{\theta_1}}^2}{\theta_1^2} + \\
&+ \frac{[x(k-1) - \theta_1]^2 [b_2 + 2b_3(x + \theta_2)]^2}{(b_2 + 2b_3kx)^2 (\theta_1 - \theta_2)^2} \cdot \frac{\delta_{\Delta_{\theta_2}}^2}{\theta_2^2} + \frac{\delta_{\Delta_M}^2}{(k-1)^2}
\end{aligned} \tag{103}$$

(97) və (103) ifadələrindən görüldüyü kimi, multiplikativ testdən istifadə edilməklə onun qiymətinin dəqiqliyi ilə digər təşkilədicilərin çəki əmsalları qiymətcə bir-birinə bərabər olub, ÖS-ün ÇF-in parametrlərindən asılı deyildir. Additiv testlərdən istifadə etdikdə isə onların dəqiqliyi ilə üst-üstə düşmür və çəki əmsalları keyfiyyətcə bir-birindən fərqlənir. Bu iki ifadədən aydın görünür ki, birincidə çəki əmsalı vahidə bərabər olduqda belə, ikinci ifadədə həmin təşkilədicilərin qarşısındakı əmsallar həm ÖS-ün ÇF-in parametrlərinin qiymət-

lərindən, həm də additiv və multiplikativ testlərin qiymətlərinin öz aralarındakı münasibətdən asılıdır.

Beləliklə, qeyd edilənlər hər iki testin və onların optimal yığımının reallaşması ilə baş tutan ölçmə üsulunun üstünlüyünü sübut edir.

TÖS-ün korrelyasiyasız statik xətasının təhlili.

ÖS-ün ÇF-in parametrlərinin qeyri-sabillikdən yaranan xətalərini iki tezlik spektrinə: aşağı və yüksək tezliklərə ayırmaq olar:

$$\Delta b_i(t) = \overline{\Delta} b_i(t) + \overset{\circ}{\Delta} b_i(t). \quad (104)$$

Ümumi halda, TÖS-ün girişinə gətirilmiş xətanı aşağıdakı iki toplanan şəkildə göstərmək olar:

$$\Delta_{gir.}(t) = \overline{\Delta}_{gir.}(t) + \overset{\circ}{\Delta}_{gir.}(t), \quad (105)$$

burada $\overline{\Delta}_{gir.}(t)$ – ÖX-nın korrelyasiyalı təşkilediciləri, $\overset{\circ}{\Delta}_{gir.}(t)$ – ÖX-nın korrelyasiyasız təşkilediciləridir.

TÖS üçün alınmış (86) və ya (100) alqoritmlərinin tətbiqi nəticəsində alınmış ölçmə nəticələrinin (ÖN) xətalərinin korrelyasiyasız təşkiledicilərini araşdıraraq. Əgər testlə ölçmə əməliyyatlarında korrelyasiyasız xəta təşkiledicilərini (XT) nəzərə alsaq, onda tətbiq edilən testlər arasındakı əlaqələri və ÖN-ni təsvir edən ƏTT aşağıdakı kimi olar:

$$\begin{cases} y_0 + \Delta_{qk}(t_1) = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 \\ y_1 + \Delta_{qk}(t_2) = b_0 + b_1(x + \theta) + b_2(x + \theta)^2 \\ y_2 + \Delta_{qk}(t_3) = b_0 + b_1 xk + b_2(xk)^2 \\ y_3 + \Delta_{qk}(t_4) = b_0 + b_1(kx + \theta) + b_2(kx + \theta)^2. \end{cases} \quad (106)$$

burada $\Delta_{qk}(t_1), \Delta_{qk}(t_2), \Delta_{qk}(t_3), \Delta_{qk}(t_4)$ – uyğun ölçmə taktlarında yaranan korrelyasiyasız XT-dir.

(104) və (105) ifadələrini (106)-da nəzərə alsaq, ölçmə taktlarının korrelyasiyasız XT üçün aşağıdakı tənliklər sistemini alarıq:

$$\begin{cases} \Delta_{qk}(t_1) = \overset{\circ}{a}_1(t_1) + \overset{\circ}{a}_2(t_1) x + \overset{\circ}{a}_3(t_1) x^2 \\ \Delta_{qk}(t_2) = \overset{\circ}{a}_1(t_2) + \overset{\circ}{a}_2(t_2) (x + \theta) + \overset{\circ}{a}_3(t_2) (x + \theta)^2 \\ \Delta_{qk}(t_3) = \overset{\circ}{a}_1(t_3) + \overset{\circ}{a}_2(t_3) xk + \overset{\circ}{a}_3(t_3) (xk)^2 \\ \Delta_{qk}(t_4) = \overset{\circ}{a}_1(t_4) + \overset{\circ}{a}_2(t_4) (kx + \theta) + \overset{\circ}{a}_3(t_4) (kx + \theta)^2. \end{cases} \quad (107)$$

(90) və (107) ifadələrindən ÖS-ün girişinə gətirilmiş mütləq xətanın korrelyasiyasız təşkelediciləri üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta_{gir.qk} = \left\{ \begin{array}{l} \Delta_{qk}(t_2) \cdot [\theta + x(k-1)] - \Delta_{qk}(t_1) \cdot [x(k-1) - \theta] - \\ - \Delta_{qk}(t_3) \cdot [x(k-1) + \theta] - \Delta_{qk}(t_4) \cdot [x(k-1) - \theta] \end{array} \right\} \times \frac{1}{2\theta(1-k)[b_2 + b_3(kx + x + \theta)]} \quad (108)$$

TÖS-ün nisbi xətasının korrelyasiyasız təşkelediciləri üçün isə aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\delta_{gir.qk} = \left\{ \begin{array}{l} [x(k-1) - \theta] \cdot [\Delta_{qk}(t_4) - \Delta_{qk}(t_1)] + \\ + [x(k-1) + \theta] \cdot [\Delta_{qk}(t_2) - \Delta_{qk}(t_3)] \end{array} \right\} \cdot \frac{1}{(1-k)x2\theta[b_2 + b_3(kx + x + \theta)]} \quad (109)$$

(83) alqoritm əsasında reallaşan TÖS-ün additiv (θ) xətasının korrelyasiyasız təşkelediciləri üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta_{gir.qk.ad.} = \frac{[\theta + x(k-1)][\hat{b}_1(t_2) - \hat{b}_1(t_3)]}{(1-k)2\theta[b_2 + b_3(kx + x + \theta)]} + \frac{[x(k-1) - \theta][\hat{b}_1(t_4) - \hat{b}_1(t_1)]}{(1-k)2\theta[b_2 + b_3(kx + x + \theta)]} \quad (110)$$

Təsadüfi kəmiyyətin riyazi gözləməsinin sıfır olduğunu nəzərə alsaq, (110) ifadəsindən additiv XT-in riyazi gözləməsi və dispersiya üçün aşağıdakı ifadələri alırıq:

$$M_{\Delta_{gir.qk.ad.}} = 0; \quad (111)$$

$$\sigma_{\Delta_{gir.qk.ad.}}^2 = \frac{\sigma_{a_1}^2}{[a_{2N} + a_{3N}(kx + x + \theta)]^2} \left[\frac{x^2}{\theta_2} + \frac{1}{(1-k)^2} \right].$$

TÖS-də birtəklili ölçmənin additiv xətasının korrelyasiyasız təşkeledicilərinin orta kvadratik meyli (OKM) ilə korrelyasiyasız xətanın ($\Delta_{gir.qk.ad.}$) OKM-in nisbətini əks etdirən güclənmə əmsalı ($K_{\sigma_{ad.}}^*$) üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$K_{\sigma_{ad.}}^* = \frac{b_2 + b_3 2x}{b_2 + b_3(kx + x + \theta)} \sqrt{\frac{x_2}{\theta_2} + \frac{1}{(1-k)^2}} \quad (112)$$

Uyğun olaraq TÖS-də birtəklili ölçmənin multiplikativ xətasının korrelyasiyasız təşkelediciləri üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$K_{\sigma_{m1}}^* = \sqrt{\frac{[x(k-1) + \theta]^2 \cdot [(kx)^2 + (x + \theta)^2] + [x(k-1) - \theta]^2 \cdot [x^2 + (kx + \theta)^2]}{4\theta^2 x^2 (k-1)^2}} \times \quad (113)$$

$$\times \frac{b_2 + b_3 \cdot 2x}{\{b_2 + b_3[x(k+1) + \theta]\}},$$

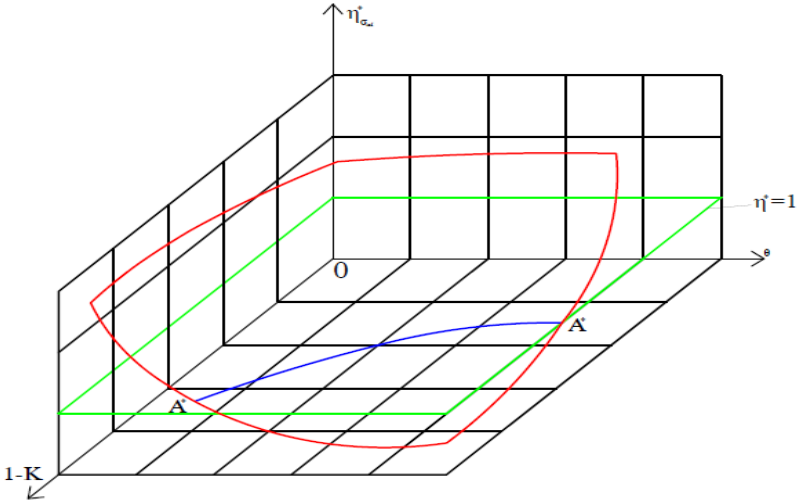
$$K_{\sigma_{M2}}^* = \sqrt{\frac{[x(k-1)+\theta]^2 \cdot [(kx)^4 + (x+\theta)^4] + [x(k-1)-\theta]^2 \cdot [x^4 + (kx+\theta)^4]}{4\theta^2 x^2 (k-1)^2}} \times (114)$$

$$\times \frac{b_2 + b_3 \cdot 2x}{\{b_2 + b_3 [x(k+1) + \theta]\}},$$

Göründüyü kimi, additiv xətanın korrelyasiyasız təşkilediciləri toplam olaraq üstünlük təşkil edir və bu səbəbdən $K_{\sigma_{ad}}^*$ əmsalının additiv və multiplikativ testlərin qiymətlərindən asılıdır.

$K_{\sigma_{ad}}^*$ əmsalının additiv və multiplikativ testlərin qiymətlərindən asılılığını aydınlaşdıraraq: (114) ifadəsindən göründüyü kimi, ölçülən kəmiyyəti, additiv və multiplikativ test parametrləri arasındakı aşkar olunan korrelyasiya əlaqələri (KƏ) əyani olaraq onların qiymətlərinin A_0 oblastında mövcudluğu ilə əks olunur.

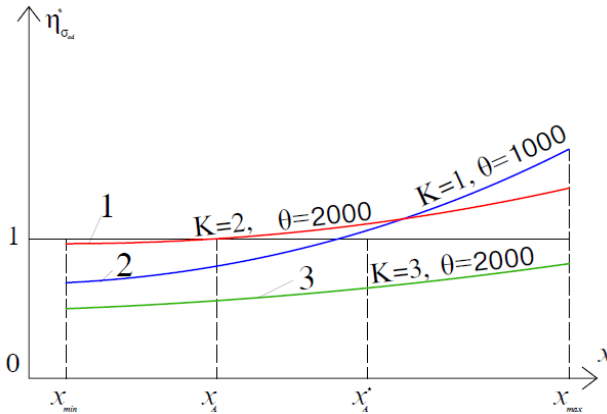
(87) alqoritminin tətbiqi nəticəsində TÖS-ün ÖN-in additiv xətasının korrelyasız təşkilediciləri ən azı eyniadlı XT-in əlaqələrinə görə artmır. Qrafik 1-də $x = x_0$ olduqda, $K_{\sigma_{ad}}^*(\theta, k)$ asılılığı verilmişdir:



Qrafik 1. $K_{\sigma_{ad}}^*(\theta, k)$ asılılığının qrafiki

Qrafikdən göründüyü kimi, $K_{\sigma_{ad}}^*(\theta, k)$ asılılığı, additiv və multiplikativ testlərin qiymətlərinin göstərilmiş sahəsi, $K_{\sigma_{ad}}^*$ vahid səviyyəli müstəvinin səthi üzərində $A^* A^*$ nöqtələri ilə kəsişən xəttin arxasında yerləşir.

Qrafik 2-də A_0 oblastından seçilmiş additiv və multiplikativ testlərin verilmiş qiymətlərində $K_{\sigma_{ad}}^*(x)$ asılılığı verilmişdir.



Qrafik 2. $K_{\sigma_{ad}}^*(x)$ asılılıqlarının qrafiki

burada: 1 - $K_{\sigma_{ad}}^*(x)$ asılılığı $k=2, \theta=2000$ olduğu halda; 2 - $K_{\sigma_{ad}}^*(x)$ asılılığı $k=3, \theta=1000$ olduğu halda; 3 - $K_{\sigma_{ad}}^*(x)$ asılılığı $k=3, \theta=2000$ olduğu halda.

Oblastın x qiymətləri θ və k verildikdə (90) alqoritmin icrası zamanı yaranan ÖN-in xətasının additiv komponentləri İÖS-ün analoji xətası ilə müqayisədə artmır, x_A, x_A^* nöqtələri ilə məhdudlaşır. θ və k qiymətlərinə uyğun gələn 3 əyrəsi bu oblastda İÖS-ün bütün ölçmə diapazonunu təyin edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, TÖS-ün tətbiqində praktiki olaraq A_0 oblastından θ və k parametrlərin qiymətlərinin seçilməsi əvvəllər real texniki imkanlarla məhdudlaşdırdı. θ və k -in qiymətləri A_0 oblastının sərhədində axtarıldı və buna görə də test alqoritmlərin yerinə yetirilməsi nəticəsində ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi ÖX-ın korrelyasiyasız təşkilçilərinin artması ilə müşayət olunurdu. Nəticədə, ölçmə taktlarının sayı qeyri-müəyyən artaraq ölçmə prosesini mürəkkəbləşdirir və sərf olunan zaman dəfələrlə artırdı.

Hazırda, müasir vericilərin, proqram-kontrollerlərin və fərdi kompüterin birgə tətbiqi ilə işlənmiş TÖS və intellektual informasiya

təminatı yüksək səviyyədə reallaşdırıla bilər, ölçmə xətalalarının avto-korreksiyası yerinə yetirilir, test alqoritmlərin adekvatlığı təsdiqlənir.

TÖS-ün kvantlama xətası.

TÖS-də ölçmə nəticələrinin xətasının və xəta təşkilədicilərinin qiymətlərinin hesablanması zamanı kvantlama xətası üçün aşağıdakı uyğun ifadələr alınmışdır:

$$\delta_{HQ_{gr.}} = \frac{\theta(\Delta_{1HQ} - \Delta_{2HQ} - \Delta_{3HQ} + \Delta_{0HQ}) + x(k-1)(\Delta_{1HQ} - \Delta_{2HQ} + \Delta_{3HQ} - \Delta_{0HQ})}{2x\theta(1-k)[b_2 + b_3(kx + x + \theta)]}. \quad (115)$$

$\delta_{HQ_{gr.}}$ -in riyazi gözləməsi və dispersiyası uyğun olaraq aşağıdakı kimi olacaq:

$$M_{\Delta_{HQ_{gr.}}} = \frac{[x(k-1) + \theta] - [x(k-1) - \theta] - [x(k-1) + \theta] + [x(k-1) - \theta]}{(1-k)2\theta[a_{2N} + a_{3N}(kx + x + \theta)]}. M_{\Delta_{HQ}} = 0, \quad (116)$$

$$\sigma_{\Delta_{HQ_{gr.}}}^2 = \frac{\Delta\tau^2}{12} \cdot \frac{\theta^2 + x^2(k-1)^2}{(1-k)^2\theta^2[b_2 + b_3(kx + x + \theta)]^2}, \quad (117)$$

burada $\Delta_{0HQ}, \dots, \Delta_{3HQ}$ - ÖS-ün girişinə gətirilmiş statik xətanın uyğun taktlar üzrə hesablanmış qiymətləri; $\Delta\tau$ - ayrı-ayrı kvantlama səviyələridir.

TÖS-ün dinamik xəta təşkilədicilərinin təhlili.

TÖS-ün istismarında zaman taktlarının ölçmələrində dinamik xəta təşkilədicilərində bu üsul üçün spesifik olan əlavə toplanan yaranır. Testli ölçmə üsulunda TÖS-in girişinə x -lə birlikdə bütün ölçmə taktları boyunca testlər və onların kombinasiyaları qoşulur. Odur ki, ilkin ÖS-ün ÇF-in ölçmə taktlarında müvafiq sayda naməlum parametrlərdən ibarət silsilə ölçmə proseslərində ölçülən kəmiyyətin zamanca dəyişməsi dinamik xətanın aşağıda göstərilən təşkilədicilərinin meydana çıxmasına səbəb olur. Onda, (82) alqoritm əsasında reallaşan ilkin ÖS-ün girişinə verilən testlərlə ölçmə nəticələri arasında asılılığı təsvir edən ƏTT aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$\begin{cases} y_0 = b_0 + b_1x(t_0) + b_2[x(t_0)]^2 \\ y_1 = b_0 + b_1[x(t_1) + \theta] + b_2[x(t_1) + \theta]^2 \\ y_2 = b_0 + b_1[kx(t_2)] + b_2[kx(t_2)]^2 \\ y_3 = b_0 + b_1[kx(t_3) + \theta] + b_2[kx(t_3) + \theta]^2, \end{cases} \quad (118)$$

burada $x(t_0), x(t_1), x(t_2), x(t_3)$ - müvafiq ölçmə taktlarında x ölçülən kəmiyyətinin qiymətidir.

(118) sistem tənliyini zamanın t_0 anında x ölçülən kəmiyyətinin aldığı qiymətə görə həll etsək, aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$x(t_0) = \frac{[x(t_1) - x(t_0)](y_3 - y_0)}{(1-k)[(y_2 - y_1) - (y_3 - y_0)]} - \frac{k[x(t_2) - x(t_0)](y_3 - y_0)}{(1-k)[(y_2 - y_1) - (y_3 - y_0)]} + \frac{\theta[(y_3 - y_0) + (y_2 - y_1)]}{(1-k)[(y_2 - y_1) - (y_3 - y_0)]} + \frac{k[x(t_3) - x(t_0)](y_2 - y_2)}{(1-k)[(y_2 - y_1) - (y_3 - y_0)]}. \quad (119)$$

Eyni zamanda (119) düsturuna görə hesablanmış ÖK-in qiymətinin silsilə ölçmələrində dəyişməz qaldığını hesab etsək, onda müvafiq ÖN-ni zamanın hər hansı t_0, t_1, t_2, t_3 anlarına aid etmək olar.

Əgər, hər hansı ölçmə nəticəsi zamanın t_0 anına təsadüf edərsə, onda (83) və (118) ifadələrinin fərqi x ölçülən kəmiyyətinin qiymətinin dəyişməsi ilə təyin olunan dinamik xətanın yekun qiyməti üçün $\Delta_{din.}(t_0)$ təşkeledicinin aşağıdakı ifadəsi alınır:

$$\Delta_{din.}(t_0) = C_1[x(t_1) - x(t_0)] - C_2[x(t_2) - x(t_0)] + C_3[x(t_3) - x(t_0)], \quad (120)$$

burada

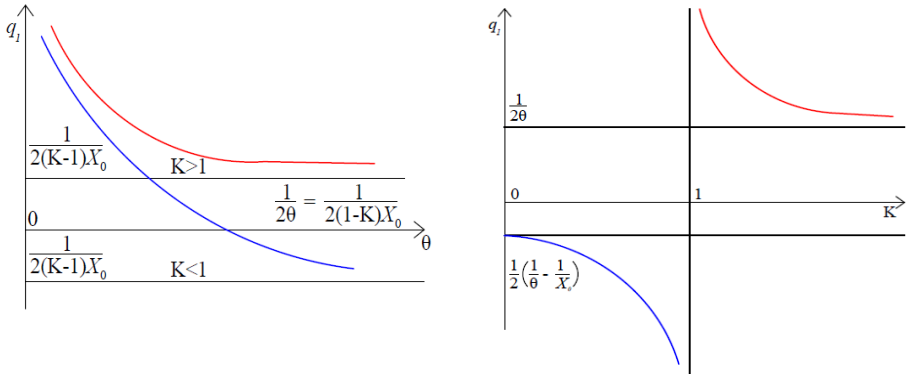
$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{y_3 - y_0}{[(y_3 - y_0) - (y_2 - y_1)]} = \frac{x}{2\theta} + \frac{1}{2(k-1)}; \\ C_2 &= \frac{k(y_3 - y_0)}{(k-1)[(y_3 - y_0) - (y_2 - y_1)]} = \frac{kx}{2\theta} + \frac{k}{2(k-1)}; \\ C_3 &= \frac{k(y_2 - y_1)}{(k-1)[(y_3 - y_0) - (y_2 - y_1)]} = \frac{kx}{2\theta} + \frac{k}{2(k-1)}. \end{aligned} \quad (121)$$

Nisbi xəta üçün isə aşağıdakı ifadəni alarıq:

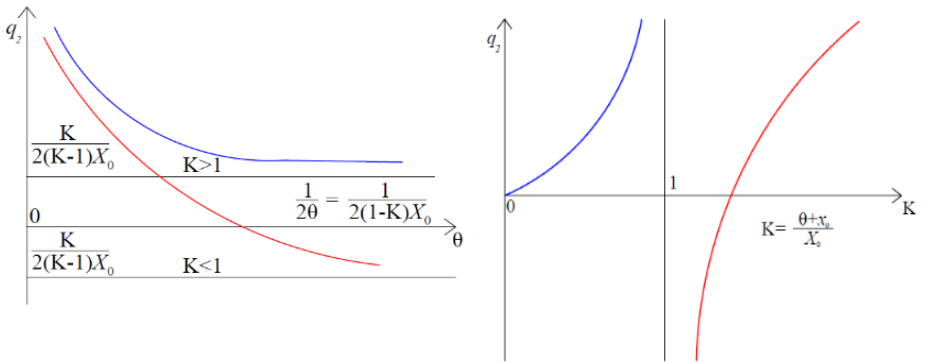
$$\delta_{din.}(t_0) = q_1[x(t_1) - x(t_0)] - q_2[x(t_2) - x(t_0)] + q_3[x(t_3) - x(t_0)], \quad (122)$$

burada $q_1 = \frac{1}{2\theta} + \frac{1}{2x(k-1)}$; $q_2 = \frac{k}{2\theta} + \frac{k}{2x(k-1)}$; $q_3 = \frac{k}{2\theta} - \frac{k}{2x(k-1)}$, - uyğun çəki əmsallarıdır.

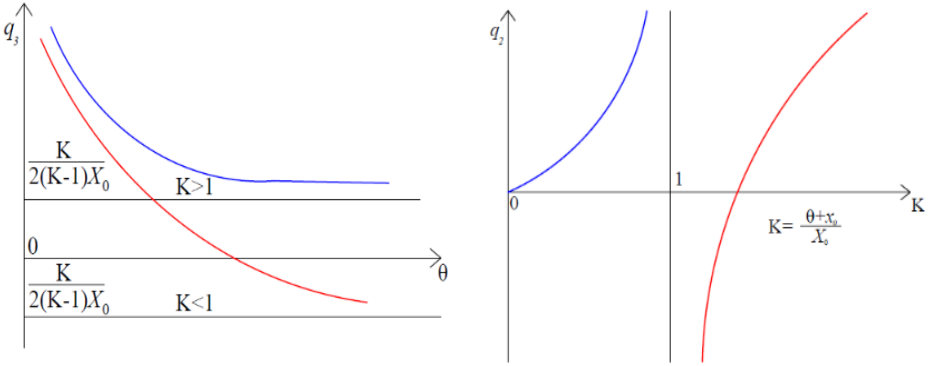
Qrafik 3-5-də x ölçülən kəmiyyətinin $\frac{x_{\max}}{x_{\min}} < 10$ işçi diapazonu boyunca bərabər paylanma qanununa görə çəki əmsallarının (q_1, q_2, q_3) additiv və multiplikativ testlərin qiymətlərindən (θ, k) asılılıq qrafikləri verilmişdir.



Qrafik 3. $q_1(\theta)$ və $q_1(k)$ çəki funksiyalarının asılılıqları



Qrafik 4. $q_2(\theta)$ və $q_2(k)$ çəki funksiyalarının asılılıqları



Qrafik 5. $q_3(\theta)$ və $q_3(k)$ çəki funksiyalarının asılılıqları

(123) ifadəsini sıfıra bərabər etsək, aşağıdakı düsturu alarıq:

$$q_1 - 2q_2 + 3q_3 = 0. \quad (124)$$

(124) ifadəsində q_1, q_2, q_3 çəki əmsallarının qiymətlərini yerinə yazaraq, həmçinin $k > 0, x > 0, \theta > 0$ olduğunu nəzərə alsaq, onda axtarılan şərti aşağıdakı şəkildə alarıq:

$$\theta - \frac{(k^2 - 1)}{5k - 1} = 0. \quad (125)$$

Bu ifadə $\delta_{din.}(t_0) = 0$ şərti ödənməklə x, k və θ kəmiyyətləri arasındakı mövcud münasibəti müəyyən etməyə imkan verir və alınmış ifadələrdən görünür ki, $\delta_{din.}(t)$ qiyməti ölçmə nəticəsinin hansı zaman anında çıxarılmasından asılı olaraq dəyişəcəkdir.

TÖS-ün yekun xətasının təhlili.

TÖS-ün ÖX-in nəzərə alınan təşkilədiciələrinin bir-biri ilə əlaqəli olmadığını nəzərə alsaq, ÖN xətası onların cəmi kimi göstərilə bilər:

$$\Delta_{yek.} = \Delta_r + \Delta_{QK} + \Delta_{HQ} + \Delta_g + \Delta_{QA} \quad (126)$$

burada Δ_r - TÖS üçün ƏTT-in mütləq xətası; Δ_{QK} - korrelyasız mütləq xəta; Δ_{HQ} - hesablama qurğusunun mütləq xətası; Δ_g - mütləq xətası; Δ_{QA} - RM-in qeyri-adekvatlıq xətasıdır.

(126) ifadəsindəki yekun xətanı ($\Delta_{yek.}$) tam təsvir etmək üçün onun, bu cəmi əmələ gətirən xətalara paylama qanunlarının yığılımı kimi

təyin olunan, birölçülü paylanma qanununu bilmək lazımdır. Yekun xətanın təsviri, birgə ehtimal paylanması qanununun təyin edilməsi ilə praktik olaraq mümkün deyil, çünki bu çox vaxt aparıcı çətin araşdırmalara səbəb olur. Məlumdur ki, paylanma qanunu eyni vaxtda normallaşan xətanı, onun yerləşdiyi zona haqqında zəruri məlumat itkisi olmadan normallaşdırılmış ilk iki anı ilə əvəz etmək olar.

Göstərilən xətanın verilmiş $p_{yek.}^*$ ehtimal ilə çıxmadığı zona aşağıdakı şərtlər daxilində təyin edilir: $\Delta_{yek.}$ yekun xəta TÖS üçün xarakterik olan tək modullu paylanma qanununa malik olur, “ölü gediş” və histerezis təsir etmir.

Bu zona aşağıdakı bərabərsizliklə təyin edilir:

$$M_{[\Delta_{yek.}]} - k\sigma_{[\Delta_{yek.}]} \leq \Delta_{yek.} \leq M_{[\Delta_{yek.}]} + k\sigma_{[\Delta_{yek.}]}, \quad (127)$$

burada $k - p^*$ -dən asılı olan məlum funksiyadır, əgər $\Delta_{yek.}$ xətanın bir ölçülü paylanma qanununun ehtimal xarakteristikasının şəkli məlumdursa; $M_{[\Delta_{yek.}]}$ - yekun xətanın riyazi gözləməsi; $\sigma_{[\Delta_{yek.}]}$ - yekun xətanın OKM-dir.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu zonanı qiymətləndirmək üçün k əmsalından əlavə $M_{[\Delta_{yek.}]}$ və $\sigma_{[\Delta_{yek.}]}$ dəyərlərini də bilmək lazımdır. Hansı ki, qiymətləndirmənin etibarlılığından ($P^* = 0,95$), xətadan $\Delta\sigma^2_{[\Delta_{yek.}]} \approx 50\%$ və sınaqlar sayından (100) asılıdır.

Beləliklə, k əmsalının qiymətinin böyük dəqiqliklə təyin edilməsinə ehtiyac duyulmur və bu, zonanın təyin olunması dəqiqliyini artırmağa nəzərə çarpan dərəcədə səbəb olmayacaq. Eyni zamanda, qiymətləndirmə meyarlarına ölçmə vasitələrinin yaratdıqları xətalara qiymətləri $\hat{M}_{[\Delta_{yek.}]}$ və $\hat{\sigma}_{[\Delta_{yek.}]}$ də əlavə olunur.

Qeyd edilənlərdən belə bir nəticə çıxır ki, bu xətalara paylanma qanununu təyin etmədən, yalnız onların riyazi gözləməsini və OKM-i bilməklə verilmiş $p_{yek.}$ etibarlılığına və (126) ifadəsinə görə $\Delta_{yek.}$ xətası yerləşən, təcrübə üçün yetərli olan zonanı dəqiq tapmaq olar. YX-in birinci anında XT-lər ($\Delta_T, \Delta_{OQ}, \Delta_{HQ}, \Delta_g, \Delta_{QA}$) korrelyasiyasız şərti daxilində aşağıdakı ifadələrlə hesablanır:

$$M_{[\Delta_{yek.}]} = M_{\Delta_T} + M_{\Delta_g} + M_{\Delta_{QA}}, \quad (128)$$

$$\sigma^2_{[\Delta_{yek}]} = \sigma^2_{\Delta_T} + \sigma^2_{\Delta_{QK}} + \sigma^2_{\Delta_{HQ}} + \sigma^2_{\Delta_{Q4}}, \quad (129)$$

burada $M_{\Delta_{Q4}}$ və $\sigma^2_{\Delta_{Q4}}$ - çoxkanallı TÖS-ün qeyri-adekvatlıq XT-in riyazi gözləməsi və dispersiyasıdır.

XT-nin riyazi gözləməsi və dispersiyası üçün yuxarıda tapılmış qiymətləri (128) və (129) ifadələrində nəzərə alsaq, eyni zamanda qəbul etsək ki, korrelyasiyasız additiv xətdə bu üstünlük təşkil edir, onda yekun xətinin $M_{[\Delta_{yek.}]}$ riyazi gözləməsi və $\sigma^2_{[\Delta_{yek.}]}$ dispersiyası üçün aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\begin{aligned} M_{[\Delta_{yek.}]} &= \left(\frac{M_{\Delta_M}}{K-1} - \frac{M_{\Delta_\theta}}{\theta} \right) x + v\tau \left[\frac{1+k}{2\theta} - \frac{(sk-1)}{2x(k-1)} \right] x + \\ &+ \frac{R'''_{yek.}(x)}{3!} [x(k-1) + \theta][x(k-1) - \theta] x \\ &+ 2 \left[\frac{R'_{yek.}(x)}{1!} + \frac{R''_{yek.}(x)}{2!} [x(k-1) + \theta] + \frac{R'''_{yek.}(x)}{3!} \left\{ [x(k-1) + \theta]^2 + \frac{x(k-1)}{2} [x(k-1) - \theta] \right\} \right] + \\ &+ M_{\Delta_{Q4}}, \end{aligned} \quad (130)$$

burada v - ölçmə kəmiyyətinin dəyişmə sürətidir;

$$\begin{aligned} \sigma^2_{[\Delta_{yek.}]} &= \frac{\sigma^2_{\Delta_M}}{(k-1)^2} x^2 + \frac{\sigma^2_{\Delta_\theta}}{\theta^2} x^2 + \frac{\sigma^2_{b_1} \left[\frac{x^2}{\theta^2} + \frac{1}{(1-k)^2} \right]}{[b_{2N} + b_{3N}(kx + x + \theta)]^2} + \\ &+ \frac{\Delta\tau^2}{12} \left\{ \frac{\theta^2 + x^2(k-1)^2}{(1-k)^2 \theta^2 [b_{2N} + b_{3N}(kx + x + \theta)]^2} \right\} + \sigma^2_{\Delta_{Q4}}. \end{aligned} \quad (131)$$

(126) ifadəsini (130) və (131)-də nəzərə alsaq, verilən ehtimalla $\Delta_{yek.}$ yekun xətinin yerləşdiyi zonanı təyin etmiş olarıq.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Neft sənayesi obyektlərini özündə birləşdirən informasiya - ölçmə və idarəetmə kompleksinin layihələndirilməsi üçün konsepsiya işlənmiş, mərkəzləşdirilmiş balans təmin olunmuşdur.

2. Neft quyularının debitini qrupla ölçmə qurğusunun yeni struktur modeli və testləşdirilmiş ölçmə alqoritmi işlənmiş, tətbiqi nəticəsində ölçmə dəqiqliyi, cəldlik, texniki və iqtisadi göstəricilər artmışdır.

3. Neft emulsiyasının tərkibi, kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərini təyin etmək üçün model təklif edilmiş, tətbiqi nəticəsində ayrılma prosesinin səmərəliliyi yüksəlmişdir.

4. Neft quyularında layların süzmə xarakteristikaları əsasında debitin dəqiqləşdirilməsi üçün informasiya-ölçmə sistemi işlənmişdir.

5. Separatorun giriş kollektorunda kimyəvi reagentlərin avtomatik qarışdırılması üçün testləşdirilmiş nəzarət-ölçmə və idarəetmə sistemi işlənərək tətbiq edilmiş, nəticədə neftin ayrılması prosesinin sürəti və səmərəliliyini yüksəlmişdir.

6. Axında neftin sıxlığının titrəyişli-tezlikli ölçmə qurğusu modernləşdirilmiş, işlənmiş hibrid test alqoritmlərin tətbiqi nəticəsində ölçmə dəqiqliyi yüksəlmişdir.

7. Axında neftin miqdarının mexaniki sayğacla ölçmə prosesi üçün testləşdirilmiş ölçmə sistemi və alqoritm işlənmiş, ölçmə dəqiqliyi yüksəldilmişdir.

8. İlk ölçmə sistemlərinin çevirmə xarakteristikalarının qeyri-xətti aproksimasiyasının riyazi modeli işlənmiş və nəticədə ölçmə xətası azaldılmışdır.

9. Neft çənləri üçün kompleks ölçməyə əsaslanan miniatur struktura və yüksək metroloji xarakteristikaya malik olan fərdi uçot sistemi işlənmişdir.

10. İstənilən həndəsi ölçülü neft çənləri üçün pyezometrik ölçmə üsulu əsasında avtomatlaşdırılmış kalibrlemə sistemi və fərdi kalibrlemə cədvəllərinin tərtibatı metodikası işlənmişdir.

11. Neft çənlərində məhsulun uzunmüddətli saxlanması və dövriyyəsi prosesləri modelləşdirilmiş, müvafiq inteqral tənliklər alınmış, çöküntünün yaranmazamanı və miqdarı qiymətləndirilmişdir.

12. Ölçmə xətası və təşkilədiciləri üçün təshihəediciləri alqoritmlər işlənmişdir.

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı elmi nəşrlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Исаев, М.М. Методы обработки измерений в ИИС определения массы нефтепродуктов в резервуарах / Ч.М. Гаджиев, М.М. Исаев; - Баку: Элм, -2000, -94 с.
2. İsayev, M.M., Niftiyev, Y.M. Methods of identification of the metrological characteristics // Third International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, -Ankara: 29-31 May, -2006, pp. 33-35.
3. İsayev, M.M., İmaməliyev, E.B. «Sapfir» tipli təzyiqliq çeviricilərinin metroloji xarakteristikasının identifikasiyası üsulu // AMEA-nın Xəbərləri. Fizika-riyaziyyat və texnika elmlər seriyası, -Bakı: -2006. Cild XXVI, №2, s. 286-291. (AAK)
4. Мамедов, Г.А., Исаев, М.М., Имамалиев, Э.Б. Требования к параметрам в системе измерения количества нефтепродуктов в коммерческих узлах // Изв. ВГУЗ Азерб., -Баку: -2007. №5(51), -с. 64-69 (AAK)
5. Исаев, М.М., Алиев, М.А., Бабаханов, Ш.М. Ультразвуковой расходомер с микропроцессорным управлением // Известия НАКА, -Баку: 2007. Том X, №1-2(10), -с.112-119. (AAK)
6. Насирова, Т.И., Исаев, М.М., Микайлов, М.Н. Распределения неубывающего кусочно-линейного случайного процесса // Известия НАН Азербайджана. Серия физ.-мат. и тех. наук, -Баку: 2007. Том XXVII, №2, -с.168-171. (AAK)
7. Исаев, М.М. Метрологическое обеспечение системы контроля и измерения количества нефтепродуктов в коммерческих узлах // Известия ВГУЗ Азербайджана, -Баку: 2008. № 1(53), -с.65-68. (AAK)
8. Isayev, M.M. Moments Estimation for Hitting Times of Continuous Random Processes with Absorbing Boundaries // -Riga: Automatic Control and Computer Sciences, -2008. Vol 42, №6, -pp. 306-310. (SCOPUS, WoS bazasına daxildir, İF yoxdur)
9. Исаев, М.М. Оценивание математического ожидания и корреляционной функции непрерывного стохастического процесса со сносами и задерживающими экранами // Доклады НАНА, -Баку: 2008, том LXIV, № 5, -с.24-29. (AAK)
10. Исаев, М.М. Методы и средства коммерческого учета нефтепродуктов в потоке. -Баку: Элм, -2010. -164 с.
11. Исаев М.М. Моделирование стохастического процесса со сносами и задерживающими экранами//Известия ВГУЗ Азерб, -Баку: 2009. №2(60), -с.47-49. (AAK)

12. Мамедов, Р.Г., Исаев, М.М., Мехтизаде, Э.К. Повышение точности измерений с помощью комбинированных тестовых алгоритмов // Известия НАН Азерб., Серия физ.-мат. и тех. наук, Баку: 2009. Том XXIX, № 6, -с.158-165. (ААК)
13. Исаев, М.М., Мехтизаде, Э.К., Гусейнов, И.Э., Велиев, Т.Ф. Повышения точности измерений на основе аддитивных и мультипликативных тестов // Известия НАКА, -Баку: 2009. Том XII, №4(12), -с.48-54. (ААК)
14. İsayev M.M., Mehdizadə E.K. Qeyri-xətti çevirmə funksiyasına malik ölçmə sistemlərinin dəqiqliyinin yüksəldilməsində optimal testlərin seçilməsi alqoritmi // Известия НАН Азербайджана. Серия физ.-мат. и тех. наук, -Баку: 2009. Том XXIX, №6, -с.146-151. (ААК)
15. Исаев, М.М., Мехтизаде, Э.К. Алгоритмическая коррекция погрешности в вибрационно-частотном преобразователе плотности нефтепродуктов//Датчики и Системы, -М.: 2010. №4, -с.11-13. (РИНЦ).
16. Мамедов, Р.Г., Исаев, М.М., Агаев, Ф.Г., Мехтизаде, Э.К. Структурно-алгоритмические методы повышения точности измерений // Проблемы нефтегазовой промышленности, НИИ нефтегазовой промышленности НАК «Нефтегаз Украины», Киев: 2010. Вып. 8, -с.229-242.
17. İsayev M.M., Əhmədov L.N., Mehdizadə E.K. Neft-qazçıxarma obyektlərin korporativ şəbəkəli informasiya ölçmə və idarəetmə sistemi // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi əsərləri, -Bakı: 2010. №1, -s.179-189. (ААК)
18. İsayev M.M., Nəzərov R.B. Uçot qovşağında xam neftin tərkibində olan qarışıq maddələrin təyini alqoritmi // Известия НАН Азерб. Серия физ.-мат. и тех. наук, -Баку: 2010. Том XXXII, №3, -с.148-154. (ААК)
19. İsayev M.M., Nəzərov R.B., Rzayeva N.X. Xam neftin uçot qovşağında çoxsaylı parametrlərin təhlili // Azərbaycan neft təsərrüfatı, -Bakı: 2012. №6, -s.57-62. (ААК)
20. İsayev M.M., Nəzərov R.B., Əliyev M.Ə., Vədəlova N.X. Maye sütununun yaratdığı hidrostatik təzyiqə görə neft çənlərinin avtomatik dərəcələnmə alqoritmi // Известия НАН Азерб. Серия физ.-мат. и тех. наук, -Баку: 2013. Том XXXIII, №6, -s. 206-210. (ААК)
21. Насирова, Т.И., Исаев, М.М., Гаджиев, Э.А., Назаров, Р.Б. Моделирование объема нефти в резервуаре с полумарковским процессом при приеме, хранении и отпуске // Известия ВТУЗ Азерб., -Баку: 2013. №5(15), -с. 66-71. (ААК)
22. Исаев, М.М., Абдуллаев, В.Г., Назаров, Р.Б. Универсальная автома-

- тизированная система и алгоритм для калибровки нефтяных резервуаров // Датчики и Системы, -Москва: 2015. №7, -с.50-55. (РИНЦ).
- 23.Рзаев, Аб.Г., Расулов, С.Р., Исаев, М.М. Методы и устройство измерения дебита нефти // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. -Москва: 2016. №1, -с. 20-23 (РИНЦ).
- 24.Исаев, М.М., Абдуллаев, В.Г., [и др.]. Разработка универсальной автоматической системы и алгоритма для калибровки нефтяных резервуаров // Измерительная техника. -Москва: 2016. №6, -с.48-51. (Web of Science, SKOPUS)
- 25.Рзаев, Аб.Г., Исаев, М.М. Neftin ilkin ayırılması prosesinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi üsulu və qurğusunun işlənməsi // AMEA-nın Xəbərləri. Fiz.-tex. və riyaz. elm. seriyası. -Bakı: 2017. Cild XXXVII, №6, -s.53-57. (AAK)
- 26.Исаев, М.М., Мамедова, М.Б. [и др.]. Интеллектуальная система измерения количества нефти с улучшенными показателями точности // Материалы XVI Международной конференции «Информационные технологии и математическое моделирование», -Казан: -29 сентября -3 октября, -2017, -с. 300-307.
- 27.Исаев, М.М. Идентификация функций преобразования ИИС использованием гибридных тестов // Материалы I Международной НТК «Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации», -Уфа: -21-22 сентября, -2017, -с. 50-55.
- 28.Исаев, М.М. О новой разновидности тестовых методов повышения точности измерений // Материалы I Международной НТК «Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации», -Уфа: -21-22 сентября, -2017, -с. 56-59
- 29.Алиев, Т.А., Рзаев, Аб.Г., Исаев М.М. [и др.]. Способ и система автоматического регулирования уровня раздела фаз нефти и воды. Евразийский патент, № 027715 В1, заявка №201600039, дата выдачи патента: 31.08.2017 (Евразийский патент)
- 30.Isayev, M.M. Development of the combined algorithm for increasing the measurement accuracy // 6th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA-2018), -Baku: -11-13 July, -2018, -pp. 201-203. (Web of Science).
- 31.Rzayev, Ab.H., Isayev, M.M. Neftin nəqlində keyfiyyətə nəzarət-uçot sisteminin problemləri və həlli yolları // Beynəlxalq ETK “Ölçmə və keyfiyyət: problemlər, perspektivlər”, -Bakı: -21-23 noyabr, -2018, -s.466-469.

32. İsayev, M.M. Ölçmə sistemlərinin dəqiqliyinin yüksəldilməsinin alqoritmik test üsulları. -Bakı: Elm, -2018. -206 s.
33. Исаев, М.М., Мамедова, М.Б. [и др.] Разработка комбинированного алгоритма для повышения точности результатов измерений // *Beynəlxalq ETK “Ölçmə və keyfiyyət: problemlər, perspektivlər”*, -Bakı: -21-23 noyabr, -2018, -s.74-79.
34. Рзаев, Аб.Г., Расулов, С.Р., Исаев, М.М., Асадова, Р.Ш. Измерительная система определения фильтрационных характеристик нефтяного пласта // *Измерительная техника*. -Москва: -2019, №1, -с.34-38. (*Web of Science, SKOPUS*)
35. İsayev, M.M. Neft sənayesi üçün idarəetmənin SCADA-MES-ERP səviyyələrinin inteqrasiyasını reallaşdıran proqram-texniki kompleksin işlənməsi konsepsiyası // *Azərbaycan neft təsərrüfatı*, -Bakı: -2019. №5, -s.36-40. (*AAK*)
36. Rzayev, Ab.H., İsayev, M.M. [və b.]. Neftin hazırlığı prosesi üçün nəzarət-ölçmə və idarəetmə sisteminin işlənməsi // *Azərbaycan neft təsərrüfatı*, -Bakı: -2019. №8, -s.32-36. (*AAK*)
37. İsayev, M.M., Xasayeva, N.M., Mahmudbəyli, L.S. Ölçmədə qeyri-müəyyənliyin kombinasiyalı testlərlə tədqiqi / 1st International Scientific-Practical Conference on Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives, -Baku: -01-02 July, -2019, -pp.152-153.
38. İsayev, M.M., Mammadova, M.B., Khasayeva, N.M. Development of the measuring tested algorithm for the density of liquid fuels // 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications, -Baku: -26-28 August, -2020, -pp.182-184. (*Web of Science*)
39. İsayev, M.M. Axında neftin sıxlığının avtomatlaşdırılmış ölçmə sistemi və xətanın tədqiqi / M.M. İsayev, M.B. Məmmədova, N.M. Xasayeva // *Azərbaycan neft təsərrüfatı*, -Bakı: -2020. №12, -s.39-44. (*AAK*)
40. İsayev, M.M., Məmmədova M.B., Bədəlova N.X. Diferensial ölçmə sistemlərinin dəqiqliyinin yüksəldilməsinin qarışıq-test üsulu // *Informatics and Control Problems*, -Baku: -2021. Vol 40, №1, -s.39-44. (*AAK*)

Dissertasiyanın müdafiəsi 14 yanvar 2021-ci il tarixdə saat 11⁰⁰ -da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1073, Bakı şəhəri, Hüseyn Cavid prospekti, 25.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat “ 08 ” dekabr 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 01.12.2021

Kağızın formatı:

Həcmi: işarə

Tiraj: 100