AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ ƏSASINDA QAZIN SƏRFİYYATININ ÖLÇMƏ SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ

İxtisas: 3337.01 - "İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri"
(informasiya texnologiyaları)

Elm sahəsi: Texnika elmləri

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru

elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASİYA

İddiaçı: _____ **Elsevər Nəbi oğlu Allahverdiyev**

Elmi rəhbər: _____ Texnika elmləri namizədi, dosent
Kəmalə Rafiq qızı Əliyeva

Bakı - 2022

M Ü N D Ə R İ C A T

GİRİŞ 4

I FƏSİL. QAZ SƏRFİNƏ NƏZARƏT QURĞULARI VƏ SİSTEMLƏRİ..... 11

1.1. Qaz sərfini ölçən mövcud cihaz və qurğular 11

1.2. Qaz sərfini ölçən qurğuların seçilməsi problemləri 19

1.3. Cihaz və qurğuların qeyri-səlis seçim meyarları və metodları 22

1.4. Mövcud sərfölçən sınaq qurğularının qurulma prinsipləri 27

1.5. Qazın sərfinə nəzarət üçün informasiya-ölçmə sistemləri 46

I fəsil üzrə nəticələr 50

II FƏSİL. QAZIN SƏRFİNƏ NƏZARƏT ÜÇÜN İNFORMASİYA-ÖLÇMƏ SİSTEMİ 52

2.1. Sistemin strukturu və iş prinsipinin seçilməsi 52

2.2. Qaz turbininin çıxışında temperatura, turbinin sürətinə və aksial yükünə qeyri-səlis nəzarət 60

2.3. İnformasiya-ölçmə sisteminin informasiya modeli 74

2.4. İnformasiya-ölçmə sisteminin metroloji təminatı 79

2.5. İnformasiya-ölçmə sisteminin səmərəliliyi 87

II fəsil üzrə nəticələr 95

III FƏSİL. QAZ SƏRFİNİ ÖLÇƏN CİHAZ VƏ QURĞULARIN SEÇİLMƏSİ..... 96

3.1. Qazın sərfini ölçən cihazların texnoloji tələblərə uyğun seçilməsi 96

3.2. Sərfölçənlərin texniki xarakteristikalarının təhlili 102

3.3. Ekspert rəylərindən istifadə etməklə sərfölçənin seçilməsi 110

3.4. Sərfölçənin seçilməsində qeyri-səlis məntiqdən istifadə olunması 118

3.5. Sərfölçənin AHP və TOPSİS metodu ilə seçilməsi alqoritmi 123

III fəsil üzrə nəticələr 133

IV FƏSİL. ÖLÇMƏ NƏTİCƏLƏRİNİN EMALI VƏ APARAT-PROQRAM VASİTƏLƏRİNİN QARŞILIQLI ƏLAQƏSİ 134

4.1. Sensorların çıxış siqnallarının qeyri-səlis implikatorlarla emalı 134

4.2. Qaradağ qaz-kompressor stansiyasının əsas göstəricilərinin təhlili 143

4.3. Nəzarət prosesində aparat-proqram vasitələrinin qarşılıqlı əlaqəsi 148

IV fəsil üzrə nəticələr 152

ƏSAS NƏTİCƏLƏR..... 153

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYATLARIN SİYAHISI..... 155

ƏLAVƏLƏR 164

G İ R İ Ş

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Sənayenin müxtəlif sahələrində, xüsusilə neft-qaz sənayesində, neft-kimya texnoloji proseslərinin idarə edilməsi zamanı nəzarət olunan əsas parametrlərdən biri hasil edilən və nəql olunan qazın sərfi və ya miqdarıdır. Bu kəmiyyətin dəqiq ölçülməsi, istər texnoloji proseslərin avtomatik idarə edilməsində, istərsə də hasil (istehsal) olunmuş qazın sərfinin təyin edilməsi, onun uçotu baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Müasir sərfölçənlərin əksəriyyəti çoxparametrli funksiyalara, yəni qazın həcmini, kütləsini, sıxlığını, yekun miqdarını, temperaturunu ölçmək imkanına malikdir. Lakin hər bir texnologiya özünə uyğun verici və sensorlar, parametrlərin ölçülməsini təmin edən qurğu, cihaz və vasitələr tələb etdiyinə görə iş prinsipi müxtəlif olan bir çox sərfölçən modelləri tətbiq edilir ki, bunlar da istinad etdiyi iş prinsipi və ya dizayna uyğun olaraq bəzi real üstünlüklərə və əsas funksiyalara malikdir. Sərfölçən cihazların parametr və göstəricilərinin bir qismi konkret qiymət almayıb, qeyri-səlis xarakterə malik olduğundan seçim meyarlarının qeyri-səlis məntiqə əsaslanması məqsədəuyğundur. Bunu nəzərə alaraq, müvafiq parametr və göstəricilərə malik sərfölçənlərin seçilməsi, onun tətbiq olunduğu prosesə uyğun informasiya-ölçmə sisteminin yaradılması məsələsi aktualdır.

Hazırda neft-qazçıxarma sənayesi respublikamızın bütün iqtisadiyyatında aparıcı yer tutur. İstehsal üçün xarici şirkətlərlə yeni müqavilələrin bağlanması, əlavə investisiyaların cəlb edilməsi elm və texnologiya üçün yeni üfüqlər açır, təcili həllini tələb edən yeni problemlər təklif edir.

Bu şəraitdə neft-qaz hasilatı obyektləri üçün nəzarət və idarəetmə sistemlərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi, onların işinin optimallaşdırılması, fəaliyyət nəticələrinin proqnozlaşdırılması və s. məsələlər aktuallaşır. Buna görə də neft və qaz sənayesində texnoloji proseslər üçün nəzarət və idarəetmə sistemlərinin səmərəliliyinin artırılması xalq təsərrüfatı qarşısında duran məsələlərin həlli ilə əlaqədar əsas elmi və praktik vəzifələrdən biridir. Bu, hazırkı şəraitdə istehsalın səmərəliliyini artırmaq üçün müasir kompüter texnologiyalarından istifadə etməklə sənayedə texnoloji proseslərin,

aqreqatların və istehsalatın avtomatlaşdırılması miqyasının genişləndirilməsindən irəli gəlir. İnformasiya-ölçmə sistemlərinin (İÖS) səmərəliliyinin yüksəldilməsi də istehsalın intensivləşdirilməsi ilə şərtlənir. İÖS-lərin tədqiq olunan spesifik xüsusiyyətlərindən biri onların praktik olaraq hamısının daima mürəkkəbləşən neft və qaz hasilatı, emalı və nəqli qurğu və vasitələrindən ibarət inkişaf edən sistemlərin texnoloji proseslərinin parametrlərinə nəzarət və idarə edilməsi üçün nəzərdə tutulmasıdır. Qazın saxlanması və nəqli sistemləri üçün əsas problemlər bunlardır:

1) qazın saxlanması, nəqli və paylanması proseslərinin optimallaşdırılması;

2) həmin proseslərə nəzarətin avtomatlaşdırma səviyyəsinin yüksəldilməsi;

3) bu proseslərə nəzarətin metroloji təminatının təkmilləşdirilməsi, ölçmə dəqiqliyi və səhihliyinin yüksəldilməsi.

Hal-hazırda, ölçmə, hesablama, icra, məntiqi və idarəetmə funksiyalarını yerinə yetirən digər texniki vasitələrdən ibarət dördüncü və beşinci nəsil İÖS sistemlərinin inkişafından bəhs etmək olar. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri yanaşı, İÖS-lər iqtisadiyyatın, xalq təsərrüfatının inkişafında və onun məhsuldarlığının yüksəldilməsinin əsas amilidir.

Nəzarət və idarəetmə sistemləri çərçivəsində həll olunan bütün məsələlərin təhlili göstərir ki, sənayenin, xüsusən də texniki vasitələrin və sistemlərin inkişaf tendensiyaları və templəri nəzərə alınaraq yeni texnologiyaların meydana gəlməsi, habelə xarici şirkətlər və firmalar tərəfindən istifadə edilən bu cür sistemlərin qurulmasına yeni yanaşmalar nəzərə alınmaqla praktiki tətbiq üçün ən münasibi və əlverişlisi yeni informasiya texnologiyalarının, texnoloji proseslərə nəzarət və idarəetmə nəzəriyyəsinin mövcud nailiyyətlərinə əsaslanaraq istifadəsidir.

İstehsal olunan neft və qazın maya dəyərinin azaldılması, ümumi hasilatın artırılması tələbləri təbii olaraq bu problemlərin həllinə yardım edən bütün işlərin səmərəliliyinin artmasını, bu isə öz növbəsində həmin məsələləri həll etmək üçün tətbiq olunan və layihələndirilən idarəetmə-nəzarət sistemlərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsini labüd edir.

Qeyd edilənlərə istinad edərək, hazırkı işdə informasiya-ölçmə sistemlərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsinə sistemli yanaşma əsasında, qazın istehsalı,

hazırlanması, nəqli və paylanması texnoloji proseslərinə nəzarət və idarəetmə sistemlərin qurulması prinsiplərinin işlənilməsi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir. Dənizdə yerləşən yeni yataqların və qaz yataqlarının aşkarlanması və işlənməsi ilə əlaqədar respublikada istehsal olunan qazın istifadəsi və ixracı ilə əlaqəli yeraltı qaz anbarlarında qazın vurulması və götürülməsi üçün monitorinq və nəzarət sistemlərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi məsələlərinə xüsusi diqqət yetirilir. Mövzunun aktuallığı, XX əsrin sonu və XXI əsrin əvvəllərinin ekspert sistemlərinin yaradılmasına, qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsindən, Soft Computing (genetik alqoritmlər), neyron şəbəkələrindən istifadəyə başlayan yeni informasiya texnologiyalarının yaranması və inkişafı ilə əlaqədardır.

İşin aktuallığı bir də onunla təsdiq olunur ki, dissertasiya mövzusu üzrə tədqiqatlar elmi-tədqiqat işi çərçivəsində dövlət büdcəsi hesabına aparılmışdır.

Tədqiqat işinin obyekti və predmeti. Dissertasiya işində tədqiqat obyekti qaz sərfini ölçən cihaz və qurğular, eləcə də qaz sərfinin ölçülməsi nəticələrini toplayıb emal edərək, onun uçotunu və kompressor stansiyasının işinə nəzarəti təmin edən informasiya-ölçmə sistemidir.

Tədqiqat predmeti qazların sərfini ölçən qurğu və cihazların seçilməsi və qeyri-səlis məntiq əsasında informasiya-ölçmə sistemidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. İşin əsas məqsədi müxtəlif iş prinsipinə malik, müxtəlif konstruksiyalı sərfölçən cihaz və qurğuların seçilməsi məsələsini həll etmək, qeyri-səlis texnologiyalar əsasında bu seçimin optimallığını təmin etməklə qaz sərfinin ölçülməsi və ölçmə nəticələrinin emalı və təhlili əsasında qazın nəqlinə və istehlakına nəzarət etməyə imkan verən nəzarət sisteminin işlənməsi, sistemin səmərəliliyinin yüksəldilməsi yollarının müəyyən edilməsidir.

Məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- mövcud qaz sərfölçənlərinin iş prinsipi, əsas göstəriciləri və parametrlərinin müqayisəli təhlili;
- qazın sərfini ölçən cihaz və qurğuların seçim meyarlarının müəyyən edilməsi və tədqiqi;

- seçim meyarlarına əsasən sərfölçənlərin seçilməsi məsələsinin qeyri-səlis texnologiyalar əsasında həll edilməsi;
- qaz sərfinin ölçülməsi, onun uçotunun aparılması, müvafiq texnoloji prosesə nəzarətin təmin edilməsi üçün informasiya-ölçmə sisteminin işlənilməsi;
- informasiya-ölçmə sisteminin göstəricilərinin tədqiqi və təyin edilməsi.
- sensor və vericilərin çıxış siqnallarının qeyri-səlis üsullarla emalının tədqiqi.

Tədqiqat metodları: Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məsələlər qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi, riyazi modelləşdirmə və Softcomputing metodları və xətalar və sistemlər nəzəriyyəsi əsasında həll edilmişdir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

1. Mövcud qaz sərfölçənlərinin iş prinsipi, əsas göstəriciləri və parametrlərinin müqayisəli təhlili nəticələri.
2. Sərfölçənlərin seçilməsi məsələsinin qoyuluşu və qeyri-səlis texnologiyalar əsasında həlli.
3. Qaz sərfinin ölçülməsini, qazın sərfinə nəzarəti təmin edən informasiya-ölçmə sisteminin strukturunun işlənilməsi.
4. Qaz sərfini ölçən cihazların çıxış siqnallarının qeyri-səlis məntiq əsasında emal olunması məsələsinin həlli.
5. İnformasiya-ölçmə sisteminin göstəricilərinin təyin və tədqiq edilməsi.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Sərfölçənlərin seçilməsi məsələsinin qoyuluşu və qeyri-səlis texnologiyalar əsasında həlli.
2. Qaz sərfinin ölçülməsini, qazın sərfinə nəzarəti təmin edən informasiya-ölçmə sisteminin strukturu.
3. Qaz sərfini ölçən cihazların çıxış siqnallarının qeyri-səlis məntiq əsasında emalı nəticələri.
4. İşlənilmiş alqoritmlərin kompüter eksperimentləri vasitəsilə tədqiqi nəticələri.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Qazın sərfini ölçən qurğu, cihaz və sistemlərinin tədqiqat nəticələri: ölçmə qurğularının seçim alqoritmi, informasiya-ölçmə sisteminin strukturu, vericilərin çıxış siqnallarının emal alqoritmi neft-kimya

sənayesində, eləcə də qazın istehlakçılara paylanmasına avtomatlaşdırılmış ölçmə-nəzarət sistemində istifadə oluna bilər (tətbiq aktı əlavədə təqdim olunur). Dissertasiya işinin nəzəri və praktiki nəticələrinin istifadəsinə dair aktlarla təsdiqlənir.

Dissertasiynın nəticələri istifadə və tətbiq olunmuşdur:

- Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihazqayırma mühəndisliyi" kafedrasının tədris prosesində;
- Azərbaycan Respublikası SOCAR-ın "Qaz İxrac" İdarəsinin Qaradağ kompressor stansiyasında;

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiyada formulə edilmiş elmi müddəaların və nəticələrin dürüstlüyü, çoxsaylı hesablamalarına əsasən alınmış səhih riyazi nəticələrlə təsdiqlənir. Nəzəri tədqiqatların və praktik işləmələrin əsas nəticələri Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihazqayırma mühəndisliyi" kafedrasının elmi-tədqiqat işinin hesabatlarına daxil edilmişdir.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri məruzə olunmuş və müzakirə edilmişdir:

- First International Scientific-Practical Conference: Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives - July1-2, 2019, Bakı;
- International Scientific-Practical Conference: The roll of Engineering in Innovative Development of Azerbaijan: Aims and Perspectives – November 29-30, 2019, Bakı;
- Şəxsiyyət, cəmiyyət, dövlət: Qarşılıqlı münasibətlərə müasir yanaşmalar. Respublika elmi konfransının materialları 6-7 dekabr 2019-cu il, Bakı;
- Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illiyinə həsr edilmiş beynəlxalq konfrans – Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives - MİMCS-2020, Bakı;
- The 7th International conference on Control and Optimization with Industrial Application - COIA-2020, Bakı.
- The Caucasus - economıc and socıal analysıs journal of southern, Tbilisi

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası SOCAR Qaz İxracı İdarəsinin Qaradağ Kompressor Stansiyasında yerinə yetirilmişdir.

Dərc edilmiş əsərlər. Dissertasiyanın əsas nəticələri 11 elmi əsərdə əks etdirilmiş, onlardan 5-i məqalə, 6-sı konfrans materialı olub, müxtəlif jurnallarda və konfrans materiallarında dərc olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, nəticə, istifadə olunmuş ədəbiyyatın siyahısı və əlavədən ibarətdir. İş 151 səhifə əsas mətn, 40 şəkil və 16 cədvəl olmaqla 164 səhifədən və 218130 simvoldan ibarətdir.

Dissertasiyanın **girişində** qazın saxlanması və paylanmasına nəzarət və idarəetmənin təkmilləşdirilməsi məsələləri ilə əlaqəli olan mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın əsas obyekti və işin məqsədi, dissertasiya işində həll ediləcək məsələlər göstərilmiş, işin əsas elmi yenilikləri açıqlanmış və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəaları tədim olunmuşdur. Daha sonra girişdə işin praktiki əhəmiyyəti göstərilmiş, işin aprobasiyası və dərc edilmiş əsərlər, dissertasiyanın strukturu və həcmi ilə əlaqədar məlumatlar verilmişdir.

Dissertasiyanın **I fəsli** qaz sərfini ölçən mövcud cihaz və qurğuların iş prinsipi müqayisəli şəkildə təhlil olunmuş, verilmiş tələblərə uyğun olan sərfölçənlərin seçim meyarları və metodikaları araşdırılmış, seçim məsələsinin qeyri-müəyyən informasiya şəraitində qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi və Softcomputing metodları ilə həlli məqsədəuyğunluğu göstərilmiş, seçilmiş sərfölçənin yoxlanması üçün sınaq sərfölçən qurğular qaz sərfinə nəzarət və informasiya-ölçmə sistemlərinin işlənməsinin müasir vəziyyəti araşdırılmış, yüksək səmərəliliyə malik müvafiq sistemin qurulma prinsipi və ölçmə cihazlarının seçilməsinin əsas məqamları göstərilmiş, fəsil üzrə nəticələr təqdim olunmuşdur.

İkinci fəsildə qazın sərfinə nəzarət üçün informasiya-ölçmə sisteminin verilmiş meyarlara və tələblərə uyğun seçilmiş qurulma prinsipi və strukturu, sistemin əsas altsistemlərinin iş prinsipi və xarakteristikaları müəyyən edilmiş, informasiya modeli, metroloji təminatı, kompressor stansiyasında qaz turbinin əsas parametrlərinə - çıxış qazlarının, yanma kamerasında temperaturlarına, turbinin valının sürətinə nəzarət məsələlərinin qeyri-səlis məntiq əsasında həll edilməsi alqoritmləri işlənmişdir.

Üçüncü fəsil informasiya-ölçmə sistemi üçün qaz sərfini ölçən cihaz və qurğuların seçilməsi məsələsinin qeyri-səlis qoyuluşu araşdırılmış, bu məsələnin qeyri-

səlis qərar qəbulunu realizə etməyə imkan verən Softcomputing üsulları əsasında həll edilməsi yolları göstərilmiş, alternativ variantların seçim meyarlarına və zəruri prioritetlərə uyğun olaraq ranqlama yolu ilə ekspertlərin təklif etdiyi alternativlər arasından tələb olunan optimal sərfölçənin seçilməsi məsələsinin həll alqoritmi və buna müvafiq həll variantı təqdim edilmişdir. Göstərilmişdir ki, sərfölçənin seçilməsi ilə əlaqədar çoxmeyarlı məsələnin belə şəkildə qoyuluşu və həlli müvafiq qərar qəbulu prosedurunun avtomatlaşdırma səviyyəsini və seçim səmərəlilyini yüksəltməyə imkan verir.

Dördüncü fəsildə qazın sərfini ölçən qurğuları çıxış siqnallarının əsas xarakteristikaları, sərfölçənin dəqiqliyi və ölçmə xətasının informasiya ölçmə sisteminin ümumi xətasına təsiri nəzərə alınmaqla sərfölçənlərin çıxış siqnallarının qeyri-səlis məntiq əsasında emalı metodikası və onun nəticələri təqdim olunmuş, göstərilmişdir ki, qeyri-səlis məntiq əsasında emal alqoritmləri digər alqoritmlərlə müqayisədə çıxış siqnalında mövcud olan faydalı informasiya itkisini minimuma endirir, alınan siqnalın maksimum informativliyini təmin edir, beləliklə, ümumilikdə sistemin səmərəliliyini yüksəltməyə imkan verir.

Daha sonra Qaradağ yeraltı qaz anbarının kompressor stansiyasının iş rejimləri, stansiyanın 2018 və 2019-cu illərdə əsas göstəricilərinin dəyişmə qrafikləri qurulmuş, bu əyrilər əsasında stansiyada yanacaq sərfinin və sərf edilən elektrik enerjisinin aylar üzrə dəyişməsinin təhlili əsasında stansiyanın idarəetmə-nəzarət sistemində informasiya-ölçmə altsisteminin təkmilləşdirilməsi nəticəsi olaraq, göstəricilərin optimal qiymətlər alacağı qeyd olunmuşdur. Nəzarət prosesində aparat-proqram vasitələrinin qarşılıqlı əlaqəsi məsələləri araşdırılmış, müvafiq struktur sxem əsasında konkret vasitələrin informasiya mübadiləsi protokolları göstərilmiş, müxtəlif protokolların tətbiqinin bu prosesin optimal şəkildə getməsini təmin etməsi vurğulanmışdır.

Yekunda dissertasiya işinin əsas nəticələri, **əlavədə** elmi-tədqiqat işinin nəticələrinin tətbiqinə dair akt təqdim edilmişdir.

I FƏSİL. QAZ SƏRFİNƏ NƏZARƏT QURĞULARI VƏ SİSTEMLƏRİ

1.1. Qaz sərfini ölçən mövcud cihaz və qurğular

Sənayenin müxtəlif sahələrində, xüsusilə neft-qaz sənayesində neft-kimya texnoloji proseslərinin idarə edilməsi zamanı nəzarət olunan əsas parametrlər hasil edilən və nəql olunan neftin, qazın sərfi və ya miqdarıdır. Bu kəmiyyətin ölçülməsi, istər texnoloji proseslərin avtomatik idarə edilməsində, istərsə də hasil (istehsal) olunmuş qazın sərfinin təyin edilməsi baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bunu həmin parametrlərin axında ölçülməsinə və ölçmə nəticələrinin emalı mövzusunda məqalə, hesabat və analitik təhlilə həsr edilmiş çoxlu sayda elmi-tədqiqat nəticələri də təsdiq edir [14, s.10], [18, s.22], [22, s.39], [65, s.25], [80, s.33], [83, s.23].

Müasir sərfölçənlərin əksəriyyəti çoxparametrli funksiyalara, yəni qazın həcmini, kütləsini, sıxlığını, yekun miqdarını, temperaturunu ölçmək imkanına malikdir. Lakin hər bir texnologiya özünə uyğun verici və sensorlar, parametrlərin ölçülməsini təmin edən qurğu, cihaz və vasitələr tələb etdiyinə görə iş prinsipi müxtəlif olan bir çox sərfölçən modelləri tətbiq edilir ki, bunlar da istinad etdiyi iş prinsipi və ya konstruksiyaya uyğun olaraq bəzi real üstünlüklərə və əsas funksiyalara malikdir.

Sərfölçən cihazları işləmə prinsiplərinə görə iki sinfə ayırmaq olar [14, s.24]. Bu siniflərə axından enerji xaric edənlər və axına enerji əlavə edən cihazlar daxildir. Enerji xaric olduğu zaman, təzyiq düşküsü baş verir. Bir çox sayğacların iş prinsipi birinci kateqoriyaya aiddir. Enerji əlavə olunduqda təzyiqin azalması baş verirsə, bu minimum həddi keçmir (sürtünmə effekti istisna olmaqla). Ekstraktiv yanaşmada qaz axınına daraldıcı, müqavimət sipəri və ya rotor yerləşdirilir. Bu, axının potensial enerjisini kinetik enerjiyə çevirir və axının sürətini müəyyən etmək üçün istifadə olunur.

İkinci yanaşma additiv yanaşmadır - enerji maqnit seli (maqnitometr), səs (ultrasəs sərfiyyat cihazı) və ya istilik (istilik sərfiyyat cihazı) şəklində ola bilər. Axın əlavə olunmuş kəmiyyətə təsir edir və baş vermiş dəyişiklik sərfi təyin etmək və ya ölçmək üçün istifadə olunur [22, s.40].

Ümumilikdə sərfölçənləri şərti olaraq da təsnif etmək olar. Belə ki, bunlara misal olaraq, dəyişən təzyiqlər prinsipi üzrə işləyən, turbin prinsipli, burulğan (vortex) prinsipli, elektromaqnit prinsipli, ultrasəs tipli və koriolis prinsipli sərfölçənləri göstərmək olar. Qeyd olunan növləri də öz növbəsində qruplaşdırsaq, sərfölçənləri aşağıdakı 3 qrupda birləşdirmək olar: dəyişən təzyiqlər prinsipi üzrə işləyən sərfölçənlər, dəyişən sahəli sərfölçənlər və sürətə görə işləyən sərfölçənlər.

Dəyişən təzyiqlər prinsipi üzrə işləyən sərfölçənlər bütün diferensial təzyiq sərfiyyat cihazlarında diafraqmalar, forsunkalar, ventillər, Pito boruları və s. kimi ilkin elementlər vasitəsilə yaradılmış diferensial təzyiqdən istifadə olunur [65, s.64]. Bu diferensial təzyiq axının məhdudlaşdırılması ilə axının sürətini, sıxlığı sabit olan maye üçün təzyiq ölçməsindən təyin etməyə imkan verir. Diferensial təzyiq qurğuları hələ də dünya miqyasında satılan sərfiyyat cihazlarının əhəmiyyətli bir hissəsini təşkil edir. Geniş çeşidli konstruksiya və ölçülərdə təqdim olunan diferensial təzyiq sərfölçənləri qaz və mayelərin ölçülməsi üçün iqtisadi cəhətdən effektiv və etibarlı bir vasitəsidir. Hal-hazırda sənayedə əsasən iki konstruksiyalı məhdudlaşdırıcısı (diafraqma, forsunka, Venturi borusu və Pito borusu) olan cihazlardan istifadə olunur. Diafraqma, forsunka və Venturi borusunun əsas üstünlükləri dünya standartlarına uyğunluğu, nominal diametrlərin geniş diapazonda olması, kalibrləmənin tələb olunmaması, hərəkət edən hissənin olmamasıdır.

Dəyişən təzyiqlər prinsipi üzrə işləyən sərfölçənlərin üstünlükləri ekstremal şəraitdə (400 atm. və 1000°C qədər) istifadə, diferensial təzyiq sensorları proses dayandırılmadan əməliyyat zamanı əvəzedilmə imkanına, mexaniki və hərəkətsiz hissələrdən ibarət möhkəm ilkin elementlərə malik olmasıdır. Qazın sərfi ölçülərkən prosesin əsas parametrləri (təzyiq və temperatur) tələb olunan səviyyədə sabit olması şərti ödənilmədikdə qurğunun mikrokontrolleri siqnalı kompensasiya etmək üçün temperatur və təzyiqin yerli ölçmələrindən istifadə edə bilər [1, s.157].

Bununla yanaşı, diafraqmaların əsas çatışmazlığı diametri 2"-dən az olan borularda istifadənin mümkün olmaması, axın profilində dəyişikliyin aparılması və yaranan burulğanların ölçmə nəticəsinə təsir etməsidir.

Pito borularının əsas üstünlükləri bunlardır: böyük diametrli borularda axını ölçmək üçün effektiv üsuldur, düzbucaqlı bölməli kanallar üçün də münasibdir, asan quraşdırıla biləndir, diafraqmalara nisbətən təzyiq itkisi azdır. Pito borularının əsas çatışmazlığı dəqiqliyin diafraqmalı sərfölçəndən olduğundan az olmasıdır [65, s.70].

Dəyişən sahəli sərfölçənlər qazların və mayelərin axınının ölçülməsi üçün nisbətən sadə və qənaətli vasitələrdir. Cihaz metaldan və ya şüşədən hazırlanmış üzgəci axıcı mühitin üzərində olan şaquli, konusvari borucuqdan ibarətdir. Dəyişən sahəli qurğular kiçik xərclər tələb etdiyindən sənayedə sadə axına nəzarət üçün ən çox yayılmış sərfölçənləri növlərindən olub, sadə konstruksiyaa malik konusvari şüşə borulu və birbaşa oxunan şkalalı (baxış şüşəli) ən populyar qurğulardır. Bu sayğaclar qiymət baxımından sərfəli olub, qazın sərfinin sadə yolla ölçülməsini təmin edir.

Dəyişən sahəli sərfölçənlərin üstünlüklərini belə xarakterizə etmək mümkündür: maye və qaz üçün istifadə olunan, sadə konstruksiya tətbiq etməklə axının ölçülməsinin azxərcli üsulu, enerji ilə təchizatına ehtiyac olmaması, etibarlı monitorinqin keçirilməsinin təmin edilməsi və təzyiq itkisi az olması. Bununla yanaşı, onların bəzi çatışmazlıqları da vardır. Bunlara ölçmə dəqiqliyinin prosesin gedişindən və qazın xassələrindən asılı olması, xüsusi kalibrləmə tələb etməsi, cəmləmə funksiyasının olmamasını aid etmək olar.

Turbinli sərfiyyat sayğacları mükəmməl sərfölçənlərdən biri hesab olunur. Dəqiq konstruksiyaa malik olması istehsal və kalibrlənməsi üçün çətinlik törədir. Müxtəlif tipli turbinli sərfölçənlərin təhlili göstərir ki, bu tip sayğaclar istehlakın monitorinqlərində və karbohidrogen tərkibinin yüksək dəqiqliklə ölçülməsində geniş tətbiq olunur. Hal-hazırda mövcud olan materialların müxtəlifliyi onların aqressiv maddələrin ölçülməsində istifadə etməyə imkan verir. Turbinli sərfölçənlərinin üstünlükləri ölçmənin qısa zaman kəsiyində yerinə yetirilməsi, ümumi həcm və sərfiyyat üzrə rəqəmsal çıxışa, bəlli axın sürəti üçün yığcam konstruksiyaya, müəyyən şəraitdə (ölçü diapazonu, özlülük) yüksək dəqiqliyə, aşağı təzyiq itkisinə və əla keçiriciliyə malik olması, temperatur və təzyiq baxımından istifadəsində heç bir məhdudiyyətin olmamasıdır.

Çatışmazlıqları uzun giriş xətlərinin (nominal diametrdən 20 dəfə artıq) və buraxma axınları (nominal diametrdən 5 dəfə artıq) tələbinin olması, axında burulğanlaşmaya səbəb olması, axındakı döyünmələrin ölçmə nəticələrinə təsiridir.

Elektromaqnit tipli sərfölçənlərin iş prinsipi elektromaqnit induksiya hadisəsinə əsaslanır. Bu zaman maqnit qüvvə xətlərini kəsən naqildə onun hərəkət sürətinə mütənasib elektrik hərəkət qüvvəsini (EHQ). Əgər maqnit qütbləri arasında naqil kimi mayedən istifadə etsək və yaranan EHQ-ni ölçməklə axının sürətini və ya mayenin həcmini aşağıdakı düsturla (1.1.1) hesablamaq olar [83, s. 22]:

$$\varepsilon = Bl\vartheta \tag{1.1.1}$$

Burada, ε – elektrik hərəkət qüvvəsi (V); B – maqnit selinin gücü; l – maqnit sahəsindən keçən naqilin uzunluğu (m); ϑ – keçiricinin hərəkət sürətidir (m/san). Maqnit selinin gücü B sabit kəmiyyətdir. Elektrodlar arasında məsafəni borunun diametri kimi, yəni $l=d$ götürsək, aşağıdakı riyazi çevirmələri aparmaqla axan mayenin sərfinin (həcminin) ölçülməsi üçün aşağıdakı düsturu (1.1.2) alarıq.

$$Q = A\vartheta \rightarrow \frac{Q}{A} = \vartheta, \tag{1.1.2}$$

ϑ −nin qiymətini (1)-də nəzərə alsaq, onda

$$\varepsilon = \frac{BdQ}{A} \text{ və } A = \pi r^2 \rightarrow \frac{BdQ}{\frac{\pi d^2}{4}} \rightarrow \frac{ABQ}{\pi d} \rightarrow \frac{\pi d\varepsilon}{4B}$$

$$Q = k\frac{\pi d\varepsilon}{4B}$$

Beləliklə, elektromaqnit induksiya hadisəsinə əsaslanan qurğular vasitəsilə mayenin sərfini bilavasitə elektrik siqnalına çevirmək mümkündür.

Ultrasəs tipli sərfölçənlər axan mayenin sürətini yüksək tezlikli ultrasəs dalğaları vasitəsilə ölçməyə imkan verir. Bu sərfölçənlərin iki növü vardır: “Doppler effektli” və “Keçid zamanlı”. Sərfölçənlərin hər iki növündə yüksək tezlikli ultrasəs dalğalarından istifadə olunur. “Doppler effekti”nin mahiyyəti səs dalğaları mənbəyi və qəbuledici hərəkət etdiyi təqdirdə onların tezliyi və uzunluğunun dəyişməsindən ibarətdir. “Doppler effekti”nə əsasən əks olunan dalğaların tezliyi ötürülən dalğaların tezliyindən çox və əksinə əks istiqamətdə axdıqda isə ötürülən səs dalğalarının tezliyi əks olunan dalğanın tezliyindən böyük olacaqdır.

“Keçid zaman” tipli ultrasəs sərfölçənlərin iş prinsipi ölçmə borusunda bir-birinə əks istiqamətdə qoyulan iki və ya bir neçə sensor vasitəsilə yerinə yetirilir. Yuxarı sensordan verilən səs siqnalı (impuls) (t_y) sərf olunmuş zaman, aşağıdakı sensordan verilən səs siqnalı sərf olunmuş (t_a) zamandan çox olmalıdır. Çünki “Dopler effekti”nə əsasən aşağıdakı sensordan verilən səs siqnalının tezliyi yuxarı sensordan veriləndən yuxarı olmalıdır. Mayenin sərfini (həcmini) ölçmək üçün aşağıdakı düsturdan (1.1.3) istifadə olunur [20, s.139].

$$Q = k\frac{(t_y)-(t_a)}{(t_y)\times(t_a)}. \qquad (1.1.3)$$

Burada, Q - hesablanan sərfin (m_3) miqdarı; k - mütənasiblik əmsalı; t_y - yuxarı sensordan verilən səs impulsuna sərf olunan zaman; t_a - aşağı sensordan verilən səs impulsuna sərf olunan zamandır.

Maye yüksək sürətlə axarsa, qarşısında tərpənməz maneə ilə rastlaşdıqda bu zaman axında tərpənməz obyektin hər iki tərəfində burulğanlar yaranır. Müəyyən olunmuşdur ki, burulğanlar arasında məsafə sabitdir və stasionar obyektin eni uzunluğu ilə mütənasiblik təşkil edir. Bu mütənasiblik aşağıdakı düsturda (1.1.4) öz əksini tapmışdır. Əgər burulğanlı hərəkətə kəsilməz dalğalar kimi baxsaq və dalğa uzunluğunu yunan hərfi siqma ilə işarə etsək,

$$\theta S = d; \quad \theta \approx \frac{d}{0.17} \qquad (1.1.4)$$

Turbinli sərfölçənlərdə olduğu kimi axan mayenin həcmini hesablamaq üçün $f = kQ$ düsturundan istifadə edilir. Burada f - çıxış siqnalının tezliyi (Hs); Q - həcm m^3/san; k - Vortex əmsalıdır.

Burulğan prinsipli sərfölçənlərin bir sıra üstünlükləri vardır. Bunlara maye və qazın axının həcmini ölçmək üçün universal tətbiq, təzyiq, temperatur və qatılığın dəyişiməsindən asılı olmaması, asan quraşdırıla bilməsi, nominal diametrli geniş diapazona malik olması, təzyiq itkilərinin aşağı olması (adətən 30 mbar), hərəkətli hissələrin olmaması, geniş temperatur diapazonu: (-200÷+400°C), xətanın maye üçün 0,2-0,3%, qazlar isə ±1% (Re>20000) olması aiddir. Buna görə də həmin sərfölçənlər maye və qaz axının sərfini ölçmək üçün bir çox sənaye sahələrində istifadə olunur.

Burulğan prinsipli cihazların çatışmazlıqları burulğanın ölçmə dəqiqliyinə zərərli təsirini, axına görə quraşdırılma çətinliyini, qatı mayelər (Re<4000) üçün istifadə edilməməsi və aşağı sürətə malik axınların ölçülməsinin qeyri-mümkün olmasını göstərmək olar.

Koriolis prinsipli sayğaclar qazların ölçülməsində geniş istifadə olunan sərfölçənlərdir. Bu tip sayğaclar eyni zamanda həm qazın sıxlığını, həmçinin axının kütləsini qeyd edir, temperatur sensorlarının köməyi ilə qazın temperaturuna nəzarət edə bilir. Buna görə də, bu tip ölçmə prinsipi həqiqətən "çoxdəyişənli sayğac" adlandırıla bilər. İlkin ölçülmüş dəyişənlər, yəni axın kütləsi, sıxlığı və temperaturu axının həcmi, konsentrasiya və ya sıxlığın törəməsi kimi digər dəyişənləri ölçməyə imkan verir. Müasir ölçmə sistemləri bu ikinci dərəcəli kəmiyyətləri birbaşa hesablamaq və ötürücü vasitəsi ilə çıxarmaq imkanına malikdir.

Koriolis sayğaclarının bir sıra üstünlüklərinə qazların axınının universal ölçülməsi prinsipi, kütlənin birbaşa ölçülməsini, ölçmə prinsipinin sıxlıq və qatılıqdan asılı olmamasını, çox yüksək ölçmə dəqiqliyi (adətən ± 0,1%), çeviricinin çoxvariantlı konsepsiyası anlayışını göstərmək olar.

Bu cür sərfölçənlərin çatışmazlıqları kimi maya dəyəri və quraşdırma xərclərinin nisbətən yüksək, məhdud istilik diapazonu: adətən -50°C ÷ +350°C, mayedə qaz tərkibi böyük olduqda və çoxfazlı mayelər halında istifadəsinin məhdud olmasıdır.

Sərfölçənlərin digər nümayəndəsi termal prinsipli sərfölçənlər olub, əsasən iki temperatur çeviricisindan (Pt100 tipli termorezistordan) və çeviricidən ibarətdir. Birinci termorezistor ölçülən mühitin temperaturunu ölçür, ikincisi isə birinci termomüqavimət kimi mühitlə əlaqədar olub, əlavə olaraq cərəyanla qızdırılır. Qaz (maye) axını olmadıqda hər iki sensor arasında temperaturlar fərqi sabit olur. Axın olduğu təqdirdə ölçü cihazında qızdırılan çeviricisin istiliyi mühitlə təmas nəticəsində dəyişir. Hər iki sensor arasında temperatur fərqini sabit saxlamaq üçün sərf olunan cərəyan şiddəti və elektrik gücü qazın sərfinə mütənasib olacaqdır. Beləliklə, kütlə ilə sərf olunan elektrik cərəyanı arasında mütənasiblik – funksional asılılıq yaranır.

Sayğacların ayrı bir sinfi olaraq, istilik-kütlə cihazları iki əsas növə bölünə bilər:

"İstilik dispersiyası" prinsipi: axın qızır, soyuma sürəti yerli sürətin ölçmə meyarı kimi çıxış edir. "Termal profil" və ya "temperatur artımı" prinsipi: istilik axında məhdud əraziyə bölünür. Yerli temperatur artımı və əlavə enerji kütləni hesablamaq üçün istifadə olunur.

Hal-hazırda həmin sərfölçənlərin hər iki növü tətbiq edilir. Yüksək həssaslığı onların tədqiqat sahələrində geniş istifadə olunmasını şərtləndirir. Lakin yüksək həssaslıq, həmçinin istilik keçiriciliyi, xüsusi istilik və ya qaz tərkibi (qarışıqlar halında) kimi axıcı xüsusiyyətləri ölçmə nəticələrinə təsir göstərə bilər.

Cədvəl 1.1.1-də müasir sərfölçənlərin müqayisəli xarakteristikaları təqdim olunmuşdur.

Cədvəldən göründüyü kimi, mövcud sərfölçənlərin əksəriyyəti qaz və mayelərin sərfinin ölçülməsi üçün istifadə edilə bilər, lakin parametr və xarakteristikaları düzgün seçilmiş ölçmə vasitələri tələb olunan dəqiqlik və dürüstlüyü təmin etməklə, ümumi informasiya sisteminin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəltməyə imkan verir. Buna görə də mövcud layihələndirmə vasitələrindən istifadə etməklə optimal xarakteristikalı sərfölçənlərin seçilməsi məsələsi həll olunmalıdır.

Sərfölçənlərin müqayisəli təhlili

Cədvəl 1.1.1

Sərfölçənin növü/müqayisə meyarı	Dəqiqlik	Ölçmə diapa-zonu	Təzyiq düşküsü	Tələb olunan yuxarı boru (dm)	Nisbi qiymət i	Qatılığın ölçməyə təsiri	Hərəkət edən hissələr	Boru diapa-zonu
Dəyişən təzyiqlər	±2-4%	4:1	aşağı	10-30	aşağı	həssas	yoxdur	geniş
Turbinli	±0,25%	20:1	orta	5-10	orta	həssas	rotor	geniş
Burulğan	±1%	10:1	orta	10-20	orta	həssas	yoxdur	geniş
Elektromaqnit	±0,5-1%	40:1	yoxdur	5	yüksək	yoxdur	yoxdur	geniş
Ultrasəs tipli	± 1-5%	10:1	aşağı	5-30	orta	yoxdur	yoxdur	geniş
Koriolis	±0,05-0,5%	10:1	aşağı	yoxdur	yüksək	yoxdur	yoxdur	məhdud
Termal	±1%	10:1	aşağı	yoxdur	yüksək	yoxdur	yoxdur	məhdud

1.2. Qaz sərfini ölçən qurğuların seçilməsi problemləri

Hasil edilən, nəql olunan və sərf edilən qazın ölçülməsi və uçotu üçün müxtəlif konstruksiya, iş prinsipi və funksiyalara malik ölçmə cihazları, sayğac və informasiya və ölçmə sistemləri tətbiq olunur. Bu sistemlərin layihələndirilməsi zamanı əsas məsələlərdən biri tələb olunan optimal işçi parametrlərə malik olan ölçmə cihazlarının seçilməsi problemidir. Hal-hazırda bu növ qurğuların seçilməsi üçün mövcud olan meyar və üsullar həmin qurğuların konstruktiv parametrləri, iş prinsipi, metroloji xarakteristikaları (dəqiqliyi, xətası və s.), çıxış siqnalının növü (fasiləsiz – analoq, diskret – rəqəmsal), informasiyanın qəbul edilməsi və ötürülməsi, işçi temperatur və təzyiq diapazonu, sərfin ölçülməsi diapazonu və funksiyaları, eləcə də istehsalçılar barədə çox geniş həcmdə informasiyanın olmasını tələb edir [83, s.28].

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, müxtəlif istehsalçılar həmin cihaz və qurğuların yuxarıda qeyd edilən xarakteristikalarını bəzən ixtiyari şəkildə interpretasiya etdiyindən müvafiq internet səhifələrində yerləşdirilən reklam xarakterli məlumatların seçim üçün istifadə edilməsi bir sıra problemlər yaradır. Bu onunla əlaqədardır ki, ölçmə cihazlarının əksər hallarda determinik (dəqiq-səlis) hesab edilən parametrləri, xüsusilə çıxış siqnalları, temperatur, alət xətası və digər bu kimi mühüm xarakteristikaları, siqnalların çevrilməsində və emalında istifadə edilən alqoritmlər öz təbiətinə görə müəyyən qeyri-səlisliyə malikdir. Bu səbəbdən tələb olunan parametrlərə malik ölçmə cihazların seçilməsi zamanı determinik üsulların tətbiqi həmişə lazımi nəticələr nail olmağa imkan vermir.

Digər tərəfdən müxtəlif istehsalçıların sahə standartlarının müxtəlifliyi, onların daha çox müştəri cəlb etmək səyi nəticəsində cihazların əsasən konstruktiv xüsusiyyətlərinə diqqət yetirməsi də böyük rol oynayır [80, s.108]. Bütün bunlar ənənəvi seçim üsullarının təkmilləşdirilməsi, onların səmərəliliyinin müasir informasiya texnologiyaları – qeyri-səlis, neyro-qeyri-səlis, özü öyrənən alqoritmlər əsasında yüksəldilməsi günün tələbidir. Bu cür yanaşma sistemli yanaşmanın tərkib hissəsi olub, məsələnin qoyuluşu və həllinə hərtərəfli effektiv üsulları tətbiq etməklə optimal nəticələr əldə olunmasına zəmanət verir.

Verilmiş parametrlərə görə tələb olunan xarakteristikalı cihazın seçilməsi, daha sonra onun informasiya-ölçmə sisteminə inteqrasiyasının təmin edilməsi, bütövlükdə sistemin zəruri və arzu olunan xarakteristikalarının sazlanması, təbii qazın sərfinin və digər zəruri parametrlərinin ölçmə nəticələrinin emalında qeyri-səlis alqoritmlərin istifadə olunması üçün müvafiq ölçmə cihazları və qurğuları, bu qurğuların ibarət olduğu sensor və çeviricilərin, ümumilikdə isə informasiya-ölçmə sisteminə qoşulmuş qaz sərfi, təzyiq, temperatur vericilərinin metroloji xarakteristikalarının, çıxış siqnallarının, funksional asılılıqlarının ciddi şəkildə təhlil olunmasını tələb edir [3, s.202].

Qeyri-müəyyən informasiya şəraiti nəzərə alınmaqla, ölçmə cihazlarının seçilməsi və onların sistemə qoşulduqdan sonra çıxış siqnallarının emalına səlis və qeyri-səlis alqoritmlərin tətbiqi problemləri ölçülən parametrin həssas element tərəfindən elektrik siqnalına çevrilməsi, bu fasiləsiz siqnalın rəqəmsal siqnala – koda çevrilərək informasiya-ölçmə sisteminə ötürülməsi və daha sonra məqsədli şəkildə emal edilməsi proseslərini özündə ehtiva edir.

Bu məsələnin düzgün həlli baxılan informasiya-ölçmə sistemlərin qlobal – ümumi xarakteristikasının əsas parametrləri olan informativlik, dürüstlük, dolğunluq kimi göstəricilərinin təmin edilməsində böyük rol oynayır.

Müxtəlif sənaye sahələrində bir çox texnoloji proseslər maddənin boru kəməri ilə nəqlinin təmin edilməsi ilə əlaqədardır. Bu cür proseslərin səmərəli idarə olunması üçün əvəzolunmaz şərt, onlarn parametrləri və ilk növbədə maddənin kütləsi və ya həcmi sərfi haqqında dürüst informasiyanın olmasıdır. Ölçmə avadanlığının göstərişlərinin dəqiqliyi və dürüstlüyü, xüsusi qurğuda sınaqlar zamanı müəyyən edilir. Maddənin sərfi ölçüldüyü halda, həmin qurğular sərfölçən sınaq qurğuları (SSQ) adlanır.

Ölçmələrin vahid standartının təmin edilməsi üzrə normativ sənədlərə uyğun olaraq yoxlama aparmaq üçün müəyyən edilmiş qayda ilə sərfiyyat sahəsində yoxlama işlərini aparmaq hüququ (akkreditasiya sertifikatı) əldə etmək, ölçmə və lazımi texniki vasitələrin - SSQ və köməkçi avadanlıqların olması zəruridir. Bu cür qurğulara həm enerji resurslarının sərfini ölçən sayğacları hazırlayan və istehsal edən müəssisələrin,

həm də texnoloji proseslərdə sərfölçən-sayğaclardan geniş istifadə edən sənaye müəssisələrinin ehtiyacı vardır. Enerji ehtiyatlarının ölçülməsi və enerji resursları təchizatçıları ilə istehlakçıları arasında ticari hesablaşmaların aparılması üçün sayğacların geniş istifadəsi sayəsində həm maye, həm də qaz mühiti üçün axın sayğacları parkı xeyli artmışdır [18, s.54], [19, s.7], [23, s.2]. Bununla əlaqədar olaraq, həm seriyalı istehsal edilən sərfölçən sayğacların yoxlanılması, həm də ilkin axın çeviricilərinin yeni nümunələrinin sazlanması və sınaqdan keçirilməsi üçün sərfölçən sınaq qurğularına ehtiyac yaranmışdır. Buna görə də yoxlama-sınaq işlərinin aparılması üçün texniki vasitələrin işlənilməsi, mənəvi cəhətdən köhnəlmiş vasitələrin təkmilləşdirilməsi aktual məsələlərdən biridir.

Qaz mühitinin sərfinin ölçülməsi xüsusi diqqət yetirilməli sahə olub, hal-hazırda istifadə olunan qurğuların əksəriyyətinin təkmilləşdirilməsi deyil, yenisinin işlənilməsi məqsədəuyğundur [13, s.494]. Sərfölçən sınaq kompleksinin eksperimental nümunəsini yaratmaq üçün qaz SSQ-nin mövcud metod və konstruksiyalarının təhlili əsasında tədqiqatların perspektivli istiqamətini və ən kütləvi - məişət qaz sərfini ölçən sayğaclarının yoxlanılması üçün nəzərdə tutulan SSQ-nin tələb olunan metroloji xarakteristikalarını müəyyən edilməsi tələb olunur. Bu cür qurğu və ya kompleks texnoloji cəhətdən sadəliyi, məhsuldarlığı və dəqiqliyi, həmçinin kompleksin qiymətinin aşağı olması fərqlənməli, sərfi ölçülən qaz mühitinin təzyiq düşküsü minimum olmalıdır.

Həmin qurğu sertifikatlaşdırıldıqdan sonra həm məişət qazı sərfi sayğaclarının yoxlanılması, həm də ilkin sərfiyyat çeviricilərinin eksperimental nümunələrinin sınağı üçün istifadə edilə bilər. Fərdi kompüterlə rabitə interfeysinə malik olan avadanlıqlardan istifadə edilməsi yoxlama prosesini avtomatlaşdırmaq, çıxış sənədinin doldurulmasını sürətləndirmək və qurğunun məhsuldarlığını artırmaq imkanını təmin edəcəkdir.

Beləliklə, təbii qazın sərfinin ölçülməsi üçün mövcud olan cihaz və qurğuların seçilməsi meyarları, seçim üsullarının təhlili göstərir ki, qaz sərfinin uçotu üçün müvafiq informasiya-ölçmə sisteminin müasir qurulma prinsipi və strukturunun seçilərkən, həmin sistemlər üçün tələb olunan parametr və xarakteristikalara malik, bu

sistemlərin optimal çıxış xarakteristikalarını, informasiyanın dolğunluğu və dürüstlüyünü təmin edən cihazların uyğun seçim meyarları əsasında seçilməsində determinik üsullarla yanaşı, qeyri-səlis seçim üsullarından istifadə etmək, onların çıxış siqnallarının emalında da qeyri-səlis alqoritmləri tətbiq etmək məqsədəuyğundur.

1.3. Cihaz və qurğuların qeyri-səlis seçim meyarları və metodları

Müxtəlif növ ölçmə qurğuları və sensorları bir-biri ilə müqayisə etmək və eyni tipli sərfölçənlər arasından tələb olunan konstruksiya və xarakteristikalara, optimal texniki-iqtisadi göstəricilərə malik sərfölçənin seçilməsi ciddi problemlərdən biridir. Bu məsələ həll edilərkən xeyli sayda göstərici: iqtisadi, ekoloji, sosial və s. nəzərə alınmalıdır. Başqa sözlə, məsələ çoxmeyarlıdır, bu da qərarın dəstəklənməsi üçün müxtəlif vasitələrinin tətbiq edilməsini tələb edir. Lakin tətbiq ediləcək üsulu və ya üsullar qrupunu müəyyən etməzdən əvvəl qiymətləndirmədə istifadə ediləcək bir sıra meyarları müəyyən etmək lazımdır [4, s.169].

Eyni zamanda, Hard Computing texnologiyasından fərqli olaraq Soft Computing texnologiyası, qeyri-dəqiqlik və qeyri-müəyyənlik şəraitində informasiyanın emalını son istifadə üçün məhsuldarlıq və səmərəlilik azalmadan yerinə yetirməyə imkan verir [10, s.10]. Bu texnologiya inkişafında qeyri-səlis məntiq (FL), neyron şəbəkələri nəzəriyyəsi (NN), genetik alqoritmlər (GA), xaos nəzəriyyəsi (CT) və öyrənmə nəzəriyyəsi (LT) daxil olmaqla ehtimal mülahizələri nəzəriyyəsinə (PR) əsaslanır. Bundan başqa, Soft Computing-in bir hissəsi olaraq, FL, əsasən qeyri-səlis mühitdə işləyən obyektlərin qeyri-dəqiqliyi və təxmini mülahizələr, NN - qeyri-stasionar sistemlər üçün ən effektiv öyrənmə, PR isə stoxastik təbiətə malik qeyri-müəyyənliklə məşğul olur. Qeyd edilən texnologiya əsasında qurulmuş süni intellekt sistemlərinin inkişafı göstərdi ki, FL, NN, PR-in alternativ qollar deyil, bir-birini tamamlayan yanaşmalardır [9, s.14],[11, s.16].

Soft Computing texnologiyasının əsası 60-cı illərin sonlarında məşhur amerikalı alim, həmyerlimiz L.Zadə tərəfindən işlənilmiş qeyri-səlis məntiqdir. Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi və qeyri-səlis məntiq qeyri-səlis çıxarış qaydalarının yaranması

ilə həlli determinik şəkildə qeyri-mümkün olan bir çox məsələlərin həlli üçün imkan yaratmışdır. Qeyri-səlis informasiya mühitində qərarların qəbulu məsələləri ilk dəfə Bellman və L. Zadənin 1970-ci ildə dərc edilmiş "Decision making in fuzzy environment" adlı birgə məqaləsində təqdim olunmuşdur.

Qeyri-səlis idarəetməni həyata keçirən Soft Computing texnologiyasına əsaslanan süni zəka sistemi ilk dəfə 70-ci illərin əvvəllərində sınaqdan keçirilmiş, 80-ci illərin əvvəllərində bu növ sistem sement istehsalında texnoloji prosesə nəzarət etmək üçün Danimarkada tətbiq olunmuşdur [9, s.15]. Hal-hazırda bu texnologiya məişət cihaz və qurğularında da geniş istifadə olunur [21, s.27]. İdarəetmə vasitələrinin sürətli inkişafı, qeyri-səlis məntiqi dəstəkləyən bir çox kompüter texnikası vasitələri və kontrollerlərin meydana çıxmasına səbəb olmuşdur.

Bu məqsədlə sərfölçənlərin metroloji xarakteristikalarını əks etdirən əsas texniki-iqtisadi göstəriciləri informasiya-ölçmə mütəxəssisləri, metroloqlar və layihəçilər tərəfindən müvafiq metodologiya və təlimatlara uyğun olaraq təyin olunmalı, tətbiq olunmalı əsas göstəricilər toplusu dəqiqləşdirilməlidir. Bəzi göstəricilər konstruksiya, iş prinsipi və çıxış siqnalları, digərləri isə ətraf mühitlə qarşılıqlı təsiri xarakterizə edə bilər. Baxılan halda mütəxəssislərin vəzifəsi həmin göstəriciləri təhlil edərək, müqayisə etmək və mövcud vəziyyəti xarakterizə edən, yəni mövcud şərait və şərtləri maksimum dərəcədə ödəyən göstəricilərə malik sərfölçənin seçilməsini təmin etməkdən ibarətdir [8, s.2].

Meyarlar dəsti və meyarların dəyişmə intervalları müəyyən edildikdən sonra mövcud çoxmeyarlı məsələnin həll edilməsi problemi yaranır. Çoxmeyarlı qərar dəstəkləmə (ÇMQD) üsulları çoxsaylı və ziddiyyətli amillərlə səciyyələnən bir vəziyyətdə seçim etmək ehtiyacı ilə qarşılaşan şəxslər tərəfindən qərar qəbul edilməsini dəstəkləmək üçün hazırlanmış vasitələrdir. Bu üsullar qərar qəbuletmə prosesində ziddiyyətləri müəyyənləşdirmək və kompromislər taparaq, bunlar əsasında optimal qərarın qəbul edilməsini prosesini asanlaşdırır.

Qərarların çoxmeyarlı təhlili (QÇMT) və çoxmeyarlı optimallaşdırma (ÇMO) üsulları, çoxmeyarlı qiymətləndirmə şəraitində qərarların qəbulunu dəstəkləmə nəzəriyyəsinin əsas mürəkkəbləridir. QÇMT üsullarını təsnif etmək üçün müxtəlif

variantlar mövcuddur, onların əsas fərqi müqayisə olunan alternativlərin aşkar və ya qeyri-aşkar müəyyənləşmiş olmasıdır.

QÇMT qrupu üsullarının nəzərdə tutulduğu məsələlər, hər biri onu xarakterizə edən bütün meyarların araşdırma prosesinin əvvəlində aşkar şəkildə "xarakteristika cədvəlləri" və ya "qərar matrisləri" formatında kəmiyyət qiymətləri ilə təqdim olunmuş sonlu sayda alternativdən ibarətdir. QÇMT qrupunun çox sayda üsulu müxtəlif problemlərin (ən çox üstünlüyə malik alternativin seçilməsi, ranqlama, çeşidləmə/təsnifat və alternativlərin seçilməsi/sıralanması) həlli üçün hazırlanmışdır. Üsulların hər birinin öz üstünlükləri və mənfi cəhətləri vardır və konkret vəziyyətdən asılı olaraq az və ya çox faydalı ola bilər.

QÇMT qrupunun klassik deterministik üsullarına MAVT (Multi-Attribute Value Theory), MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution), PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHOD for Enrichment Evaluations), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite) и AHP (Analytic Hierarchy Process) [51, s.446], [52, s.95], [53, s.24], [55, s.32], [56, s.317]. Bu üsullar prinsipial olaraq müxtəlif nəzəri bazaya əsaslanır və müxtəlif predmeti sahələrində qərar qəbulunun dəstəklənməsi əlaqədar problemlərin həllində geniş istifadə olunur [29, s.2], [30, s.822], [31, s.651].

MAVT və MAUT üsulları ayrı-ayrı meyarların aqreqatlaşdırılmasını nəzərdə tutur, MAUT da meyarların dəyərlərində qeyri-müəyyənliyi nəzərə almağa imkan verir [49, s.805]. TOPSIS üsulu anti-ideal nöqtədən məsafənin və ideal nöqtəyə qədər olan məsafəni hesablamağa əsaslanır. PROMETHEE üsulu üstünlük funksiyaları əsasında cüt-cüt müqayisənin aparılmasını nəzərdə tutur. AHP üsulu hər biri T.Saati şkalasında qiymətləndirilən alternativlərin cüt-cüt müqayisəsini yerinə yetirir [60, s.262], [61, s.87].

MODM qrupunun üsullarının nəzərdə tutulduğu məsələlərdə alternativlər aşkar şəkildə məlum deyildir. Həmin alternativlər müəyyən edilir və onları xarakterizə edən göstəricilər müvafiq riyazi modelin həlli zamanı qiymətləndirilir. Bir qayda olaraq, mümkün alternativlərin sayı ya sonsuz böyük və sayılmayandır (riyazi modelin bəzi dəyişənləri fasiləsiz olduqda), ya da çox böyük və sayılandır (modelin bütün dəyişənləri diskret olduqda).

Çoxmeyarlı optimallaşdırma üsulları da müxtəlifdir və aşağıdakı qruplarda təsnif edilə bilər: apriori üsulları; aposteriori üsulları; adaptiv üsullar; ilkin olaraq Pareto çoxluğunun (effektiv çoxluğun, üstünlük təşkil etməyən alternativlər çoxluğunun) qurulmasına əsaslanan üsullar. Ən populyar MODM (Method of optimal decision making) üsullarına meyar məhdudiyyətləri üsulu, meyarların xətti yığılması üsulu (xüsusən xətti proqramlaşdırma məsələlərinin həlli üçün effektivdir), kombinator optimallaşdırma üsulları, genetik alqoritmlər, nail oluna bilən məqsədlər üsulu və digərləri daxildir.

İÖS-ün dayanıqlılığı və səmərəliliyini qiymətləndirmək və sərfölçənin optimal parametrlərinin müəyyən edilməsindən İÖS üçün optimal resurs ayrılması məsələsinin həllinə qədər çoxsaylı məsələləri həll etmək üçün eyni qaydada həm MCDA, həm də MODM qrupunun üsulları istifadə oluna bilər. Eyni zamanda, bu üsullardan istifadə edilərək çox fərqli məsələlər həll edilə bilər: MCDA qrupu üsulları, ilk növbədə, mütəxəssislər (ekspertlər) tərəfindən verilən sonlu alternativlər arasından seçmək, MODM qrupunun üsulları isə mütəxəssislərin əvvəlcədən iştirakı olmadan sonradan nəzərdən keçirilməsi üçün ən maraqlı olan alternativləri formalaşdırmağa imkan verir. Bu səbəbdən həm MCDA, həm də MODM üsullarının tamamlayıcı istifadəsi, İÖS-ün müqayisəli təhlili üzrə məsələlərin həlli və müxtəlif ziddiyyətli amillərin təsiri şəraitində tarazlaşdırılmış sistemin işlənməsi ən səmərəli yollarının müəyyən edilməsi üçün münasib və məqsədəuyğundur.

Çoxmeyarlı məsələlərin həllində qərarların dəstəklənməsi sahəsində geniş istifadə olunan üsulları nəzərdən keçirək. Çoxmeyarlı dəyər və fayda nəzəriyyəsi. Çoxmeyarlı dəyər və fayda nəzəriyyəsi - iqtisadi elmdə inkişaf etmiş və həm birinci, həm də ikinci qrupun problemlərini həll etmək üçün eyni dərəcədə istifadə edilə bilən bir nəzəriyyədir. Çoxmeyarlı fayda nəzəriyyəsinin üsulları aksiomatik əsaslandırmaya malikdir: aksiomlar daxil edilir, bu və ya digər formada dəyər/fayda funksiyasının mövcudluğu sübut olunur. Alternativlərin meyar qiymətləndirmələrinin bir hissəsi arasındakı münasibətlərin digər meyarlar üçün sabit dəyərlərdən asılı olmadığını müəyyən edən müstəqillik aksiomları (şərtləri) xüsusilə vacib rol oynayır. Çoxmeyarlı fayda nəzəriyyəsinin üsulları alternativlərin hər birinin dəyərini/faydasını təyin etməyə imkan verir.

İyerarxik təhlil üsulu. Bu yanaşmaya uyğun olaraq, cüt-cüt müqayisələr yolu ilə müəyyən bir alternativ qrupu üçün meyarların, məqsədlərin, alternativlərin qiymətləndirilməsinin əhəmiyyəti əmsalları müəyyən edilir. Alternativin ümumi dəyəri vaciblik əmsallarının alternativlərin qiyməti ilə hasilinin cəmi ilə müəyyən edilir. AHP üsulu çevikliyi, ciddi tələb və məhdudiyyətlərin olmaması və geniş uyğun proqram təminatı sayəsində son dərəcə populyardır.

ELECTRE üsulu yuxarıda göstərilənlərlə müqayisədə, əvvəlcədən verilmiş alternativlərin birinci müqayisə qrupunun məsələlərinin həlli üçün nəzərdə tutulan əsaslı fərqli bir üsul, keyfiyyət baxımından alternativlərin üstünlüyünün binar nisbətinin müəyyən edilməsinə əsaslanan üsuldur. Bu yanaşma, xüsusən də yuxarıda göstərilən PROMETHEE üsulu olan bir sıra ELECTRE üsulları və bunlara əsaslanan dəyişikliklər şəklində həyata keçirilir. ELECTRE üsulları, hər bir alternativ cütlüyü üçün alternativlərdən birinin digərindən üstün olduğu fərziyyəsi ilə razılaşma və razılaşma indekslərini təyin etməyə imkan verir. Müəyyən razılaşma və fikir ayrılığı səviyyələrində iki alternativ üstünlük, bərabərlik və müqayisə olunmazlıq münasibətlərində ola bilər [81, s.101]. Bu prosedurun ardıcıl tətbiqi alternativlərin keyfiyyət baxımından sıralanmasına imkan verir.

Yenilənə bilən verilənlər bazasına malik proqram təminatına qeyd olunan üsullardan istifadə etməklə ölçmə sistemlərinin səmərəliliyini qiymətləndirmək və müvafiq ölçmə vasitələrini seçmək üçün interaktiv proqram paketinə aşağıdakı modullar daxil ola bilər:

• əsas proqram;

• saxlama və məlumat əlaqələndirici modullar;

• tələb olunan alqoritmləri tətbiq edən modullar;

• məlumatların əks etdirilməsi (vizuallaşdırılması) modulları;

Bu cür interaktiv proqram paketinin əsas qurulma prinsipləri bunlardır:

• İnteqrasiya. Fərqli interfeyslər və obyekt qarşılıqlı daxili məntiqi ilə fərqli tətbiqlərdə müxtəlif iş mərhələlərinin həyata keçirildiyi geniş istifadə olunan proqram sistemlərindən fərqli olaraq, inteqrasiya edilmiş proqram sistemləri, bütün istifadəçi proqram alətlərini obyektlərin fəaliyyətinin ümumi məntiqi baxımından vahid bir interfeyslə vahid tətbiqə birləşdirən inteqrasiya edilmiş bir mühit kimi işlənilir.

• Obyekt yönümlülük. İnteqrasiyalı proqram sistemlərində obyekt proqramı səviyyəsində dəstəklənən müxtəlif istifadəçi obyektləri formalaşır, işləyir və qarşılıqlı fəaliyyət göstərir. Bu obyekt üsulları standart idarəetmə vasitəsi ilə istifadəçilərə təqdim olunur.

• Vizual modelləşdirmə. Sistemdəki bütün iş mərhələlərinin (seçim məsələsinin hazırlanması və redaktə edilməsi, hesablamaların yerinə yetirilməsi, aralıq və yekun məlumatların əks etdirilməsi, nəticələrin avtomatik təhlili və işlənməsi və s.) vizual olaraq qrafik panellərdə əks olunmalıdır ki, bu da informativliyi, istifadə rahatlığını, nəticələrin qəbul olunma tezliyini, həm də emal edilmiş verilənlər əsasında müvafiq qərar qəbuletmə prosesinin təsvir və əks etdirilməsini təmin edir.

• Açıqlıq və genişlənmə. İnteqrasiya edilmiş proqram sistemləri məsələnin həllini modelləşdirmək üçün yeni proqram sistemlərinin inteqrasiya edilmiş proqram sistemlərinə asanlıqla qoşulması, tətbiq olunması və genişləndirilməsi üçün geniş imkanlar yaradır.

Beləliklə, informasiya-ölçmə sistemi üçün srəfölçən qurğu və cihazların seçilməsi çoxmeyarlı məsələ olub, həlli üçün ekspert mütəxəssislərin təcrübəsi və praktiki iştirakı, bu cür məsələləri kompüter vasitəsilə həll etməyə imkan verən alqoritmlər və uyğun proqram vasitələri – proqram təminatının işlənilib hazırlanması məqsədəuyğundur.

1.4. Mövcud sərfölçən sınaq qurğularının qurulma prinsipləri

Sərfölçən sayğacların sınağı prosesində sərfölçən sinaq qurğularının (SSQ) funksiyaları dürüst sərfiyyat modeli yaratmaq və onun parametrlərini – sərfiyyat tənliyinin arqumentlərini ölçməkdir [5, s.76]. Sərfölçənin ilkin çeviricisindən keçən maye və ya qazlı mühitin sərfi sabit zaman intervalında orta qiyməti ilə (sərfin ortalama intervalında) aproksimasiya edilir və dolayı yol ilə τ zamanı və keçən mühitin Y_{Σ}-nin miqdarı ilə ölçülür. Buna uyğun olaraq, hər hansı SSQ üçün sərfiyyat modelinin yaradılması prosesi vahid sxemə uyğun olaraq yerinə yetirilir (şəkil 1.4.1).

Sərfiyyat modelinin yaradılması prosesi növbəti əməliyyatların ardıcıllığı kimi təsvir oluna bilər: 1) nəzarət olunan mühitin (maye və ya qazlı) təzyiq axınının

yaradılması; 2) sərfin tənzimlənən səviyyədə stabilləşdirilməsi; 3) sərfin ortalama intervalının seçilməsi və ölçülməsi; 4) sərfin ortalama intervalında SSQ-nun magistralından keçən nəzarət olunan mühitin miqdarının ölçülməsi; 5) axının kəsilməsi və sınaq xəttinin boşaldılması. Bu əməliyyatlar həm mayelərin, həm də qazların sərfini ölçmək üçün xarakterikdir. Qaz mühiti hava olduğu halda, sınaq xəttinin boşaldılması əməliyyatı buraxıla bilər. τ zamanda Y_{Σ} ölçülən orta sərfiyyat bu halda düstur 1.4.1 kimi təyin olunacaqdır. Burada $Q_Y(t)$ - ani sərf, Y_{Σ} - ölçülən orta sərfdir.

$$Y_{\Sigma} = \int_k^t Q_Y(t)dt \qquad (1.4.1)$$

Adıçəkilən əməliyyatların təmin edilməsi istənilən SSQ-nin işi üçün mütləq şərtdir. Bundan əlavə, yüksək dəqiqlikli SSQ yaratmağın çətinliyi ölçülən mühitlə ölçmə vasitələrinin xarakteristikalarının qarşılıqlı təsirinin mürəkkəbliyi və müxtəlifliyi ilə əlaqədardır.

Bu xarakteristikalarını nəzərə alaraq SSQ aşağıdakıları təmin etməlidir:

- müxtəlif maddələrlə (o cümlədən ətraf mühitlə təmasına icazə verilməyən mühitlə) işləmək;
- yüksək dəqiqlik və geniş sərfiyyat diapazonu;
- ölçülən mühitin statik təzyiqi sabitliyi;
- ölçmə informasiyasının əldə edilməsi prosesinin avtomatlaşdırılması;
- yüksək məhsuldarlıq.

Bu tələblərin yerinə yetirilməsi yalnız SSQ-nin tətbiqi sahəsinin düşünülmüş məhdudlaşdırılması və xarakteristikalarının tədqiq edilən sərfölçənin gözlənilən işçi istismar şəraiti, mühitin xassələri, ölçmə dəqiqliyi və yaradılan sərfiyyat diapazonu əsasında təhlilə əsaslanaraq SSQ-nun düzgün seçilməsi əsasında mümkündür. Aparılan sınaqların qiymətini və SSQ-nin metroloji xarakteristikalarının verilmiş səviyyədə saxlamaq üçün yerinə yetirilən tədbirlərin dəyərini özündə ehtiva edən iqtisadi amili də nəzərə almaq lazımdır [6].

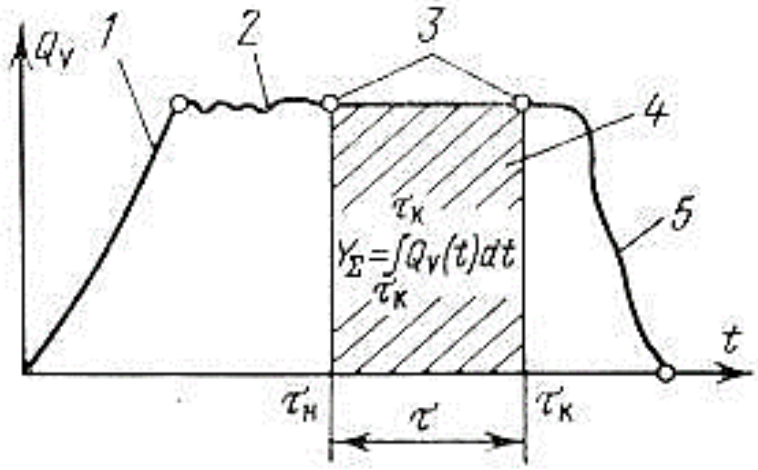
SSQ-yə daxil olan funksional blokların tərkibi və qarşılıqlı əlaqəsi şəkil 1.4.1-də təqdim olunmuş struktur sxem şəklində göstərilə bilər. Sərf olunan mühitin maddi axınları enli oxlarla, informasiya və idarəetmə siqnalları isə adi qaydada göstərilmişdir.

Sərf olunan maddənin doldurulması və saxlanılması üçün qurğunun strukturuna aşağıdakılar daxil edilmişdir: su çəni, maye səviyyəsini və ya qazın təzyiqini sabit saxlamaq üçün cihaz və vasitələr, maye və ya qazın vəziyyətinə nəzarət etmək üçün cihazlar (temperatur, sıxlıq, həll olunmuş maddələrin olması), maye və ya qazın verilməsi və boşaldılması üçün boru kəmərləri, nasoslar və qapama elementləri (klapanlar). Nəzarət olunan mühit havadırsa, qurğuya aşağıdakılar daxildir: giriş və çıxış boru kəmərləri ilə təchiz olunmuş və eyni vaxtda qəbuledici (qaz təzyiq döyünmələrinin hamarlayıcısı) funksiyasını yerinə yetirən süzgəc, kompressor və qaz anbarı (hermetik çən). Sərf olunan mühit təbii qazdırsa, süzgəc olmur və kompressor əvəzinə ötürücü nasosdan istifadə olunur. Bu nasos qazı boşaldılan qurğudan doldurma və saxlama qurğusuna vurmaq (sxemdə bu əlaqə və boşaltma qurğusunun özü qırıq xətlərlə göstərilmişdir, çünki sərf edilən mühit hava olduqda, həmin elementlər olmur) istifadə olunur.

Axın sürətini yaradan və stabilləşdirən qurğuya aşağıdakılar daxildir: təzyiq cihazı, tələb olunan sərfiyyatı tənzimləmək üçün qurğu və sərfi stabilləşdirmək üçün vasitələr. Mayelər üçün SSQ-də təzyiq yaratmağın üç üsulu istifadə olunur: nasos, cazibə qüvvəsi (hidrostatik) və sıxışdırma (hava təzyiqi ilə rezervuardan mayenin sıxışdırılıb çıxarılması). Qaz üçün SSQ-də təzyiq yaratmaq üçün nasos və ya sıxışdırma üsulu istifadə olunur (qaz anbardan mayenin təzyiqi ilə sıxışdırılıb çıxarılır).

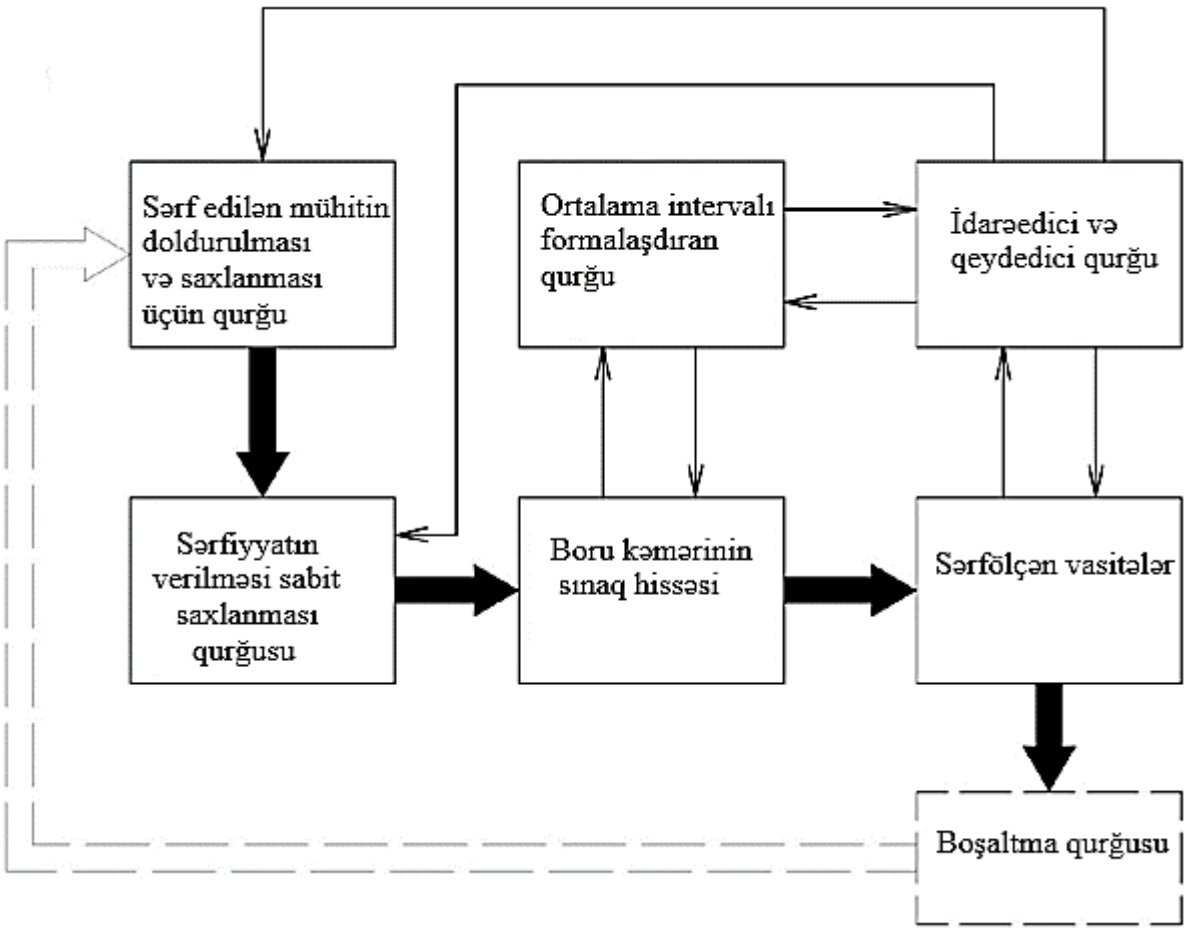
Tələb olunan sərfiyyatı sazlamaq üçün boru kəmərinə sınaqdan keçirilən sərfölçəndən xeyli məsafədə quraşdırılmış tənzimlənən (ventillər, siyirtmələr) və tənzimlənməyən (kalibrlənmiş soplo, diafraqmalar) müqavimətlər tətbiq olunur.

Boru kəmərinin sınaq hissəsi sınaqdan keçiriləcək sərfölçənlərin ilkin çeviricilərini quraşdırmaq və onların çıxış hissəsində axının "normal" kinematik strukturunu təmin etmək üçün istifadə olunur. Boru kəməri en kəsiyinin daxili diametri (şərti keçid diametri, "kalibri") Dy axın sərfölçənin çeviricisinin daxili diametrinə bərabər olmalıdır. Müxtəlif Dy-yə malik sərfölçənlərin sınaqları dəyişdirilən sınaq boru kəmərləri yaxud giriş və çıxışında müstəqil qapama orqanları olan paralel stasionar boru kəmərləri üçün kollektor qurğusu ilə təmin edilir.



Şəkil 1.4.1. SSQ-də sərfin ölçülməsi modeli:

Q_v - həcmi sərf; $\tau_н$, $\tau_к$ – sərfin ortalama intervalının başlanğıc və son hədləri; t - zaman; τ – sərfin ortalama intervalı; Y_Σ - keçən mühitin miqdarıdır.



Şəkil 1.4.1. Qaz SSQ-nin ümumi struktur sxemi

Sınaqdan keçirilən sərfölçəndən τ ortalama intervalında keçən mühitin miqdarını ölçmək üçün vasitələr SSQ-nin metroloji göstəricilərini müəyyən edən əsas elementlərdir. Ən sadə halda, bu cür vasitələr kimi nümunəvi sərfölçənlər istifadə olunur ki, onların da buraxıla bilən maksimum xətası, sınaqdan keçirilən sərfölçənlərinın buraxıla bilən maksimum xətasından 3-5 dəfə az olmalıdır. Ancaq bu, sərfiyyatı sabitləşdirmək və onun üçün ortalama intervalını müəyyən edilməsi zərurətindən azad etmir. Əksər hallarda ölçmə çənlərindən istifadə olunur və ya (maye üçün) çəki metodu tətbiq edilə bilər. Qaz mühitinin həcmini ölçmək üçün çənlər, qurğular və vasitələrlə yanaşı (bu halda qazın kütləsini ölçmək çətindir və yalnız həcm ölçülür), buraya işçi mühitin vəziyyət parametrlərini (temperatur, təzyiq və sıxlıq) ölçmək üçün cihazlar daxildir. Bu cihazların həssas elementləri, boru kəmərində, sınaqdan keçirilən sərfölçən yaxınlığında elə yerləşdirilir ki, axının strukturunu təhrif etməsin.

İdarəetmə bloku kimi əksər hallarda ya fərdi kompüter, ya da quraşdırılmış mikroprosessor sistemi tətbiq olunur. Sərfiyyatın ortalama intervalını təyin edən qurğu interval sərhədlərinin göstəriciləri və ya təyinediciləri, həmin müddəti ölçmək üçün vasitə (taymer) və sınaq altında olan sərfölçənin çıxış siqnallarını ölçmək və qeyd etmək üçün vasitələrdən ibarətdir. İdarəetmə bloku kimi kompüter və ya mikroprosessor sistemi istifadə edildikdə, sərfiyyatın ortalama intervalını təyinetmə funksiyası da ona ötürülür.

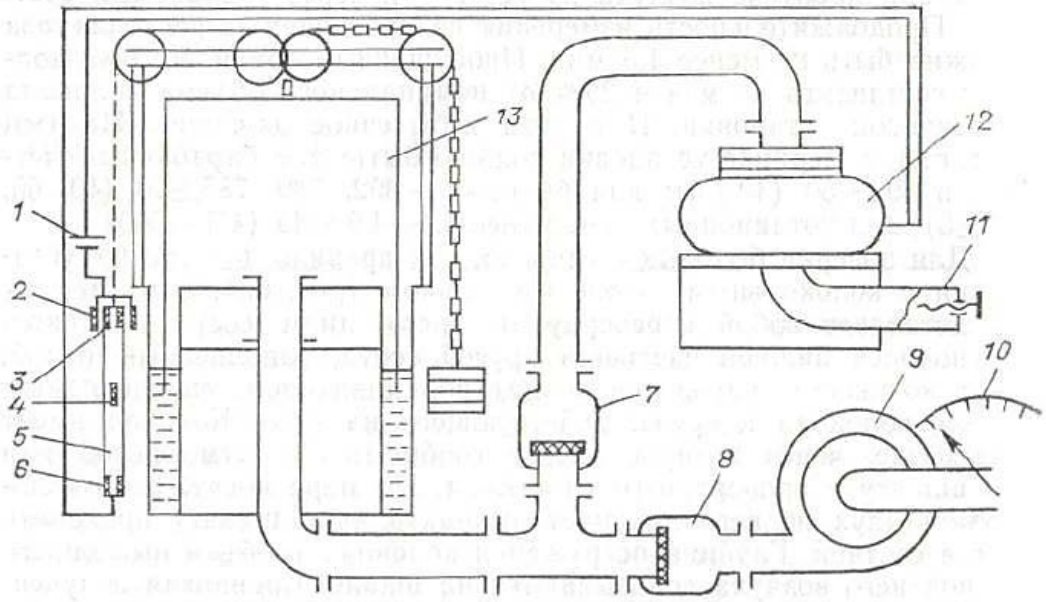
Boşaltma qurğusu (maye sərfini ölçən qurğularda) ölçmə çənlərinin və çöküntü tələlərinin boşaltma klapanları, şəbəkədən qazın drenajı üçün klapanlarını idarəetmə orqanlarından, şəbəkənin boşaldılması və təmizlənməsi üçün sıxılmış qaz mənbəyindən ibarətdir. Hava ilə işləyən qaz sərf ölçənlərində boşaltma qurğusu yoxdur, sınaq xəttindən keçən hava çölə buraxılır. Lakin əgər nəzarət olunan qaz mühiti kimi təbii (və ya başqa) qazdan istifadə edilirsə, o zaman boşaltma qurğusu olmalı və bütün sistem hermetik və sınaq xəttindən keçən qaz sabit (atmosfer təzyiqindən bir qədər yüksək) təzyiq saxlanılan xüsusi çənə buraxılmalıdır. Oradan qaz əlavə nasosun

köməyi ilə yenidən çən-anbara vurulur, orada standart təzyiq (yoxlanılan sərfölçənə uyğun) saxlanılmalıdır.

Qeydedici qurğu, maye miqdarı üçün ölçmə vasitələrinin göstərişlərini, taymerə nəzarət əmrlərini, mayenin vəziyyət parametrlərini ölçmə vasitələrinin göstərişlərini və sınaqdan keçirilən sərfölçənlərinın siqnallarını vaxtında qeyd olunmasını təmin edir. Qeydedici qurğu kimi fərdi kompüterdən, xüsusən də onun özü idarəetmə qurğusu olduqda istifadə etmək əlverişlidir. Lakin idarəetmə qurğusu quraşdırılmış mikroprosessor sistemi əsasında qurulsa belə, çıxış sənədinin yaradılmasını avtomatlaşdırmaq üçün FK ilə birbaşa əlaqə imkanını təmin edən interfeysdən istifadə etmək məqsədəuyğundur [5, s.77].

Hal-hazırda qaz SSQ-nin qurulması üçün müxtəlif sxemlər mövcuddur. Ən geniş və tez-tez istifadə olunanları nəzərdən keçirək. Məişət sayğaclarının yoxlanılması üçün, bir qayda olaraq, zınqırovvari ölçü qabı olan qurğulardan istifadə olunur. İş prinsipi təsvir edilən qurğunun sxematik quruluşu şəkil 1.4.2-də göstərilmişdir. Məişət sayğaclarının yoxlanması həm fərdi, həm də qrup şəklində (6 ədədə qədər) ölçülən ümumi sərfiyyat 10-24 m^3/s olmaqla yerinə yetirilir (bunlar ardıcıl olaraq quraşdırılır, bunun üçün boru kəmərinin sınaq hissəsi uzun olmalıdır). Fırlanan sayğaclar yalnız fərdi qaydada yoxlanılır.

13 ölçü qabı olub, su ilə doldurulmuş başqa qaba salınmış tərs çevrilmiş zınqırovvari qabdır. Zınqırovun altında onun çəkisi ilə təyin olunan təzyiq altında hava vardır. Bu təzyiqi tənzimləmək üçün zınqırovdan tənzimlənən əks ağırlıq asılır və bu da zınqırovun ağırlığının müəyyən hissəsini kompensasiya edir. Sərfiyyatı tənzimləyən qapayıcı qurğu açıldıqda, hava zınqırovun altından çıxaraq, magistral vasitəsilə sayğacdan keçir. Bu halda zınqırov suya batmağa başlayır. Zınqırov batdıqca içərisindən hava çıxır və yoxlanılan sayğacdan keçir. Ən sadə halda, zınqırovun dalma dərinliyi və altından çıxan havanın həcmi, zınqırovun yan divarına tətbiq olunan şkaladan əyani şəkildə oxunur. Daha sonra əldə edilmiş nəticələr yoxlanılan sayğacın göstərişləri ilə müqayisə olunur.



Şək.1.4.2. Zınqırovvari ölçü qabı olan sərfölçən sınaq qurğusu:

1– elektrik qida mənbəyi; 2 - 4, 5 – kontakt xətti; 6 - kontaktlar; 7-8 - klapanlar; 9 - kompressor; 10 - tənzimlənən damper; 11 - çıxış tərtibatı; 12 – yoxlanılan sayğac; 13 - qaz ölçən çən

Buna görə də, ilk növbədə, zınqırovun hazırlanma dəqiqliyi və onun şkalasından göstərişlərin tələb olunan oxunma dəqiqliyi əldə edilməlidir. Zınqırovun daxili boşluğunun en kəsiyi sahəsinin bütün hündürlüyü boyunca mütləq sabit olması vacibdir. Meyletmələr faizin yüzdə birini aşmamalıdır.

Zınqırov suya batdıqda onun altındakı hava təzyiqi dəyişməməlidir. Bunun üçün suya batırılan zınqırovun çəkisində dəyişiklik, sıxışdırılmış suyun çəkisi hesabına kompensasiya olunur. Bu, zınqırovun çəkisinin həmin hissəsini kompensasiya edən əks çəkinin zəncirdən asılması ilə əldə edilir.

Zınqırovun suya dalma sürəti sabit olmalıdır. Bu, hava sərfinin ortalama intervalı sabit qalmasını təmin edir. Zınqırovun altında yataq bloklarındakı sürtünmədən irəli gələn təzyiq dəyişməsi ±19,62 Pa-dan (±2 mm su süt.) çox olmamalıdır. Boru kəmərinin sınaq hissəsindəki hava təzyiqi (yoxlanılan qaz sayğacından bilavasitə əvvəl) mikromanometrinin köməyi ilə ölçülür (sxemdə göstərilməmişdir).

Ümumiyyətlə, qurğu aşağıdakı kimi işləyir. Kompressor 9 qoşulduqda, hava zınqırov boşluğuna vurulur (8 klapanı açıq, 7 klapanı isə bağlıdır), ölçmə zınqırovu təzyiq altında qalxır. Zınqırovun altındakı izafi təzyiq əks çəkilərdən istifadə edilməklə tənzimlənə bilər. Bu halda, ölçmə xətkeşi 5 enir və ölçmə xətkeşinin aşağı hüdud vəziyyətində, 2 kontaktları qapanır, bu siqnal kompressoru söndürür, 8 klapanı bağlanır və 7 klapanı açılır. Bu, işçi dövrün başlanğıc vəziyyətidir, bu zaman 13 ölçmə zınqırovu ən yuxarı vəziyyətdədir (şəkil 1.4.2-də göstərildiyi kimi). Çıxış klapanı (və ya kalibrlənmiş tərtibat) 11 açılan kimi hava ölçücünün içindən keçərək yoxlanılan 12 sayğacından və 11 çıxış klapanından (və ya püskürdücüdən) ətrafdakı atmosferə buraxılır. İş zamanı 5 və 2 kontaktları qapanana qədər, sərfin tələb olunan səviyyədə sabitləşməsi baş verir, 5 və 2 kontaktları qapandıqda, saniyəölçənin qoşulması üçün siqnal verilir (şəkil 1.4.2-də göstərilməyib) və yoxlanılan A1 sayğacının ilkin göstərişləri oxunur. Bundan əlavə, 13 ölçücüsü sabit sürətlə enməkdə davam edir və yoxlanılan sayğacın rotoru ölçmə xətkeşindəki 6 kontaktları 2 kontaktları ilə qapanana qədər sabit sürətlə fırlanır. Bu siqnala görə saniyəölçən dayandırılır və A2 sayğacının son göstərişləri oxunur.

Saniyəölçənin qeydə aldığı τ müddətində havanın həcmi həmişə eyni olub V_0-a, eyni zamanda sayğacın göstərişlərinə görə qeydə alınan havanın həcmi Vp=A2-A1-ə bərabər olduğundan, sayğacın nisbi xətası (%-lə) aşağıdakı düsturla (1.4.2) təyin olunacaqdır:

$$\gamma = \frac{V_n - V_0}{V_0} \cdot 100\% \qquad (1.4.2)$$

Bu cür qurğularda əldə edilə bilən maksimum xəta 0,2% təşkil edir. Lakin eyni zamanda ölçücünün həcmi 20 litri aşmır. Ölçücünün həcmi 50 litrə qədər olduqda, xəta 0.3-0.5% təşkil edir.

Zınqırov tipli nümunəvi sərfölçənlər boru kəmərinin nəzarət hissəsində yüksək təzyiq sabitliyini təmin edir. Onların məhsuldarlığı azdır, çünki ölçücünün altındakı hava ehtiyatı yalnız bir sayğacı yoxlamağa kifayət edir.

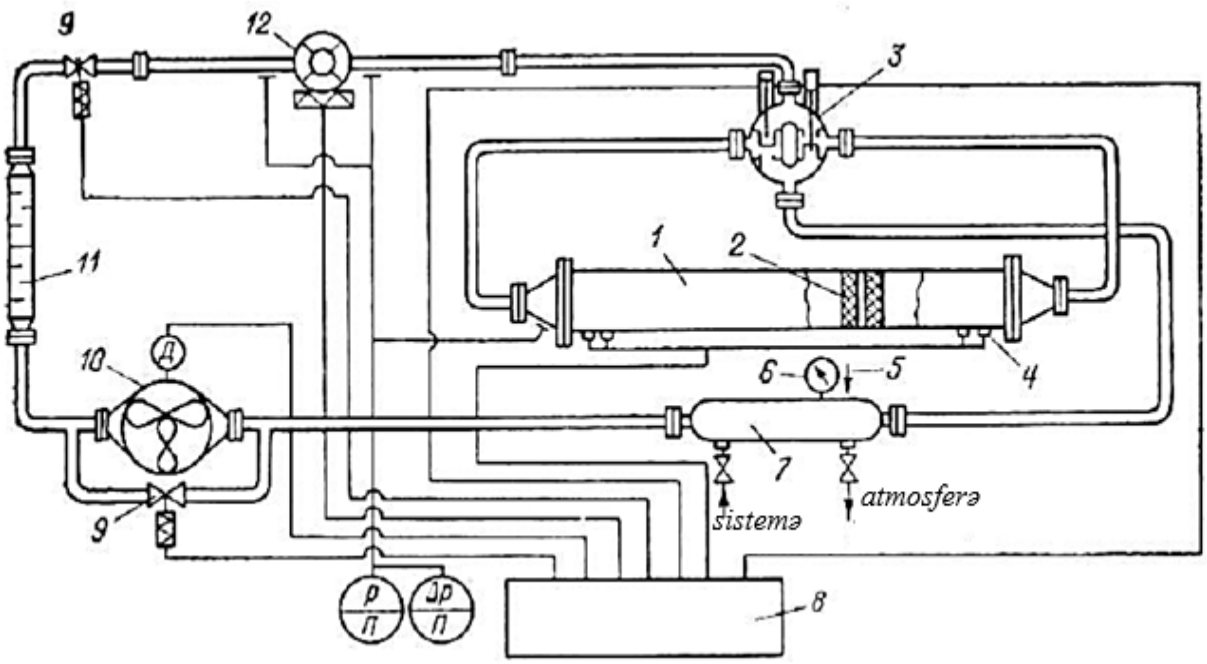
Rotasion sayğacların yoxlanılması üçün hazırlanmış boru-porşenli nümunəvi qurğunun [78, s.123] quruluşu şəkil 1.4.3-də göstərilmişdir. Əsas elementləri içərisinə 2 porşeni yerləşdirilmiş kalibrlənmiş 1 borusu olan qapalı halqavari sistemdir. Porşenin gedişi, iki kənar vəziyyətlər arasında məhdudlaşdırılmışdır. Havavurucu 10 vasitəsilə sistemə vurulan hava döyünmələr söndürücüsündən (11), sərf tənzimləyicisindən (9), kalibr olunmuş sayğacdan (12) keçir və avtomatik bağlanma klapanları 3 ilə boru kəmərli 1 sisteminə daxil olur. Porşenin gedişi boyunca məhdudlaşdırıcı dörd ədəd açar (4) yerləşdirilmişdir. Kənardakı açarlar havanın verilmə istiqamətini 1 ölçmə borusuna yönəldən 3 klapanı açaraq porşenin kənar vəziyyətlərini qeyd edir. Həmin kənar açarlar arasında daha iki açar vardır ki, bunlar ölçmə borusunun porşenin tam bərabərsürətlə hərəkət etdiyi hissəsinin sərhədlərini müəyyən edir. Porşen gedişi boyunca birinci daxili məhdudlaşdırıcı açarı keçərkən elektron saniyəölçən qoşulur və porşen ikinci daxili məhdudlaşdırıcı açarının işə salınma zonasından keçdikdə saniyəölçən dayandırılır. Bu anda dördgedişli 3 klapanı avtomatik olaraq çevrilir və hava 1 borusuna digər tərəfdən daxil olmağa başlayır ki, bu da porşeni dayanmağa, sonar isə əks istiqamətdə hərəkət etməyə məcbur edir. Porşenin əksinə hərəkəti ilə məhdudlaşdırıcı 4 açarları əks qaydada qoşulur və ölçmə tsikli təkrarlanır. Beləliklə, qurğunun fasiləsiz istismarı yerinə yetirilir. Bərpa olunan sərfiyyat, 1 borusunun

kalibrlənmiş hissəsinin həcmi (daxili məhdudlaşdırıcı açarların qoşulma nöqtələri arasında) və porşenin borunun işçi hissəsini keçməsi müddəti ilə müəyyən edilir. Kalibrlənmiş hissə borunun uzunluğu boyunca elə yerləşdirilir ki, bu hissədə porşenin hərəkəti qərarlaşmış (bərabərsürətli) olsun, yəni məhdudlaşdırıcı açarlar müvafiq surətdə yerləşdiyinə görə porşen gedişinin kənar hüdudları nəzərə alınmır. Məhdudlaşdırıcı açarların siqnallarına görə, sayğacların göstərişləri qeyd olunur, yəni bu halda porşen gedişinin yalnız işçi hissəsinə uyğun gələn sərfiyyat nəzərə alınır.

Qurğunun dayanıqlı işləməsini təmin etmək və porşenin hərəkətinin ilkin (sürətləndirmə) və son (tormozlanma) hissələrinin uzunluğunu azaltmaq üçün boru divarları ilə porşen arasında radial boşluqları 1,5-2 mm olan kipləşdirilməmiş porşenli boru sistemləri istifadə olunur ki, bu da qaz boşluqlardan sızmasına və sistemdə hidrodinamik sürtünmənin dayanıqlı olmasına gətirib çıxarır.

Bu, porşeni hərəkət etdirmək üçün lazım olan qaz təzyiqini azaltmaq üçün də lazımdır. Bu halda qaz sızması ilə əlaqəli əlavə xətaları qiymətləndirilərək qurğunun attestasiya prosesində təyin olunan müvafiq düzəlişlərlə kompensasiya edilə bilər. Xətanı azaltmaq üçün göstərişlər qurğunun bir neçə (iyirmiyə qədər) tsikli ərzində yekunlaşdırılır.

Ən mükəmməl boru porşenli sərfölçən qurğuların əldə edilə bilən minimum xətası 0,2% təşkil edir. Sayğacın xətası, sınaqların əvvəlində və sonunda göstərişlərini və kalibrləmə zamanı qurğudan keçən havanın həcmini müqayisə etməklə müəyyən edilir. Boru-porşenli qurğuların məhsuldarlığı və avtomatlaşdırma səviyyəsi zınqırovşəkilli ölçü qablı qurğulara nəzərən xeyli yüksəkdir, lakin attestasiya edilməsi çox çətindir, çünki porşen və boru divarları arasındakı boşluqlarda hava sızmasına görə düzəlişləri təyin etmək lazımdır. Bu cür qurğuların tətbiq sahəsinin əsas məhdudiyyəti, 10 kPa-dan yuxarı təzyiqlərdə normal işləmə və boru kəmərinin istismarı zamanı sınaq hissəsində yaranan güclü təzyiq döyünmələridir. Buna görə onlar məişət qaz sayğaclarını kalibrləmək üçün istifadə edilmir.



Şəkil 1.4.3 - Boru porşenli nümunəvi sınaq axını sayğacı:

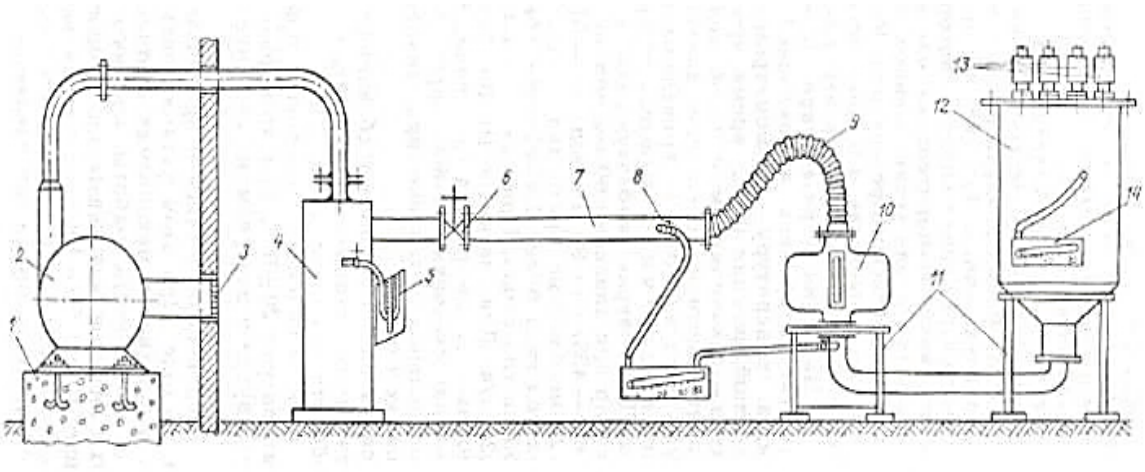
1 - ölçmə borusu; 2 - ayırıcı porşen; 3 – dördgedişli bağlayıcı klapan; 4 - porşenin vəziyyət çeviricisi; 5 - termometr; 6 - nümunəvi manometr; 7 - bufer çəni; 8 - idarəetmə pultu; 9 – sərf tənzimləyicisi; 10 - havavurucu; 11 – döyünmə hamarlayıcısı; 12 - yoxlanılan sayğac.

Yuxarıda nəzərdən keçirilmiş qurğularla yanaşı, kalibrlənmiş və metroloji cəhətdən təsdiqlənmiş püskürdücü ilə təchiz olunmuş qurğular da istifadə olunur. Buna görə də qaz təsərrüfatında çoxpüskürdücülı sınaq qurğusu metroloji göstəriciləri yoxlamaq və təsdiq etmək üçün tətbiq edilir. Bu qurğu ventilyator, aralıq qəbuledici, büzməli şlanqlı boru kəməri, sınaqdan keçirilən sayğaclı sınaq stendi (masası) və püskürdücü dəsti olan çıxış qəbuledicisindən ibarətdir (şəkil 1.4.4). Bu qurğudakı sayğacın yoxlama prinsipi, müəyyən həcmdə havanın sayğacdan və püskürdücüların kalibrlənməsi zamanı təyin edilən sabit təzyiqlə kalibrlənmiş püskürdücülar dəstindən müəyyən müddət ərzində keçməsindən ibarətdir. Qurğunun ölçmə hissəsi şaquli silindrik çənin (çıxış qəbuledicisinin) çıxarıla bilən qapağına quraşdırılmış kalibrlənmiş 12 uzlaşdırcıdan 13 ibarətdir. Hava hər bir püskürdücüyə klapan ilə təchiz olunmuş ayrıca hava kanalı ilə verilir. Buna görə onları həm ayrı-ayrı, həm də ixtiyari verilmiş şəkildə qoşmaq mümkündür. Sərfin ölçülməsi ilə eyni zamanda havanın təzyiqi və temperaturu ölçülür. Təsvir edilən qurğuda, püskürdücü qarşısındakı çəndə təzyiq maili borusu olan 14 su mikromanometri ilə ölçülür, temperaturu isə bölgüsünün qiyməti 0,1°C, ölçmə həddi 50°C-yə qədər olan termometrlə; havanın verilmiş həcminin keçmə müddəti – bölgüsünün qiyməti 0,2 san olan əl saniyəölçəni ilə ölçülür. Aydındır ki, avtomatlaşdırma səviyyəsi bu qədər aşağı olduğu üçün qurğunun məhsuldarlığı da aşağıdır.

Təzyiq 70 mm su süt. və havanın temperaturu 20±5°C olduqda püskürdücülərin sərfiyyat xarakteristikaları Cədvəl 1.4.1-də verilmişdir. Onları ayrı-ayrı və ya müxtəlif kombinasiyalarda paralel olaraq qoşaraq, 4-dən 600 m^3/saat-a qədər sərfiyyat əldə etmək olar.

Bu başlıqların təzyiq və temperaturun başqa qiymətlərində buraxma qabiliyyətini hesablamaq üçün sadə hesablama düsturları mövcuddur.

Sayğaclar nominal qaz sərfinin %-lə göstərilən qiymətlərində yoxlanılır: məişət (5, 10, 50, 100) ±3%; fırlanan (10, 20, 50, 100) ±3%; barabanlı (5, 10, 25, 50, 100) ±3%. Sərfin hər bir qiyməti üçün yoxlama ən azı iki dəfə aparılır və nəticə kimi hesabi ortalama qəbul edilir. Bu halda göstərişlərin dispersiyası 1,5%-dən artıq olmamalıdır.



Şəkil 1.4.4 Çoxpüskürdücülı eksperimental sınaq qurğusu

1– özül; 2 - havavurucu; 3 - süzgəc; 4 - aralıq qəbuledici; 5 – U-şəkilli manometr; 6 - kran (D=100 mm); 7 - boru kəməri (D=100mm); 8 - laboratoriya kranı; 9 - büzməli xortum; 10 - yoxlanılan sayğac; 11 - dayaqlar; 12 - çıxış qəbuledicisi; 13 – püskürdücülar dəsti; 14 - mikromanometr

Sayğacların göstərişlərində xəta təzyiq 70 mm su süt. və havanın temperaturu 20±5°C olduqda müəyyən edilir, bu zaman çəndə və yoxlanılan sayğacda havanın temperatur fərqi ±1°C-dən çox olmamalıdır.

Bir yoxlama keçidi zamanı sayğacdan keçən havanın faktiki həcmi püskürdücülərin ən azı 360 san. müddət ərzində ötürmə qabiliyyəti ilə müəyyən edilir. Püskürdücüdən axan qazın (havanın) sərfi (m^3/saatla) aşağıdakı düsturla (1.4.3) təyin edilir:

$$Q = \alpha\varepsilon F\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \qquad (1.4.3)$$

Burada, α – sərfiyyat əmsalı;

ε - genişlənməyə düzəliş əmsalı;

F – deşiyin en kəsik sahəsi;

Δp - deşikdəki təzyiq düşküsü, çıxış qəbuledicisindəki izafi təzyiqə bərabərdir;

ρ - qazın sıxlığıdır.

$\alpha\varepsilon F$ hasili eyni təzyiq düşküsündə hər bir püskürdücü üçün sabit kəmiyyətdir. Püskürdücülərin müəyyən həndəsi ölçülərə görə təyin edilməsi üçün hesablama düsturları olmasına baxmayaraq, onları eksperimental olaraq təsdiqləmək lazım gəlir, yəni hər püskürdücü üçün bu hasilin qiyməti təcrübə yolu ilə müəyyən edilir. Hava sıxlığı təzyiq, temperatur və rütubətin dəyişməsindən asılı olaraq dəyişir. Lakin rütubətin sıxlığa təsiri nisbətən cüzidir (20°C temperaturda rütubətin 20% dəyişməsi sıxlığın yalnız 0,22% dəyişməsi ilə nəticələnir). Buna görə rütubətin təsiri nəzərə alınmaya bilər. Onda temperaturun və təzyiq hər hansı qiyməti qazın sıxlığını belə hesablamaq olar:

$$\rho = \rho_{nom}\frac{pT_{nom}}{p_{nom}T} \qquad (1.4.4)$$

Burada, ρ_{nom} - normal şəraitdə, yəni 760 mm civə süt. (101,325 kPa) təzyiqdə və T_{nom}=293,15 K temperaturda sıxlıqdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, mütləq təzyiq p atmosfer (barometrik) təzyiqi ilə çəndəki izafi təzyiqin cəminə bərabərdir.

Təzyiq 70 mm su süt. və havanın temperaturu 20±5°C olduqda püskürdücülərin sərfiyyat xarakteristikaları

Cədvəl 1.4.1

Püskürdücünün nömrəsi	Sərfiyyat, m3/saat	Püskürdücünün nömrəsi	Sərfiyyat, m3/saat
1	100	7	100
2	50	8	40
3	100	9	10
4	50	10	4
5	100	11	10
6	50	12	5

(1.4.4) ifadəsini (1.4.3) düsturunda yazıb alarıq;

$$Q = \alpha\varepsilon F\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{nom}\frac{pT_{nom}}{p_{nom}T}}} = Q_{nom}K_{pT} \qquad (1.4.5)$$

Burada, K_{pT} – temperatur və təzyiqin sərfiyyata təsirini nəzərə alan düzəliş əmsalıdır. K_{pT} əmsalı vahiddən 1,5-2,0% fərqlənə bilər.

Kritik püskürdücüləri olan çoxpüskürdücülü qurğular vardır. Qurğunun işləmə prinsipi, kritik təzyiq düşküsü yaranan kritik püskürdücülərdan istifadə etməklə havanın sərfinin yaradılması və ölçülməsinə əsaslanır. Bu halda, püskürdücüdə hava sürəti səs sürətinə çatır, bu halda püskürdücüdən keçən həcmi sərfiyyat yalnız püskürdücü parametrləri və onun girişindəki havanın temperatur ilə müəyyən edilir. Bu, sayğac və kritik püskürdücü ardıcıl quraşdırıldıqda sayğacın göstərişi ilə qurğunun verdiyi havanın həcmi ilə müqayisə etməklə yoxlamağa imkan verir. Bu qurğular ən dəqiq, lakin bahalıdır, püskürdücünün kritik rejimə çatması üçün yüksək təzyiq əldə edilməsi böyük enerji sərf edilməsini tələb edir. Bu növ qurğular qazın həcmi və kütlə sərfi vahidləri üçün ilkin dövlət standartının tərkib hissəsidir [14, s.102].

Hal-hazırda, nəzarət olunan mühitin müəyyən həcmini hərəkət edərkən ölçən bir və ya daha çox hərəkət edən elementə malik olan yüksək dəqiqliyə malik kamera tipli maye və qaz sərfölçənləri məlumdur [1, s.156].

Dəqiq müəyyən edilmiş həcmdə ölçmə kamerasının doldurulması və boşaldılmasının hər dövrü sayğacdan keçən maye və ya qazın miqdarını göstərən sayğacla qeyd olunur. Bu cür cihazlara dinamik ölçmə diapazonu xeyli böyük olub (təxminən 1:100), kifayət qədər yüksək dəqiqlikli və elektrik enerjisi mənbəyi tələb etməyən geniş yayılmış fırlanan mexaniki sayğaclar daxildir.

Nümunə olaraq konstruksiyaı şəkil 1.4.5-də göstərilən RG tipli, seriyalı istehsal məmulatı olan fırlanan qaz sayğaclarını göstərmək olar. O, içərisində iki eyni səkkizvari rotorun fırlandığı gövdədən, ötürücü və sayğac mexanizmlərindən ibarətdir. Ötürücü və sayğac mexanizmləri ölçmə kamerasının xaricindədir. Ötürücü mexanizm rotorların fırlanmasının sinxronlaşmasını təmin edir və rotorun valları üzərində iki cüt dişli çarxdan ibarətdir. Bu çarxlar ölçmə kamerasından arakəsmə ilə ayrılmışdır.

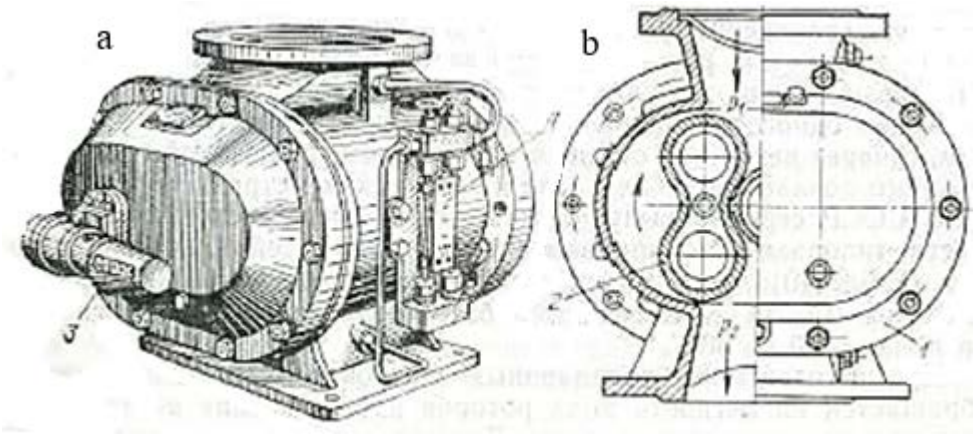
Sayğac mexanizmi vallardan biri ilə mexaniki şəkildə əlaqələndirilmişdir və sərfölçəndən keçən istehlak edilmiş mühitin miqdarını göstərir.

Rotorlar yuxarı (giriş) borudan daxil olan və aşağı (çıxış) borudan çıxan qaz təzyiqləri fərqinin təsiri altında fırlanır. Rotorlar fırlandıqda gövdənin daxili səthi boyunca sürüşərək yan səthləri ilə yuvarlanır. Rotorların tam fırlanma dövrü ərzində rotor və kameranın daxili səthi arasında 4 vahid ölçülü qaz həcmi sıxışdırılır. Sayğac rotorun dövrlər sayını hesablayır və beləliklə ölçmə mexanizmindən keçən qaz həcmlərini cəmləyir.

Faktiki olaraq, kameralı qaz sayğacları dövrü təsirli avtomatik ölçmə qurğularıdır. Onların dəqiqliyi kameranın, rotorların və digər elementlərin hazırlanması və uzlaşdırılması dəqiqliyi ilə müəyyən edilir.

RG tipli qaz sayğacları (0,2-1,2)*Q_{nom} sərfiyyat intervalında ±1,5% xətaya malikdir. Zinger firmasının analoji sayğacları (0,04-1,0)*Q_{max} sərfiyyat intervalında ±0,1% xətaya malikdir.

Lakin son illərdə fırlanan kamera sayğaclarının konstruksiyaı və texnologiyasında əhəmiyyətli tərəqqi əldə edilmiş, təkərli-pərli sərfölçənlər işlənilmiş, bunun sayəsində dəqiqlik xeyli artmış, dinamik ölçmə diapazonu genişlənmişdir. 1:1000-ə çatan dinamik diapazonda (maye üçün) ±0,1% xəta təmin edilir (qaz üçün eyni xəta sərfiyyat intervalı (0,01-1,0) Q_{max} olduqda təmin edilir). Yüksək dəqiqlik və uzunömürlülük ölçmə mexanizminin hazırlanmasının yüksək dəqiqliyi və metalın metalla sürtünməsinin aradan qaldırılması sayəsində təmin edilir. Ölçmə mexanizminin özü də hər biri pərlərin keçməsi üçün yuvaya malik olan iki pərli rotor və iki ayırıcı təkərdən ibarətdir. Rotor fırlandıqda təkərlər silindrik kameranın daxili səthində əvvəlki konstruksiyada olduğu kimi sürüşməyib, yuvarlanır. Rotorun hər dövrü ölçülmüş iki həcmə uyğundur. Rotorun və təkərlərin fırlanmasının sinxronizasiyası dişli mexanizmlə yerinə yetirilir. Yumşaq maqnit poladdan hazırlanmış dişli disk rotor oxuna sərt şəkildə oturdulur, kameranın qapağına isə dişli diskin hər dişinin altından keçəndə impuls siqnalı hasil edən maqnit müqavimətli verici yerləşdirilmişdir. Bu sərfölçənlərin dəqiqlik sinfi 0,1-dir [4, s.168].



Şəkil 1.4.5. RG tipli fırlanan qaz sayğacı

a) Sayğacın ümumi görünüşü; b) Sayğacın ¼ kəsimi ilə daxili dörünüşü; 1)sayğacın gövdəsi; 2) sayğacın rotoru; 3) hesablama mexanizmi 4) sayğacın yağlama ştuseri.

Bu cür yüksək dəqiqlikli nümunəvi sərfölçənləri əsasında iş zamanı etalon və yoxlanılan sərfölçənlərin göstərişləri ilə müqayisə edilən sərfölçən qurğu yaratmaq mümkündür.

SSQ-nun mövcud konstruksiyaları barədə məlumatların təhlili aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Etalon sərfölçən qurğular və kritik püskürdücülü qurğular istisna olmaqla, bütün mövcud qurğuların avtomatlaşdırma dərəcəsi çox aşağıdır.

2. Ölçmə qabında və yoxlanılan sayğacda göstərişlərin vizual göstəricisindən istifadə edilməsi dinamik yoxlama rejiminin realizə edilməsini çətinləşdirir ki, bu da əlavə xətalara və sərfin ortalama müddətinin artırılması zərurətinə gətirib çıxarır.

3. Böyük həcmli ölçmə qablarının dəqiq istehsalının texnoloji çətinlikləri zınqırovşəkilli ölçmə qablı qurğuların maksimum sərfiyyatını məhdudlaşdırır.

4. Boru-porşenli qurğular, istehlak edilən mühitin təzyiqi 5 kPa-dan az olduqda sərfiyyatı təyin etmək üçün yaralı deyildir və bu səbəbdən məişət qaz sayğaclarının yoxlanması üçün tətbiq edilmir.

5. Tələb olunan sərfiyyatı təmin etmək üçün qeyri-xətti tənzimləmə xarakteristikaya və zəif təkrarlanmaya malik klapanlar istifadə olunur.

6. Kifayət qədər dinamik sərfiyyat diapazonunu əhatə etmək üçün bir neçə ölçmə qabından istifadə etmək lazımdır ki, bu da qurğunu mürəkkəbləşdirir və onun qiymətini kəskin surətdə bahalaşdırır.

Bunlar nəzərə alınaraq, əsas məqsədi təbii qazı sərfölçən-sayğaclara tətbiq baxımından SSQ-lərin göstərilən çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün üçün yeni prinsiplərinin əsaslandırılması və texniki realizə edilməsi, eləcə də SSQ-nin real xarakteristikalarının eksperimental olaraq tədqiq olunmasıdır.

Sərfölçən sınaq kompleksinin metroloji xarakteristikalarını zınqırovşəkilli ölçmə qabı olan SSQ-nin xarakteristikalarını səviyyəsində, eyni zamanda kompleks daha texnoloji, istehsalı və istismarı ucuz, daha məhsuldar, asan avtomatlaşdırılan olmalı və bir iş tsiklində (saxlama anbarına əlavə hava doldurulmadan) ən azı 10 qaz sərfi sayğacını yoxlanmasını təmin etməlidir.

1.5. Qazın sərfinə nəzarət üçün informasiya-ölçmə sisteminin qurulma prinsipləri

Qazın sərfinin ani qiyməti, temperaturun və təzyiqin ani və orta qiymətlərini ölçən sistemlərin bir neçə onilliklər əvvəl meydana gəlməsinə baxmayaraq, aparat-proqram təminatlarının baha olması səbəbindən bu cür sistemlər uzun müddət geniş istifadə olunmamışdır. Müasir kompüterlərin, mikroprosessorların, yüksək sürətli və məhsuldarlığa malik mikrokontrollerlərin işlənilməsi və istehsalı sayəsində kifayət qədər yüksək metroloji, texniki və iqtisadi göstəricilərə və cəldliyə malik rəqabətli informasiya-ölçmə sistemləri yaratmaq mümkün olmuşdur [82, s.104].

Tədqiqatlar göstərir ki, təbii qazın sərfini ölçmək və uçotunu təmin edən informasiya-ölçmə sistemi (İÖS) aşağıdakı funksiyalara malik olmalıdır [76, s.132]:

• ani qiymətlərin ölçülməsi və müəyyən zaman intervalı üçün qaz sərfinin, temperaturun və təzyiqin orta qiymətlərinin hesablanması;

• yüksək dəqiqliyə malik qaz analizatorları və xromatoqraflar vasitəsilə təbii qazın keyfiyyət göstəricilərinin (rütubətin miqdarı və yanma istiliyinin) ölçülməsi və nəzarət olunması;

• təbii qazın istilik-fiziki parametrlərinin - işçi və normal şəraitdə sıxlıq, sıxılma əmsalı, dinamik özlülük və digər parametrlərin hesablanması;

• hesabat dövrləri üçün təbii qaz uçotu haqqında hesabatların tərtib edilməsi və yaradılması;

• istehsal və qeyri-istehsal xərclərinin minimuma endirilməsi, texnoloji itkilərin azaldılması.

Sistemin bütün nəzərdən keçirilmiş funksiyaları sistemə qoşulmuş sensorlar və qaz sərfölçənlərinin metroloji və texniki xarakteristikaları, tətbiq olunan kompüter texnikasının göstəriciləri ilə sıx bağlıdır [92, s.26]. Bu, sistemin quruluşuna və göstərilən ölçmə vasitələrinin seçilməsi prosesinə müəyyən məhdudiyyətlər qoyur. Qazın kəmiyyət uçotu üçün ölçmə vasitələrinin seçimi əsasən aşağıdakı parametrlər üzrə aparılır: buraxma qabiliyyəti, icra olunma növü (partlayışdan qorunma səviyyəsi), ölçmə xətası, ətalətlilik - sürət, etibarlılıq, çoxfunksiyalılıq, istismar və quraşdırmanın

mürəkkəbliyi [89, s.27]. Bundan əlavə, təbii qazın çirkli olması sərfin ölçülməsi xətasının artmasına səbəb ola bilər ki, bu da ölçmə cihazının konstruktiv xüsusiyyətlərindən asılıdır [67, s.142], [68, s.155]. Digər tərəfdən, ölçmə xətasına siqnalların forması və ölçülən siqnallarının ötürülmə şəraiti, siqnal/küy nisbəti təsir göstərir. Bu nisbəti artırmaq üçün ölçülən siqnalın lazımsız harmonikalarını və küylərini kəsən və ya dəf edən xüsusi süzgəclər tətbiq olunur. Hal-hazırda siqnalların rəqəmli emalı üsulları daha intensiv tətbiq olunur ki, bu da xətaları azaltmaq və ölçmə dəqiqliyini artırmaq üçün zəruri olan süzülmə alqoritmlərini proqram üsulu ilə realizə etməyə imkan verir.

Həmin sistemin məqsədləri üçün ölçmə cihazlarının inkişafının onların seçilməsi məsələsinin həllinə təsir edən bir sıra vacib təfərrüatları qeyd etmək lazımdır. Bu, ilk növbədə, funksional imkanları yüksəldilməsinə və ölçmə xətasının xeyli dərəcədə azalmasına səbəb olan quraşdırılmış mikroprosessor və ya mikrokontrollerli ölçmə vasitələrinin yaranması [80, s. 24], siqnallarının ilkin emalı, siqnalların rəqəmsal emalı üsullarının tətbiqi, ölçmə həddinin seçilməsinin avtomatlaşdırılması, çıxış xarakteristikasının xəttiləşdirilməsi, temperatura görə təshih edilməsi, yəni ölçmə vasitələrinin intellektuallaşdırılması sayəsində onların metroloji xarakteristikalarının təkmilləşdirilməsini təmin etmişdir.

Ölçmə nəticələrinin etibarlılığı və informativliyi ölçülmüş parametr haqqında məlumatların yüksək keyfiyyətinin təmin edilməsinin əsas şərtlərindən biridir. İnformasiyanın digər vacib xarakteristikası onun tamlığıdır ki, bu da son nəticədə konkret bir məsələni həll etmək üçün lazım olan məlumatların həcmini müəyyən edir. Buna əsaslanaraq bu qənaətə gələ bilərik ki, yüksək keyfiyyətli (dürüst) informasiya əldə etmək üçün optimal quruluşa malik İÖS-in işlənilməsi həm aparat (vericilər, çeviricilər, hesablama vasitələri), həm də proqram-alqoritmik (tətbiq paketi, riyazi modellər, alqoritmlər) vasitələrinin optimallaşdırılmasına tələb edir.

Seçim meyarları [83, s.125]-də ümumi şəkildə kifayət qədər dəqiq təsvir olunmuş və təhlil edilmişdir. Lakin yuxarıda göstərilən təfərrüatlar, sərfölçən cihazların konstruktiv texniki və metroloji xarakteristikalarına olan tələblər, onların seçilməsi məsələsini hər hansı bir parametrə görə sadə seçmə yolu ilə həll edilə bilməyən

çoxmeyarlı məsələyə çevirir. Bu məsələni həll edərkən sistemli yanaşma tətbiq etmək, İÖS-ün quruluşunu və sürətini, eləcə də iş səmərəliliyini müəyyən edən bir sıra göstəricilərini nəzərə almaq lazımdır [79, s.132]. Beləliklə, sistemin səmərəliliyi bütövlükdə aşağıdakı konkret parametrlərdən və göstəricilərdən asılıdır:

- sistemin əsaslandığı hesablama texnikasının cəldliyi və məhsuldarlığı;
- ölçmə çeviricisinin cəldliyi və çıxış xarakteristikasının xətası;
- quraşdırılmış mikrokontrollerli ölçmə vasitələrindən tətbiq edildikdə - mikrokontrollerin özünün xarakteristikasından və siqnalların ilkin emalı alqoritmləri;
- qaz sərfi vericisinin (çeviricisinun) metroloji xarakteristikaları;
- ölçmə kanallarının xarakteristikaları;
- siqnal və məlumatların işlənməsi alqoritmləri;
- sistemin işində istifadə olunan riyazi modellər;
- sistemin texniki və iqtisadi göstəriciləri.

İÖS-ün tətbiqi bir sıra tədqiqat və texnoloji məsələlərin yerinə yetirilməsini təmin etməyə, texnoloji prosesə nəzarətin səmərəliliyini artırmağa, istehsal parametrlərinə etibarlı nəzarətin təmin edilməsinə, ölçmə məlumatlarının toplanması, saxlanması və emalı, əlavə hesabat və statistik məlumatların çıxarılması və yayılmasına, dürüstlüyünün artırılmasına və sistemin komponentlərinin nasazlıqlarının diaqnostikasını yerinə yetirməyə imkan verir.

İÖS-ün səmərəliliyini artırmaq üçün sistemin həm aparat, həm də proqram-alqoritmik vasitələrinin çevikliyini təmin etmək lazımdır. Bu, sistemin quruluşunu itkisiz dəyişdirməyə, yeni məsələ və funksiyaların yerinə yetirilməsi üçün zəruri olan əlavə blok və modulları daxil etməyə və köhnə, lazımsız modulları çıxarmağa, yenidən proqramlaşdırmağa, proqramı dəyişməyə, emal və idarəetmə alqoritmlərini təkmilləşdirməyə, riyazi modellərin etibarlılığı və adekvatlığını artırmağa imkan verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, sistemə qoşulmuş ölçmə vasitələrinin parametrlərinin optimal tənzimlənməsinə nail olmaq, sistemin proqram təminatını sazlamaq, etibarlı ölçmə nəticələrini təmin etmək kifayət qədər mürəkkəb məsələlərdir və son nəticədə real vaxt rejimində bütün sistemin fəaliyyətinə təsir göstərə bilər. Sistem tərəfindən həll edilməli məsələ və ya yerinə yetirilməli başqa bir funksiya surətlərin tanınması

texnologiyasından istifadə etməklə sistemdə nasazlıqların diaqnostikasıdır ki, bu da sistemin iş keyfiyyətini yüksəltməyə və nəticədə onun səmərəliliyini artırmağa imkan verir.

Bu zaman qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin tətbiqi determinik modellə təsvir edilə bilməyən məlumatların ölçülməsi və işlənməsinin formalizə olunması, müxtəlif parametrlərin mənsubiyyət funksiyaları və çıxarış qaydalarından istifadə etmək sayəsində, bütövlükdə sistemin texniki, iqtisadi və metroloji xarakteristikalarını təkmilləşdirməyə imkan verir.

Beləliklə, qaz sərfinin ölçülməsi üçün İÖS-ün işlənilməsi bir sıra sistemli məsələlərin həlli ilə əlaqədardır: parametrlərin və kəmiyyətlərin unifikasiya edilmiş ölçmə vasitələrinin (verici və çeviricilərin) seçilməsi; ölçmə və nəzarət vasitələrini kompüter və ya mikrokontrollerə qoşmaq üçün uzlaşdırıcı qurğuya – interfeysə daxil olan rabitə kanalının optimallaşdırılması [77, s.43], İÖS-ün hesablayıcı hissəsinin, sistemin özünün optimal quruluşunun seçilməsi. Eyni zamanda, ölçmə və idarəetmə vasitələrini sistemə qoşmaq üçün standart interfeyslərin mövcudluğunu nəzərə almaq lazımdır ki, bu da bütün sistemin layihələndirilməsi və həyata keçirilməsi müddətini xeyli dərəcədə azaldır.

Sistemin quruluşu simsiz rabitə texnologiyalarının geniş tətbiqi, İnternet texnologiyalarının son illərdə sürətli inkişafı sayəsində qiyməti və texniki təminatına görə son illərdə daha geniş yayılmış və daha əlverişli hesab edilən paylanmış struktur şəklində seçilmişdir. Bu zaman məlumatların toplanması və nəzarət funksiyaları çox kanallı giriş-çıxış modulları tərəfindən məsafədən yerinə yetirilir. Ethernet texnologiyasından istifadə edilməsi, prosesin vəziyyəti barədə verilənlərin mübadiləsini və nəzarət siqnallarının ötürülməsini 10/100Mbit/san sürətlə təmin edir, yalnız giriş/çıxış məlumatlarını deyil, həm də yerli idarəetmə funksiyalarını da kifayət qədər sadə yolla yerinə yetirməyə imkan verir [91, s.47].

Sistem qaz hasilatı və hazırlanması texnoloji proseslərinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin altsistemi və ya bir hissəsi və ya TP AİS-də həll olunan məsələlərin mürəkkəblik səviyyəsindən, ya da sistemin texniki və alqoritmik təminatı səviyyəsindən asılı olaraq müstəqil olaraq bu sistemə daxil ola bilər.

Beləliklə, qaz sərfinin ölçülməsi və uçotu üçün yüksək səmərəliliyə malik müasir İÖS-ün işlənilməsi zamanı aşağıdakı məsələləri həll etmək lazımdır:

- sistemin işinin intellektuallaşdırılması;
- sistem quruluşunun seçilməsi və optimallaşdırılması;
- vericilərin optimal xarakteristikalarının və sayının seçilməsi;
- universal interfeysin seçilməsi və ya işlənilməsi;
- sistemin hesablayıcı hissəsinin (prosessor və ya kompüterin) seçilməsi;
- alqoritmik və riyazi təminatın işlənilməsi.

Qazın saxlanması obyektləri üçün idarəetmə və nəzarət sistemlərinin strukturları və alqoritmlərinin təhlili göstərir ki, onların iş səmərəliliyini yüksəltmək üçün müxtəlif səviyyələrdə ölçmə vasitələrinin çevirmə xarakteristikalarını yaxşılaşdırmaq, onların optimal yerləşdirilməsi alqoritmini işləyib hazırlamaq, ölçmə prosesinin optimallaşdırmaq, sensorların sayının minimuma endirmək, yəni optimallaşdırmaq; rabitə kanallarının sayını optimallaşdırmaq, qeyri-bircinsliklərin diaqnozu və vəziyyətin monitorinqi ilə etibarlılığını artırmaq, rabitə kanallarının elektrik parametrlərini təshih etmək, ölçmə nəticələrinin ilkin və tam emalı üçün səmərəli alqoritmlər və proqramlar hazırlamaq, məlumatın səhihliliyi və səmərəliliyini artırmağa imkan verən yeni informasiya texnologiyasından, qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsindən, ekspert sistemlərindən, yəni Soft Computing texnologiyalarından istifadə edərək səmərəli idarəetmə alqoritmlərinin işləyib, hazırlamaq kimi çox vacib problemləri həll etmək lazımdır.

I fəsil üzrə nəticələr

1. Qaz sərfini ölçənlərin iş prinsipi və əsas göstəricilərinin təhlil əsasında göstərilmişdir ki, mövcud sərfölçənlərin əksəriyyəti qaz və mayelərin sərfinin ölçülməsi üçün istifadə edilə bilər, lakin parametr və xarakteristikaları düzgün seçilmiş ölçmə vasitələri tələb olunan dəqiqlik və dürüstlüyü təmin etməklə, ümumi informasiya sisteminin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəltməyə imkan verir.

2. Müxtəlif növ ölçmə qurğuları və sensorları bir-biri ilə müqayisə etməklə eyni tipli sərfölçənlər arasından tələb olunan konstruksiya və xarakteristikalara, optimal texniki-iqtisadi göstəricilərə malik sərfölçənin seçilməsi meyarları və metodlarının təhlili əsasında göstərilmişdir ki, bu növ cihaz və qurğuların qeyri-səlis meyarları əsasında seçilməsi bu məsələ barədə qəbul edilmiş qərarın dürüstlüyünü qiymətləndirməyə və ümumilikdə qərarın qəbul edilməsi prosesini avtomatlaşdırmağa imkan verir.

3. Seçilmiş sərfölçənlərin real xarakteristikalarını çıxarmaq, texniki pasportunda göstərilmiş göstəricilərini yoxlayıb təsdiq etmək üçün tətbiq edilən mövcud sərfölçən sınaq qurğularının konstruksiya və göstəriciləri təhlili əsasında tələb olunan xarakteristikalara malik qurğunun iş prinsipi və konstruksiyası işlənmiş, göstərilmişdir ki, yeni qurğu texnoloji cəhətdən mükəmməl, istehsalı asan və istismarı ucuz və daha məhsuldardır.

4. Qaz sərfinin dəqiq ölçülməsi və dürüst uçotunun təmin edilməsi məqsədilə qaz sərfinə nəzarət və idarəetmə zamanı meydana çıxan problem və məsələlərin təhlili əsasında müəyyən olunmuşdur ki, həmin proseslər üçün yüksək səmərəliliyə malik müasir İÖS-ün işlənilməsi zamanı aşağıdakı məsələləri həll etmək lazımdır: qeyri-səlis informasiya şəraitində sensorların çıxış siqnallarının, informasiya proseslərinin və bütövlükdə informasiya emalının intellektuallaşdırılması; optimal xarakteristikalı sensor və vericilərin seçilməsi; sistemin iş prinsipi və strukturunun müəyyən edilməsi, alqoritmik və riyazi təminatın işlənilməsi.

II FƏSİL. QAZIN SƏRFİNƏ NƏZARƏT ÜÇÜN İNFORMASİYA-ÖLÇMƏ SİSTEMİ

2.1. Sistemin strukturu və iş prinsipinin seçilməsi

Neft, qaz, kimya və maşınqayırma, nəqliyyat, metallurgiya, geologiya, inşaat, kənd təsərrüfatı, həmçinin mühəndislik və texnologiyanın yeni perspektivli sahələrində, xüsusən də kosmos, robototexnika və süni yanacaq istehsalında və s. sahələrdə tətbiq olunan mühüm maşın növlərindən biri olan kompressor qurğuları mürəkkəb quruluşa və xarakteristikalara malikdir.

Yeraltı qaz anbarına qazın vurulmasını təmin edən Qaradağ kompressor stansiyasında quraşdırılmış əsas və yardımçı qurğu, avadanlıq və nəzarət-idarəetmə sistemi texnoloji prosesə nəzarət və idarə etmək üçün tətbiq edilən texniki vasitələrin məcmusudur. Həmin sistem modifikasiyadan asılı olaraq funksional imkanları və element bazası (mikroelektron, mikroprosessor, mikrokontroller) ilə fərqlənə bilər.

Kompressor stansiyasında texnoloji prosesin nəzarət-idarəetmə sistemi mərkəzi idarəetmə otağında yerləşən operativ nəzarət və idarəetməsinin iyerarxik sistemi olub, aşağıdakı idarəetmə səviyyələrini təmin etməlidir [7, s.]:

- operativ-istehsalat xidməti səviyyəsi – idarəetmə sisteminin yuxarı səviyyəsi;
- texnoloji obyektlərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin səviyyəsi - aşağı səviyyə.

Operativ-istehsalat xidməti səviyyəsi aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir:

- insan-maşın interfeysinin formalaşdırılması;
- texnoloji obyektlərin vəziyyətinin qeydiyyatı və vizuallaşdırılması;
- real vaxtda idarəetmə;
- proses parametrlərinin tənzimləyici xəbərdarlıq və qəza vəziyyəti sərhədlərindən meyl etməsi barədə siqnalın hasil edilməsi;
- icra mexanizmlərinin və aqreqatların (turbin və kompressorun) məsafədən idarə olunması;

- hadisələrin və texnoloji parametrlərin qiymətində baş verən dəyişmələrin verilənlər bazasına yazılması və arxivləşdirilməsi;

- texnoloji hesabatların, mühasibat və hesabat sənədlərinin formalaşdırılması və çapı.

Operativ və texnoloji heyət bu səviyyədə, ölçmə-nəzarət sisteminin aparat və proqram vasitələrindən istifadə edərək əsas və köməkçi texnoloji proseslərin mövcud vəziyyətinə və iş rejimlərinə, həmçinin texnoloji parametrlərin tənzimlənməsi üçün tapşırıqların təyin olunmasına nəzarət edir.

Sistemin yuxarı səviyyəsi fərdi kompüter əsasında operator-dispetçer stansiyasıdır. Bu stansiyanın əsas funksiyalarına aşağıdakılar daxildir: texnoloji parametrlərin monitorinqi, idarəetmə, mühüm texnoloji parametrlərə görə gündəlik məlumatları yazmaq və saxlamaq, xəbərdarlıq siqnalını hasil etmək, hadisələr jurnalında operator əmrlərini və xəbərdarlıq siqnallarını qeyd etmək, parametrlərin zamana görə dəyişməsini qrafik şəklində göstərmək, texnoloji hesabatların təşkili, həmçinin bir sıra digər xidmət funksiyalarının yerinə yetirilmək.

Ümumi sistemin iş prinsipi aşağıdakı vəzifələri yerinə yetirilməsinə yönəlmişdir:

- qazın sıxılması və nəqli texnoloji prosesinin real vaxt miqyasında avtomatik nəzarət və idarə edilməsi, habelə tələb olunan tapşırıq səviyyəsində tənzimlənərək saxlanılması;

- texnoloji prosesin təhlükəsizliyini yüksək səviyyədə təmin etmək;

- parametrlərin kritik qiymətlər istiqamətində dəyişmə dinamikasının daima təhlili və mümkün qəza halların proqnozlaşdırılması;

- qəzasız işəsalma, dayandırma və bunun üçün zəruri olan bütün kommutasiya əməliyyatlarının aparılması;

- qəza halların inkişafını dayandıran idarəetmə təsirlərinin avtomatlaşdırılmış şəkildə hasil edilməsi;

- idarəetmə sistemi texnoloji avadanlıq və qurğuların vəziyyətinə və iş rejimlərinə fasiləsiz nəzarət və idarəetməni, işçi parametrlər tənzimlənən norma və tapşırıqdan meyl etdikdə xəbərdarlıq və qəza həyəcan siqnallarının hasil edilməsini, icra mexanizmlərinin məsafədən idarə olunmasını, texnoloji avadanlıq və qurğuların qəza

mühafizəsi, texniki-iqtisadi göstəricilərin hesablanmasını, məlumatların arxivləşdirilməsini, texnoloji protokolların, təcili mesajların və fərdi sənədlərin formalaşması və çapının yerinə yetirilməsini təmin etməlidir [90, s.133].

Nəzarət funksiyalarını yerinə yetirən altsistem informasiya-ölçmə sistemi olub, texnoloji prosesin və prosesə təsir göstərən bütün parametrlərin ölçülməsi, tapşırıq qiymətləri ilə müqayisə edilməsi, bütün informasiyanın emal edilərək çeşidlənməsi, zəruri hesabatların tərtib olunaraq yuxarı səviyyəyə ötürülməsini təmin edir.

Avtomatlaşdırılmış idarəetmə-nəzarət sisteminin texnoloji vasitələri proseslərin avtomatik idarə edilməsi və nəzarətini, müəyyən edilmiş iş rejimlərinin təyin edilməsini, avadanlıqların qəza mühafizəsi və daha yüksək səviyyə ilə məlumat mübadiləsini təmin edir. Bu səviyyədə aşağıdakı funksiyalar yerinə yetirilir:

- texnoloji parametrlərin ölçülməsi;
- texnoloji avadanlıqların iş rejimlərinə avtomatik nəzarət;
- icra mexanizmlərinin idarə edilməsi;
- təhlükəsizliyə nəzarət və texnoloji avadanlıqların qəza mühafizəsi.

Sistemə funksional olaraq ayrıca avtomatik qəza mühafizə altsistemi daxildir. Bu altsistem qəza vəziyyətinin (texnoloji parametrlərin qəza hüdudlarından çıxmasının) aşkar edilməsini və texnoloji avadanlıqların avtomatik olaraq təhlükəsiz vəziyyətə (rejimə) keçirilməsini təmin edir. Kompressor mühərrikinin qəza açılması işıq və səs siqnallarının verilməsi ilə müşayiət olunur.

Elektron nəzarət və ölçmə vasitələri üzərində qurulmuş müasir idarəetmə sistemlərinin partlayış təhlükəli mühiti olan obyektlərdə istismarı zamanı qığılcımdan qorunma vasitələrinin tətbiqi vacib şərtdir.

Qəza altsistemi funksional olaraq kompressorun işə salınması, işləməsi və dayandırılmasının hər hansı mərhələsində gözləmə vəziyyətindədir, bunun nəticəsində sistemin vəziyyətindən asılı olmayaraq sistemin təhlükəsiz rejimə keçidi böhran hüdudları aşkar olunduğu şəraitdə baş verir. Texnoloji prosesdə təzyiqin yüksək olması səbəbindən sistemin etibarlılığına çox diqqət yetirilir. Altsistemin etibarlılığı aşağıdakı vasitələrlə təmin olunur:

- ehtiyat aparat vasitələrinin nəzərdə tutulması (rezerblənməsi) ilə;

- funksional izafiliklə;
- diaqnostika və özünü diaqnostika sistemlərinin olması ilə;
- sistemin keçid təhlükəsizlik hədlərinin olması ilə.

Qaradağ kompressor stansiyasının elektrik təchizatı 10 kV-luq transformator yarımstansiyası ilə təmin edilir. Avadanlığın fasiləsiz işini təmin etmək üçün elektrik təchizatı fasiləsiz qida mənbəyi (FQM – ingiliscə UPS) vasitəsilə verilir. Elektrik enerjisi kəsildikdə FQM texnoloji obyektin dayanıqlı vəziyyətə gətirilməsi üçün lazım olan müddətdə fəaliyyətini və sistemin enerji verilənədək işləməsini təmin edir. Stansiyanın elektrik təchizatı sistemində UPS sistemi (Siemens), mühərriklərin idarə olunma şkaflarını, həm də mühərriklərin idarə olunma şkaflarını, yardımçı avadanlıqları qidalandırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Sistemin öz vəziyyəti və ayrı-ayrı elementlərin vericilərin, ikinci cihazların, qida mənbələrinin və s.-nin işinə daima nəzarət olunur və zəruri hallarda operatorun ekranında müvafiq məlumatlar əks etdirilir. Sistemin özünü diaqnostika alqoritmi, nəzarət alqoritmi vericilərin sorğu tezliyi funksional normalara, zaman xarakteristikalarına və təhlükəsizlik mülahizələrinə uyğun olaraq işləyir. Hər hansı verici imtina edərsə, müvafiq vericinin nasaz olması barədə məlumatlar operatorun displeyində cədvəl şəklində göstərilir və xəbərdarlıq siqnalları (işıq və səs) qoşulur.

İdarəetmə sistemi qaz turbinin sürətini dəyişdirməklə kompressorun məhsuldarlığını tənzimləməyə imkan verən kontrollerli altsistemdən ibarətdir. Giriş və çıxış siqnallarının mənsubiyyət funksiyaları, qərar qəbuletmə qaydaları, sistemin texnoloji prosesə nəzarət edən kontrollerində tətbiq olunan proqram əsasında hasil edilir.

Giriş və çıxış təzyiqlərinin qiyməti təzyiq vericisi ilə müəyyən edilir, onun çıxış siqnalı on iki mərtəbəli analoq-rəqəm çeviricisində rəqəmsal siqnala çevrildikdən sonra idarəetmə sisteminə tam ədədlər şəklində daxil olur. Kompressorun çıxışında təzyiqi idarə etmək üçün, kontrollerli idarəetmə sisteminin rəqəm-analoq çeviricisinin çıxışından verilən təzyiq tapşırıq siqnalı istifadə olunur. Kompressorun valının fırlanma tezliyinin dəyişməsi idarəedici siqnalın hasil edilməsi ilə təmin edilir.

Kompressor stansiyasının idarəetmə-nəzarət sisteminin tətbiqi aşağıdakı problemləri həll edir:

- kompressor qurğusuna nəzatər və idarəetmə prosesində insanın iştirakını minimuma endirərək, insanın yalnız xüsusi hallarda müdaxilə etməsini üçün şərait yaradır;

- xidmət tezliyini və mürəkkəbliyini azaldır, xidmətlərarası müddəti artırır;

- sistemin etibarlılığını və səmərəliliyini yüksəldir.

- texnoloji xidmətlə əlaqədar dayanmalar azalır, çünki heyət praktik olaraq cəlb edilmir, çünki mexanizmlərin saxlanması təyin olunmuş vaxtda aparılır və ildə 400 saatdan çox iş vaxtı tələb olunmur.

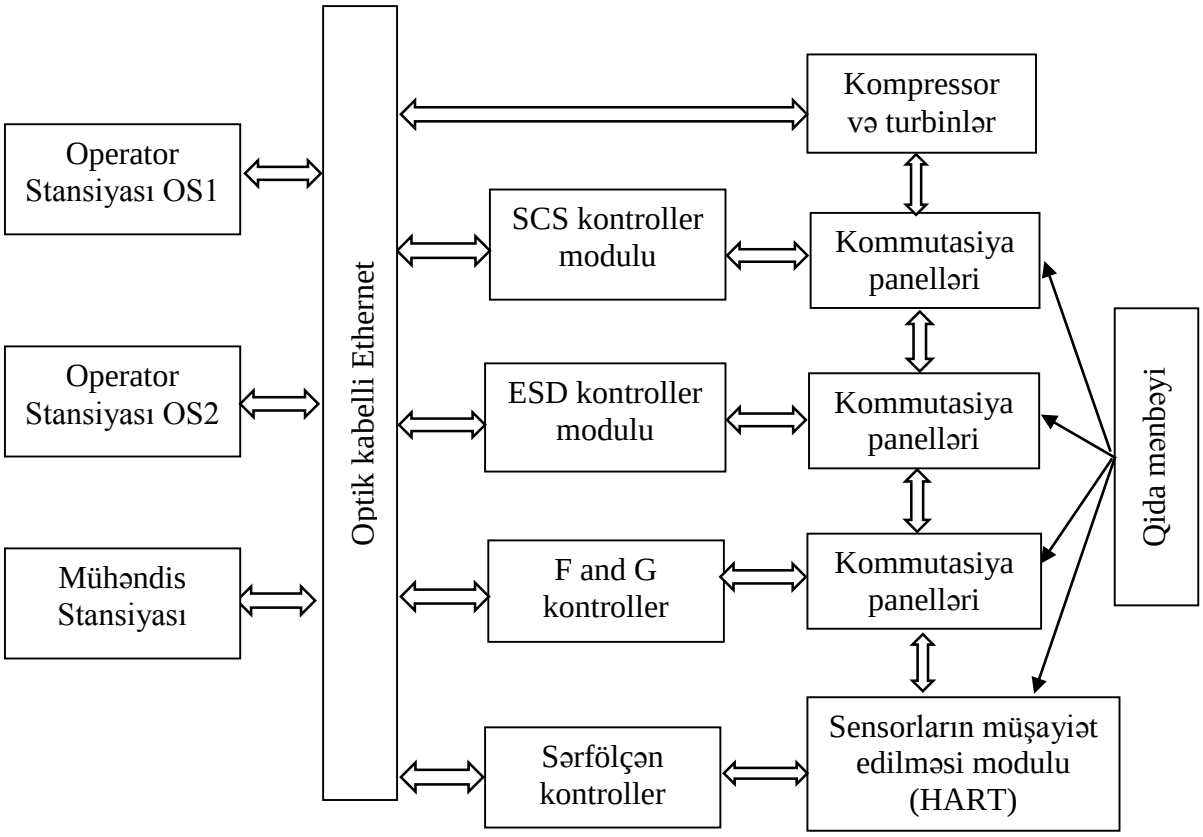
KQ-nin işinə bütün nəzarət stansiyanın mərkəzi idarəetmə panelindən və ya bilavasitə KS-də yerləşən idarəetmə panelindən yerinə yetirilir və qəza vəziyyət vəziyyətində operator vaxtında məlumatlandırılır ki, bu da idarəetmə sistemi tərəfindən diaqnoz qəza vəziyyətindən əvvəl müəyyən olunduğundan problemi tez həll etməyə imkan verir [85, s.5], [87, s.15].

Qaradağ kompressor stansiyasının avtomatlaşdırılmış idarəetmə-nəzarət sisteminin sadələşdirilmiş struktur sxemi şəkil 2.1.1-də göstərilmişdir.

Kompressor qurğusunun idarəetmə-nəzarət sistemi işə buraxılmazdan əvvəl bütün ilkin parametrlərin normal olduğu qəbul edilir, prosesin parametrləri daxil edildikdən sonra işə salınır və dayandırılanadək qədər avtomatik rejimdə işləyir. Bu zaman sistem qəza hallarının qarşısının alınmasını avtomatik olaraq təmin edir. Zəruri hallarda, operator istismar zamanı sistemin parametrlərini dəyişdirə bilir.

Sistem aşağıdakı kimi işləyir. Qazın vurulması prosesinin bütün xarici parametrlərinin normal olduğu qəbul edilir, sonra turbin işə düşür. Sistem istismar zamanı hər hansı bir parametrin normal qiymətindən fərqli olduğunu aşkar edilərsə, siqnal verilir və müvafiq qurğu bloklanır. Əməliyyat üzrə əsas bloklama şərti vurulan qazın təzyiqi, temperaturu və sərfidir.

Sistemin işinin əsas qaydaları əməliyyat və tənzimləmə prinsiplərinə əsasən tərtib edilir.



Şəkil 2.1.1 Kompressor stansiyasının idarəetmə-nəzarət sisteminin struktur sxemi

Əgər şərtlərin bütün mümkün vəziyyətləri təhlil edilməlidirsə, onda şərtlərin yekun cədvəli tərtib olunur, burada sütunlar bir parametrin şərtlərinə, sətirlər başqa bir parametrin şərtlərinə uyğundur, onların kəsişməsində isə bu şərtlərə uyğun çıxarışlar yazılır.

Sistemin bütün cihazları ilə funksional şəkildə əlaqəli və onları idarə edən sistemin idarəedici qurğusu yuxarıda göstərilən sistem tələblərinə cavab verən kontrollerdir.

Sistemi təşkil edən qurğu və vasitələri yerinə yetirdiyi funksiyalardan asılı olaraq aşağıdakı siniflərə ayırmaq məqsədəuyğundur:

- kontroller sinfi - vericilərə sorğu və idarəetmə qurğularına idarəedici siqnallar göndərir;
- icra mexanizmləri sinfi - açma-bağlama, tənzimləmə;
- verici və sensorlar sinfi - ölçmə və siqnalizasiya;
- kompressor-turbin sinfi – kompressor və turbinlə əlaqədar olub, onun işini təmin edən qurğuların ümumi sinfi.

Sistemə daxil olan qurğu və vasitələrin bu və ya digər siniflərə mənsubiyyəti müəyyən edildikdən sonra onların vəziyyəti və parametrlərini müəyyən etmək üçün hər bir sinfə uyğun müfəssəl məlumat və uyğun hesabat tərtib olunur.

Kontroller icra mexanizmləri sinfinin bütün obyektlərinə idarəedici, verici və sensorlara isə müvafiq sorğu siqnalları göndərir. Kompressor-turbin sinfinin qurğularına kontroller idarəedici siqnallar göndərir. Vericilərin sorğusu kontroller tərəfindən zamanları və ardıcıllığı proqramla nəzərdə tutulmuş hesablanmış zaman anlarında və müxtəlif sensorlardan alınan siqnallar əsasında yaranan kəsilmələrlə təyin olunan təsadüfi zaman anlarında yerinə yetirilir.

Prosesin gedişində vericilərdən daxil olan siqnallar fasiləsiz olaraq emal olunur ki, bu da sistemin aktiv vəziyyətdə olduğunu göstərir. Məlumatların və xarici hesabatların təkrarlanması prosesin təhlilini asanlaşdırır.

Yanğın və qaz sızmasına əleyhinə siqnalizasiya sistemi (F&G) kompressor stansiyasında quraşdırılmış qaz, tüstü, istilik detektorları vasitəsi ilə qaz sızmasını və

yanğını aşkar edir və təhlükəli vəziyyət barədə xəbərdaredici siqnalizasiya sistemini işə salır.

Aqreqatları idarəetmə altsistemi (UCS) qaz turbinini və kompressoru kompleks blok şəklində idarə edir. Bu altsistemə qaz turbininə aid olan yanğın və qaz sızmasına əleyhinə mühafizə altsistemi də daxildir. Qapalı televiziya mühafizə sistemi (CCTV) kompressor stansiyasının ərazisinin televiziya vasitələri ilə müşahidə yolu ilə mühafizənin təşkil olunması üçündür. Bloklar və modullar arasında elektrik əlaqələri kommutasiya panelləri, informasiya mübadiləsi isə əsasən sürətli optik kabel vasitəsilə təmin olunur.

Qaradağ kompressor stansiyasında istismar olunan avtomatik idarəetmə sistemi və SİEMENS "Simatic PCS-7" proqram təminatı uzun müddət istismar olunduğundan onun yenilənməsi, proqram və aparat, eləcə də informasiya vasitələrinin daha müasir, yeni standartlara cavab verməsi, qaz ixracında qoyulmuş yeni məsələlərin həllinə yönəldilmiş proqram təminatı və aparat vasitələrinin tətbiq edilməsi məqsədəuyğun hesab edilmişdir. Qaradağ kompressor stansiyasında stansiyanın mövcud ölçmə qovşağında qazın sərfini ölçmək üçün təklif olunmuş alqoritmə görə seçilmiş ROC markalı cihaz quraşdırılmışdır.

Mövcud sistemin işinin, kompressor qurğuları və kompressor stansiyalarında nəzarət və idarəetmə funksiyalarının avtomatlaşdırılması üçün informasiya-ölçmə idarəetmə sisteminin qurulma prinsiplərinin təhlili aşağıdakıları deməyə əsas verir:

1. Özünü diaqnostika və nəzarət funksiyalarının olması nasazlığın səbəbini tez bir zamanda müəyyənləşdirmək və sistemin modulla qurulma prinsipi isə həmin nasaz komponentlərin tez bir zamanda yenisi ilə əvəz etmək, yaranan problemlərin erkən xəbərdarlıq altsistemi isə onların vaxtında aradan qaldırmaq və qəza səbəbindən KQ-yə xidmət işlərini asanlaşdırmaq üçün imkan yaradır.

2. Qazın təzyiqinin yüksəldilməsi, anbara, eləcə də nəql xəttinə vurulması prosesinin daha yaxşı idarə olunması üçün dinamik riyazi modelləşdirmədən istifadə edilə, ətraf mühitin vəziyyətinin analiz formaları tətbiq oluna bilər.

3. Sistemi təşkil edən qurğu və vasitələri yerinə yetirdiyi funksiyalardan asılı olaraq aşağıdakı siniflərə ayırmaq, sistemə daxil olan qurğu və vasitələrin bu və ya

digər siniflərə mənsubiyyəti müəyyən edildikdən sonra onların vəziyyəti və parametrlərini müəyyən etmək üçün hər bir sinfə uyğun müfəssəl məlumat hazırlamaq və uyğun hesabat tərtib etmək məqsədəuyğundur.

Yeraltı qaz anbarına qazın vurulmasını təmin edən kompressor stansiyası üçün belə bir altsistemin strukturu, aparat və proqram vasitələrinin quruluşu, sistemdə özünü diaqnostika, surətlərin tanınması və müasir kontrollerli ölçmə qurğularının tətbiqi ilə təkmilləşdirmə istiqamətlərini dəqiqləşdirməyə imkan verir.

2.2. Qaz turbininin çıxışında temperatura, turbinin sürətinə və aksial yükünə qeyri-səlis nəzarət

Kompressor stansiyasında qaz turbininə nəzarət və idarəetmə kifayət qədər mürəkkəb məsələlər olduğu üçün onların həllində mütəxəssis ekspertlərin təcrübəsindən istifadə edilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Bu prosesi təkmilləşdirmək, qərar qəbuletmənin avtomatlaşdırma səviyyəsini yüksəltmək üçün praktika, məcmu iş təcrübəsi və sistemli biliklər əsasında qaz turbininin parametrlərinə nəzarətin təmin edilməsi üçün ekspert sistemindən istifadə etmək məqsədəuyğundur.

Qaz turbininə nəzarətin mürəkkəbliyi dəqiq riyazi modelin əldə edilməsinin çətinliyi, eləcə də idarə və nəzarət olunan bəzi parametrlərin təsadüfi xarakterli olması ilə əlaqədardır. Qaz turbininin istismarı zamanı, turbinə tətbiq edilən müxtəlif yüklərin qarşılanmasına nail olmaq üçün ölçmə-nəzarət funksiyalarını yerinə yetirən sistemin zəruri çevikliyini təmin edilməlidir [16, s.5], [20, s. 139], [27, s.506].

Qaz yalnız havanın və yanacağın müəyyən nisbətində alışıb yana bilər. Onu temperaturu daxil olan havanın faizlə miqdarından (həcmindən) asılıdır. Digər tərəfdən, qaz turbininin sürətini ölçmək mümkün deyilsə, udulmuş havanın miqdarı idarəetmədə istifadə ola biləcək kifayət qədər dəqiqliklə ölçülə bilməzsə, onda həmin məlumat çıxış temperaturunun tənzimlənməsi üçün tətbiq edilə bilər [36, s.], [42, s.3968], [45, s.22].

Qeyd edilən məsələləri həll etmək üçün qeyri-səlis məntiqin tətbiqinə əsaslanan süni intellekt üsullardan istifadə etməklə intellektual kontrollerin realizə edilməsi

məsələsini nəzərdən keçirək. Qaz turbininin işini təkmilləşdirmək məqsədilə onun təsvir etmək üçün termodinamiki dəyişənlər əsasında riyazi modeldən istifadə etmək məqsədəuyğundur.

Qaz turbininə daxil olan havanın müxtəlif mövsümə uyğun olaraq xeyli dərəcədə dəyişən temperaturu, yəni temperatur dəyişikliyinə həssaslıq qaz turbininin işinə mənfi təsir göstərir [16, s.30], [33, s.130], [35, s.416], [44, s.2005], [58, s.221]. Qaz turbini düzgün işləməsini təmin etmək, turbin hissələrinin həddindən artıq termiki və mexaniki gərginliklərdən qorumaq üçün sürətin və çıxış temperaturunun artımı məhdudlaşdırılmalıdır.

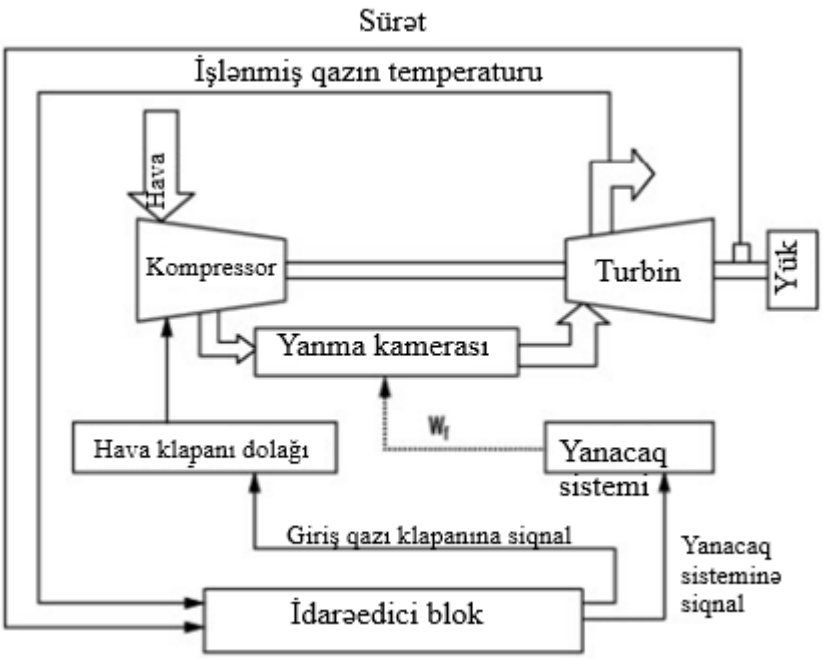
Sürətlənmə (təcil) və temperatur artımları qapalı temperatur və sürətə idarəetmə altsistemləri vasitəsilə müstəqil olaraq idarə olunur. Bu rejim parametrləri idarəretmə sxemi ilə məhdudlaşdırılır, yanacağı idarəetmə siqnalları idarəetmə proqramı ilə hasil edilir. Bundan əlavə, proqram maksimum və minimum yanacaq sərfi tapşırığını (YST) sazlamağa və onun əl ilə idarə edilməsinə imkan verir. Şəkil 2.2.1-də qaz turbininin və onun idarəetmə altsisteminin sadələşdirilmiş sxemi göstərilmişdir. Giriş və çıxış siqnallarına uyğun olaraq fırlanma sürəti (N) və daxil olan havanın temperaturu (T_0), çıxış temperaturu (T_X) və mexaniki güc daxildir. Qaz turbininin sürəti qəbul edilən hava və qazın həcmindən asılıdır.

Qeyri-səlis məntiq, aşağıdakı məqsədlərə nail olmaq üçün nəzarət və idarəetmə qanunlarının hazırlanması üçün əlverişli vasitədir:

-fırlanma sürətindən asılı olaraq yanacağın sərfinin (tapşırıq siqnalının - yanacaq sərfi tapşırığının - YST) təyin edilməsi;

-çıxış temperaturunun ətraf mühitin temperaturu diapazonundan meyletmələrinin idarə olunmasına nail olunması.

Həddən artıq qızma özünü işlənmiş qazların (çıxış) temperaturunun artmasında büruzə verir ($T_{çıxış}$). Müəyyən məhdud diapazon xaricində qızma, qaz turbininin qızmış hissəsi, xüsusən qazın turbininin daxili yanma kamerası, çıxış borusu və turbinin hərəkətli pərləri üçün də dağılma riski mövcuddur [37, s. 65].



Şəkil 2.2.1 Qaz turbinini idarəetmə altsistemi

Həddən artıq qızma işəsalma mərhələsində daha tez-tez baş verir - məsələn, tez sürətlənmə həddindən artıq qızmaya səbəb ola bilər, kompressorun səmərəliliyi aşağı və qaz turbini nasaz olduğu hallarda isə qalıq qızmasının baş verməsi mümkündür. Bu səbəbdən $T_{çıxış}$-ın ölçülməsi və qeyd edilməsi siqnalizasiya və ya işə buraxmanı dayandırmaq kimi göstərilir və təsnif olunur. Bütün hallarda, işəsalma zamanı qızma müəyyən hüdudları aşarsa, onun səbəbi aşkar edilməlidir. İşəsalma dayandırılmalı və yanma kamerasında yığılmış yanacaq təmizlənməlidir [37, s. 66], [38, s. 56], [59, s.3]. Qaz turbini üçün əsas parametrlər şəkil 2.2.2-də göstərilmişdir. Qaz turbininə nəzarət üç dövrə vasitəsilə realizə olunur:

-kompressorun girişində havanın temperaturuna ($T_{ətr}$)nəzarət;

-türbin yanma kamerasının temperaturuna (T_{yk}) nəzarət;

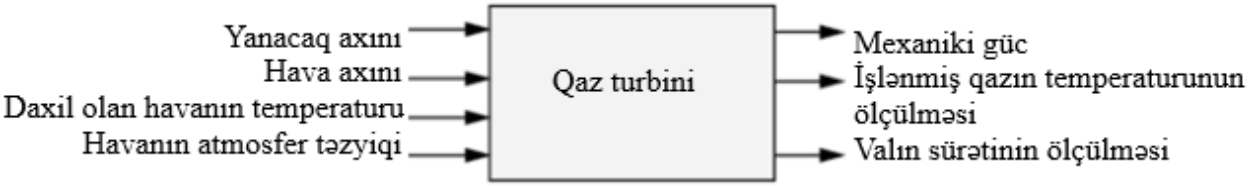
-turbin valının fırlanma sürətinə (N) nəzarət.

Temperatura və sürətə nəzarət, rejimdən meyletmələr olduğu hallarda, qaz turbininin maksimum gücü rejim məhdudiyyətlərini aşdığı halda aktivləşdirilir, gücün özü isə valın sürətindən və ətraf mühitin temperaturundan asılıdır. Qaz turbini modelinin sadələşdirilmiş təsviri şəkil 2.2.3-də göstərilmişdir.

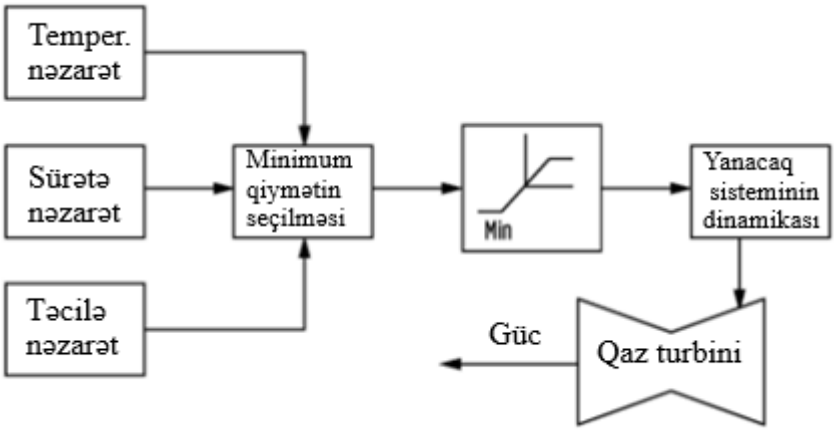
Qaz turbininin temperaturunun idarə edilməsi yanacaq sərfini azaltmaq, çıxış qazının temperaturunu məhdudlaşdırmaq, eləcə də hava sərfini azaltmaqla valın sürətini azaltmaqla yerinə yetirilir. Verilmiş qaz turbini üçün hüdud temperaturu 513°C təşkil edir. Keçid prosesində maksimum temperatur hüdud temperaturunun 80%-dən çox olmamalıdır.

Şəkil 2.2.4-də qaz turbinində temperaturların dəyişməsi göstərilmişdir. Havanın sıxılması səbəbindən temperatur təxminən 115°C-yə və aşağı təzyiqli pərin çıxış temperaturu təxminən 450°C-yə çatır.

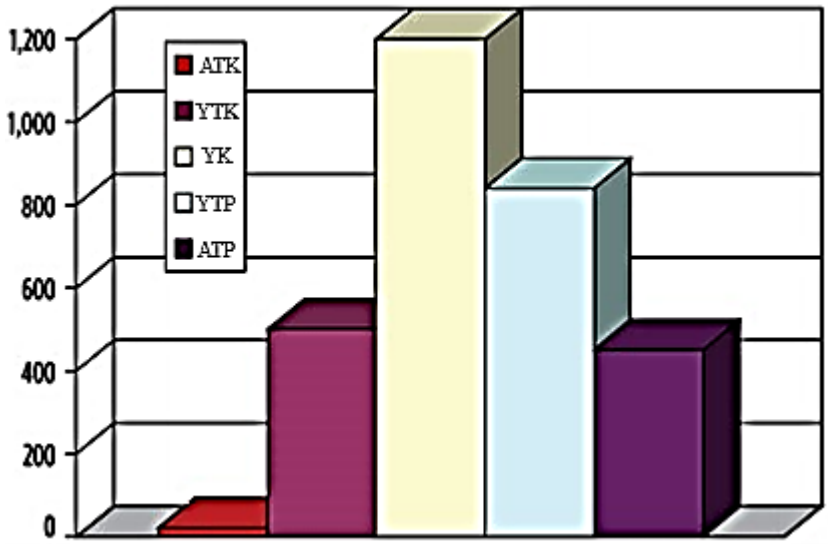
Aşağı təzyiqli kompressor (ATK), yüksək təzyiqli kompressor (YTK), yanma kamerası (YK) və yüksək təzyiqli pərin (YTP) temperaturları müvafiq olaraq 115°C, 500°C, 1200°C və 840°C-yə çatır.



Şək.2.2.2 Qaz turbininin nəzarət olunan parametrləri



Şəkil 2.2.3 Qaz turbininə nəzarət modeli



Şəkil 2.2.4. Turbinin müxtəlif hissələrində temperaturun dəyişməsi

Qaz turbininin termodinamik tsikli Brayton temperatur tisklinə əsaslanan və şəkil 2.2.5-də göstərilən xüsusi entropiya (T–s) diaqramı ilə təqdim olunmuşdur. Qaz turbininin nəzəri tsikli aşağıdakıları ehtiva edir: Giriş temperaturu - T_1, kompressorun giriş kəmiyyəti $T_1=T_{ətr}$ ilə müəyyən olunur; T_2 temperaturu izotropik sıxılmanın sonunu göstərir. Yanma kamerasında qazın temperaturu T_2-dən T_3-ə qədər artır və T_3 temperaturunun qiyməti yanma kamerasının tarazlıq şərtindən müəyyən edilir. Son addımda qazlar turbində adiabatik olaraq genişlənir (T_3-dən T_4-ə keçid).

Bu çevrilmələr (2.2.1)-(2.2.4) tənlikləri ilə təsvir edilir:

$$\Delta W + \Delta Q = \Delta H \qquad (2.2.1)$$

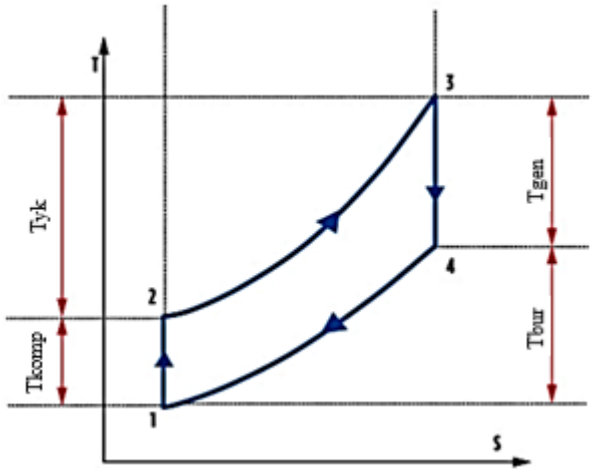
$$W_{yanma} = M \times CP \times (T2-T1) \qquad (2.2.2)$$

$$Q_{yanma} = M \times CP \times (T3-T2) \qquad (2.2.3)$$

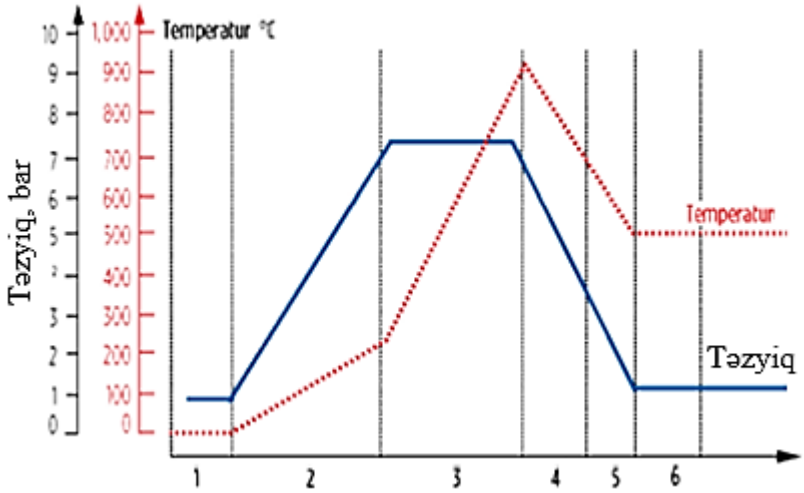
$$W_{Genişlənmə} = M \times CP \times (T3-T4) \qquad (2.2.4)$$

Şəkil 2.2.6-da qaz turbininin müxtəlif hissələrində temperaturun havanın sıxılmasından (təxminən 115°C) aşağı təzyiqli çıxış pərinin temperaturuna (təxminən 450°C) qədər dəyişməsi göstərilmişdir.

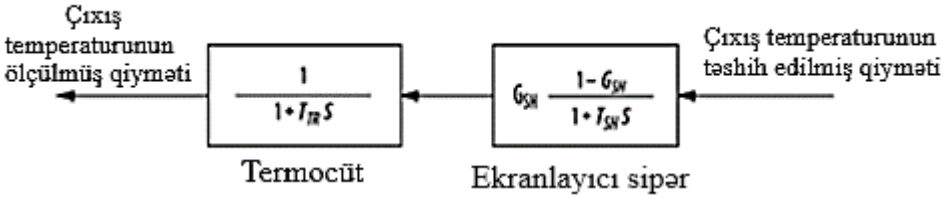
Qaz turbininin dəyişənlərinə nəzarət. $T_{çıxış}$-ın idarə olunması turbin pərinin ikinci cərgəsində paylanmış 12 termocütdən (TC) siqnalları qəbul edən kompüterlə yerinə yetirilir. Çıxış temperaturunu ölçmə bloku şəkil 2.2.7-də göstərilmişdir. Kompüter müxtəlif qiymətləri müqayisə edir, sonra orta temperaturu hesablayır və PMK-yə göndərir. Turbinin giriş temperaturu çox yüksək olduqda, turbin pərləri deformasiyaya uğrayır. T_4-ü məhdudlaşdırmaq üçün, temperatura nəzarət və idarəetmə yerinə yetirilir. Güc turbininin çıxış temperaturu tez-tez idarəetmə dəyişəni kimi istifadə olunur, çünki T_4-ü dəqiq ölçmək olduqca çətindir. Temperaturun idarə olunması proporsional-inteqral (PI) kontrollerdən istifadə etməklə realizə olunur.



Şəkil 2.2.5. Brayton tsiklinin temperaturdan asılılığı



Şəkil 2.2.6 Qaz turbininin müxtəlif hissələrində temperaturun dəyişməsi



Şəkil 2.2.7. Çıxış temperaturunu ölçmə bloku

Həmin kontroller üçün ötürmə funksiyası (2.2.5) tənliyi ilə göstərilir:

$$G(s)=k_2 \times \left(1+\frac{1}{T_2 s}\right) \quad (2.5.5)$$

Termocütlərin xarakteristikalarını təsvir edən ötürmə funksiyası (2.2.6) tənliyində göstərildiyi kimi ifadə edilə bilər:

$$G(s)=\frac{1}{2{,}5s+1} \quad (2.2.6)$$

Çıxış temperaturu (2.2.7) tənliyi ilə təsvir edilir. O, istinad (tapşırıq) temperaturundan, yanacaq sərfindən və başlanğıc sürətdən asılıdır.

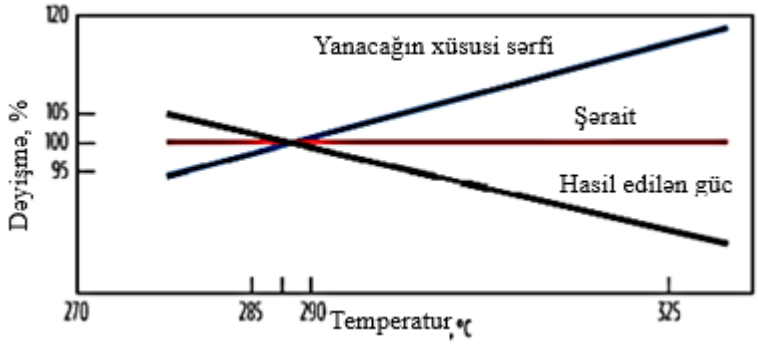
$$f_t=T_{exhaust}=T_k-700\times(1-W_f)+500\times(1-N) \quad (2.2.7)$$

Temperatura nəzarəti ötürmə funksiyası (2.2.8) tənliyi ilə təqdim olunan idarəetmə bloku əsasında realizə etmək mümkündür:

$$G_1(s) = \frac{T_{exh}(S)}{T_{Awp}(S)} = \frac{0{,}7975S^2+0{,}8849S-1{,}42}{S^2+3{,}266S+0{,}9384} \quad (2.2.8)$$

Kompressorun girişində temperatur artdıqca, xüsusi sıxılma işi artır, eyni zamanda xüsusi çəki azaldığından hava kütləsinin sərfi azalır. Buna görə, turbinin səmərəliliyi və faydalı işi (və dolayısı ilə gücü) azalır. Temperatur azalırsa, əks hadisə baş verir. Şəkil 2.2.8-da gücə, xüsusi yanacaq sərfinə və işlənmiş qaz axınına ətraf mühitin temperaturunun təsirinə dair nümunə göstərilmişdir [27,s.506].

İstinad temperaturunun dəyişməsi *Tυ* mühitin $T_{ətr}$ temperaturunun tərəddüdlərindən asılıdır. Valın sürətinin idarə edilməsi üçün, sürətin tənzimlənməsi altsistemində diferensial tənzimləmə rejimi tətbiq olunur. Proporsional inteqral-diferensial (PID) kontrollerdə proporsional idarəetmə qanunundan istifadə olunur.



Şəkil 2.2.8. Ətraf mühitin temperaturunun qaz turbininin məhsuldarlığına təsiri

Kontrolleri ətalətli idarəetmə halqasının proporsional idarəetmə hissəsi hesab etmək məqsədəuyğundur. Bu zaman ötürmə funksiyası (2.2.9) tənliyi kimi göstərilir.

$$G_2(s)=\frac{T_{Exh}(S)}{N(S)}=\frac{21{,}98S^2+207{,}6S+327{,}2}{S^2+3{,}266S+0{,}9384} \quad (2.2.9)$$

Qaz turbininin moment xarakteristikaları yanacaq sərfinin funksiyası, turbinin sürəti isə (2.2.10) tənliyində göstərildiyi kimi əsasən xəttidir:

$$f_2=1{,}3\times(W_f-0{,}23)+0{,}5\times(1-N) \quad (2.2.10)$$

Sürətləndirməni idarə etmək üçün qaz turbininin sürəti tez artdıqda asanlıqla sabitləşdirilə bilməlidir. Lakin sürətin həddən çox artmaması üçün sürətləndirməyə nəzarət tətbiq olunur. Altsistemin temperatur və sürətləndirilməni idarə etməsi PI tənzimləyicisindən istifadə etməklə yerinə yetirilir. Ötürmə funksiyası (2.2.11) və (2.2.12) tənliklərində göstərilmişdir:

$$G_3(s)=\frac{T_{Exh}(S)}{F(S)}=\frac{79{,}19S^2+344{,}5S+372{,}3}{S^2+3{,}266S+0{,}9384} \quad (2.2.11)$$

$$G_4(s)=\frac{T_{Exh}(S)}{IGV(S)}=\frac{-119S^2+312{,}2S-148{,}6}{S^2+3{,}266S+0{,}9384} \quad (2.2.12)$$

Yanacaq sərfi üç idarəetmə altsistemi üçün çıxışdır. Minimum seçim edildikdən sonra son nəticə qaz turbininin parametrlərini idarə etmək üçün istifadə olunur. Normal şəraitdə, val sürətini idarəetmə altsistemi həlledici təsirə malikdir. Temperatur tənzimləyicisi və sürətləndirməyə nəzarət, xüsusi hal istisna olmaqla, ümumiyyətlə təsirsizdir ki, bu da determinik nəzarət və idarəetmədən əlavə qeyri-səlis məntiqdən istifadə olunmasını labüd edir [40, s.152].

Bütün bunları nəzərə alaraq qaz turbini üçün qeyri-səlis məntiqə (Cədvəl 2.2.1) əsaslanan intellektual kontrollerin realizə olunması təklif edilir.

Burada: NM – neqativ orta qiymət; NS – Neqativ kiçik; PS – positiv kiçik; PM – pozitiv orta qiymət; PB – pozitiv böyük qiymətlərdir.

Seçilmiş kontroller üçün qeyri-səlis mənsubiyyət funksiyasının quruluşu şəkil 2.2.9-da göstərilmişdir. Təklif olunan yanaşmaya nail olmaq, tədqiq olunan sistemin optimal iş rejimini təmin etmək üçün qaz turbininin işini təsvir edə bilən simulyasiya modeli tələb olunur. Qaz turbin sistemi iki növ dəyişənlərə malikdir - giriş dəyişənləri və çıxış dəyişənləri: giriş dəyişənləri: ətraf mühitin havasının temperaturu ($T_{ətr}$), yanma

kamerasının temperaturu (T_{CC}) və qaz turbininin valın fırlanma sürəti (N). Çıxış dəyişəni: yanacaq sərfi siqnallarıdır.

Təklif olunan yanaşmanın təsiri və imkanlarını qiymətləndirmək üçün kompüter eksperimentləri aparılmışdır. Şəkil 2.2.10-2.2.12-də temperaturun üç fazalı funksiyası göstərilmişdir. Bu modelləşdirmə nəticələriundə DSC qaz turbininin yanma sisteminə müxtəlif istismar mərhələlərində (işəsalma, izafi qızma, sürətlənmə və qaz turbinin normal iş rejimində) və iqlimin təsiri şəraitində tətbiq üçün uyğunlaşdırılmışdır. DSC-də yanma kamerasının temperaturundan və daxil olan havanın temperaturundan, həmçinin qaz turbini valının fırlanma sürətindən dəyişmələr müvafiq olaraq şək.2.2.13 və 2.2.14-də təqdim edilmişdir.

Şəkil 2.2.15-də işlənmiş qazın sürətinin və yanacaq sərfinin giriş qaz klapanına (GQK) görə temperatur xarakteristikası göstərilmişdir. Temperatur keçid prosesindən sonra qərarlaşmış vəziyyətdə sabit qiymətə alır. Keçid prosesi zamanı artan temperaturun qiyməti qoruma həddini keçmir; bu səbəbdən işəsalma mərhələsində qaz turbini işçi rejimdən çıxmır. İdarəetmə sisteminini tətbiqindən belə qənaətə gəlmək olar:

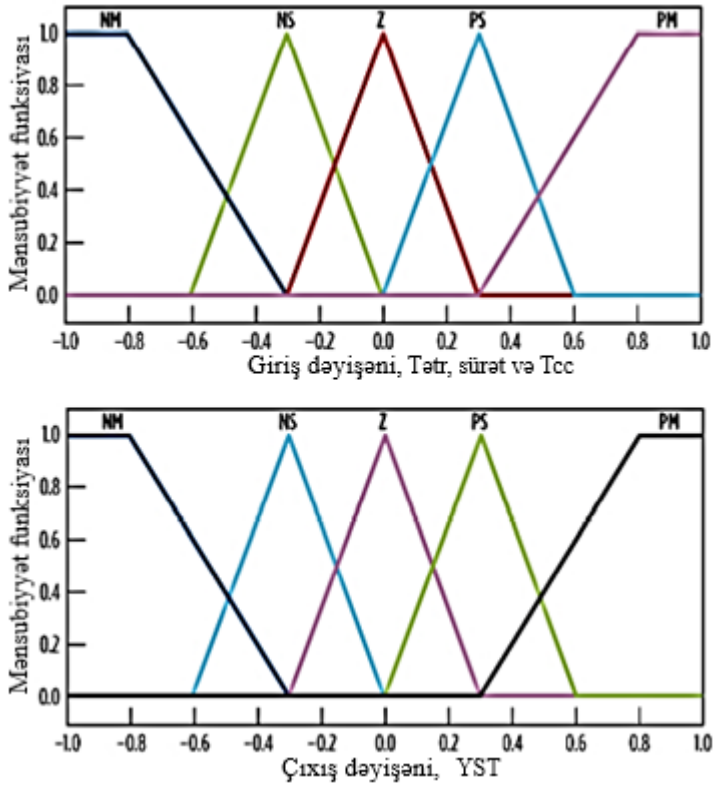
İlkin işəsalma mərhələsində qaz turbini alışma sürətinə çatana və tam təmizlənənə qədər YST sıfırda saxlanılır. Qızdırılma müddətindən sonra yanacaq qaz turbininə YST sabit sürətlənmə həddinə çatana qədər əvvəlcədən təyin edilmiş nisbətdə verilir. Qaz turbini nominal sürətə çatmaq üçün sürətləndikcə daha çox yanacaq təmin etmək üçün hava sərfi artır.

Qarşılıqlı qeyri-səlis məntiq qaydaları

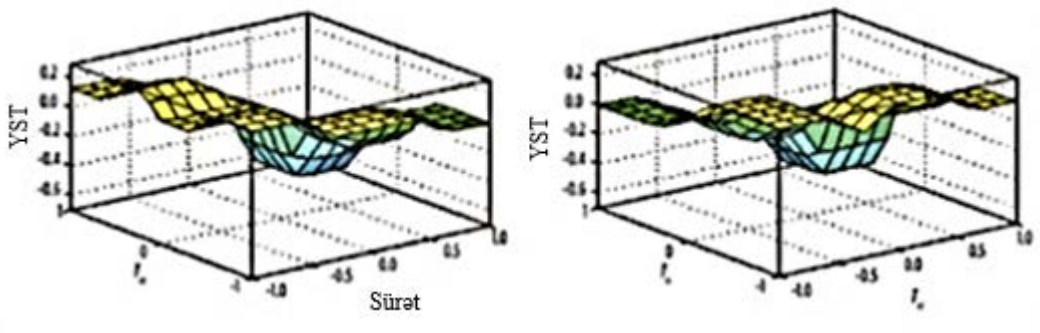
Cədvəl 2.2.1

T_{CC}	$T_{Ətr}$					
	NM	NS	Z	PS	PM	
Sürət, N	NM	PB	PB	PM	PM	PS
	NS	PM	PM	PS	PS	Z
	Z	PM	PM	PS	Z	Z
	PS	PM	PS	PS	Z	Z
	PM	PS	PS	Z	Z	Z

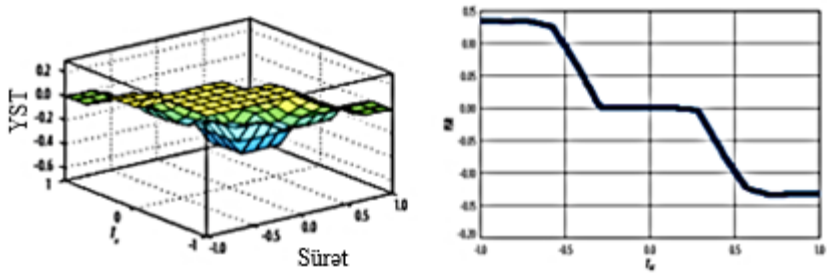
Burada, NM- neqativ orta qiymət; NS- neqativ kiçik; PS- pozitiv kiçik; PM- pozitiv orta qiymət; PB- pozitiv böyük qiymətlərdir



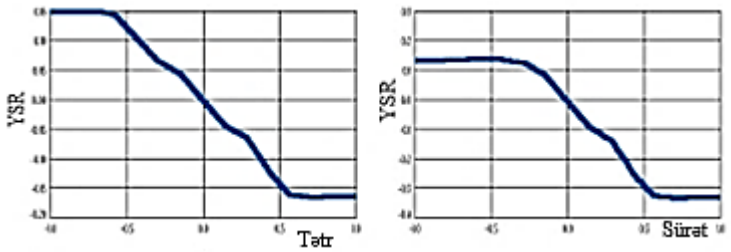
Şəkil 2.2.9 Müxtəlif linqvistik dəyişənlərin mənsubiyyət funksiyaları



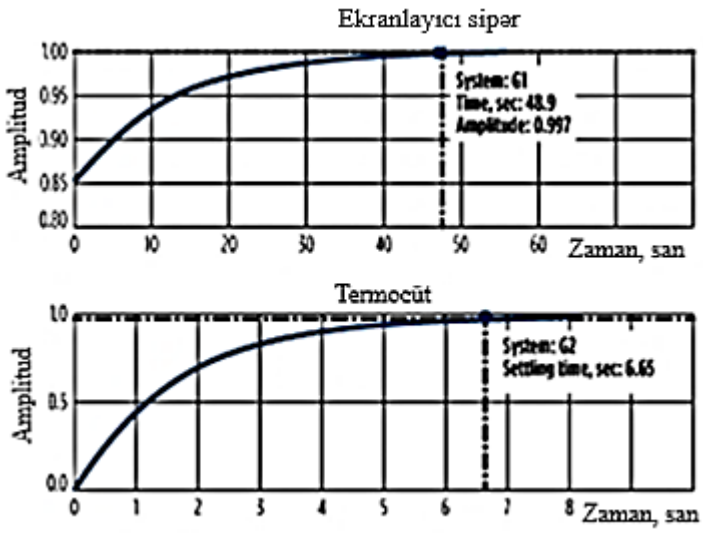
Şək.2.2.10 YST funksiyasının T_{CC} və sürətə uyğun dəyişməsi, YST funksiyasının T_{CC} və $T_{ətr}$-dan asılı olaraq dəyişməsi.



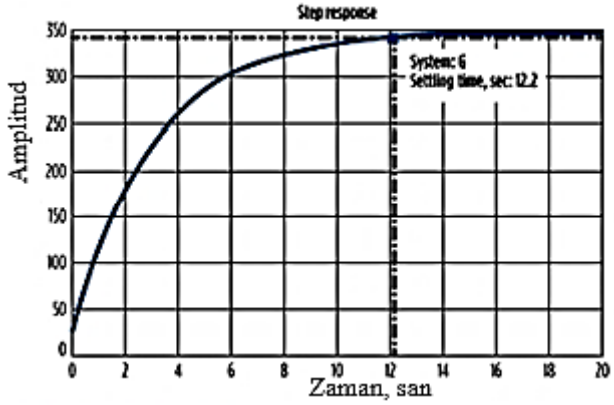
Şəkil 2.2.11 YST-nin ətraf mühitin temperaturu və fırlanma sürətindən asılı olaraq dəyişməsi, YST funksiyasının yanma kamerasının temperaturundan asılı olaraq dəyişməsi.



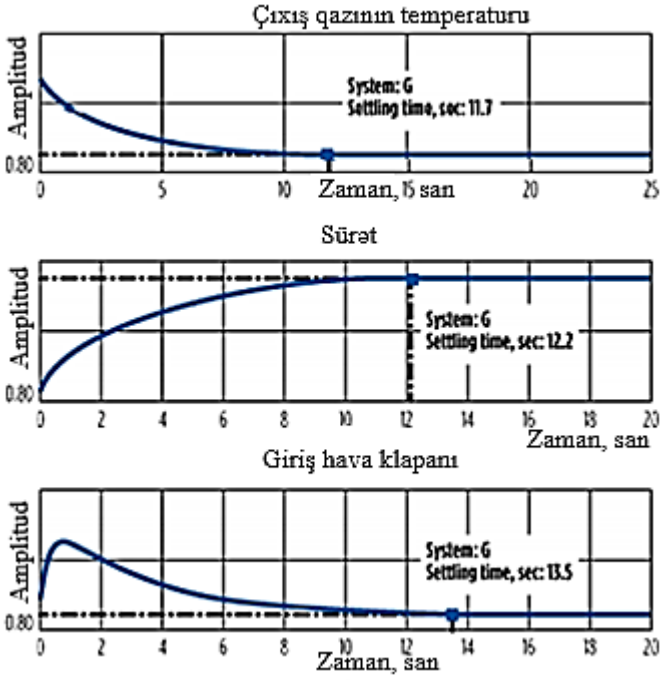
Şəkil 2.2.12 YST-nin ətraf mühitin temperaturundan asılı olaraq dəyişməsi, YST funksiyasının turbin valının fırlanma sürətindən asılı olaraq dəyişməsi.



Şəkil 2.2.13. Ekranlayıcı sipərin və termocütün şüalanma xarakteristikası



Şəkil 2.2.14 Pilləvari sürət xarakteristikası



Şəkil 2.2.15. Çıxış temperaturu, sürət və GQK xarakteristikası

Qeyri-səlis məntiq, YST-in optimallaşdırılması və qaz turbinində enerji itkilərini minimuma endirməklə qaz turbinini istismarın müxtəlif (işə hazırlama, işəsalma və sürətlənmə) mərhələlərində idarə etmək üçün istifadə edilmişdir.

Kompressorun girişində daxil olan havanın soyudaraq temperaturunu azaltmaqla turbinin çıxış gücü artırıla bilər. Qeyri-səlis məntiq əsaslanan altsistemin yoxlama testləri göstərir ki, yanacaq sərfini yaxşılaşdırır, daha hamar keçid xarakteristikasını təmin edir.

Təklif edilən altsistem turbinin norma hüdudlarından kənar istismar rejimlərinin proqnozlaşdırmağa və bununla da turbinin boşdayanmaları, istehsal itkilərini məhdudlaşdırmağa və təmir-xidmət xərclərini azaltmağa imkan verir.

2.3. İnformasiya-ölçmə sisteminin informasiya modeli

Mürəkkəb sistemlərin vəziyyətinə optimal nəzarətin təmin edilməsi və onun giriş və çıxış parametrləri barədə düzgün məlumat əldə edilməsi üçün tədqiqat obyekti yəni yeraltı qaz anbarının kompressor stansiyası struktur baxımdan dekompozisiya yolu ilə altsistemlərə (komplekslərə, aqreqatlara) və elementlərə (qovşaq və hissələrə) bölünərək ardıcıl olaraq təhlil edilməlidir. Altsistemlər daxilində sistemin struktur və funksional olaraq tamamlanmış bir hissəsi olub, qarşılıqlı əlaqələri planlaşdırılan tapşırığı yerinə yetirərkən qoyulmuş məqsədə nail olunmasını təmin edən komponentləri təhlil olunur. Sistemin hər bir elementi digər elementlərlə müəyyən bir şəkildə əlaqədədir və oxşar elementlər müxtəlif sistemlərdə fərqli xüsusiyyətlərə malik ola bilər. Buna görə, ilk növbədə, əlaqələri müəyyən edib, sistemin topoqrafiyasını dəqiqləşdirmək, yəni struktur təhlil prosesini yerinə yetirmək məqsədəuyğundur.

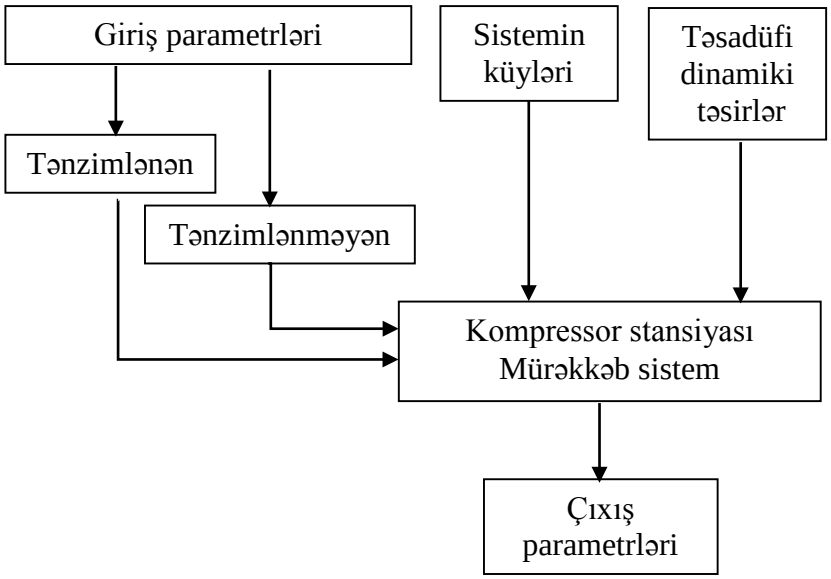
Kompressor stansiyası, müxtəlif fiziki təbiətə malik dəyişənlərin təsirini fərqləndirmək mümkün olmadığı mürəkkəb çevik texniki sistem kimi qəbul edilə bilər, çünki bu təsirlər ayrı-ayrılıqda qəza törədici xassəyə malikdir, yəni sistemin xarakteristikaları həmin tərkib hissələrin xarakteristikalarının cəminə bərabər olmayıb, onu təşkil edən hissələrə xas olan heç bir xassəyə malik deyildir. Kompressor stansiyası avadanlığı, tərkibinə daxil olan altsistemlərin (konfiqurasiyası və təyinatından asılı

olaraq) mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələri ilə xarakterizə olunur. Bütün parametrlərin və təsiredici amillərinin, həmçinin sistemin mümkün reaksiyalarının qarşılıqlı təsirini əks etdirən blok-sxem şəkil 2.3.1-də göstərilmişdir.

Sistemə (kompressor stansiyasının özünə) daxil olmayan hər şey ona münasibətdə xarici mühitdir. Sistem bu mühitin təsirinə məruz qala və özü də ona təsir göstərə bilər. Birinci təsirlər qrupu giriş, ikincilər isə çıxış təsirləridir. Giriş təsirləri, öz növbəsində, tənzimlənən və tənzimlənməyən təsirlərə bölünür. Nəzarət olunan təsirlər ötürücü kompressor stansiyasında qazın nəqli prosesində dəyişdirilə bilən təsirlərdir: təzyiq, sərfiyyat, temperatur, rütubət. Tənzimlənməyən təsirlər tənzimləməyə tabe olmayan, lakin ötürücü kompressor stansiyasında ilkin şərtlər kimi qəbul edilməli olan təsiredici amillərdir: daxil olan qazın kəmiyyət və keyfiyyət tərkibi, iqlim şəraiti, qazın nəql olunduğu boru kəməri və ya magistralının profili və konfiqurasiyası, atmosfer təzyiqi və s. Bundan əlavə, təsadüfi dinamik təsirlər və sistemin küyləri nəzərə alınmalıdır.

Təsadüfi dinamik təsirlər təbii fəlakətlər, hidravlik (pnevmatik) zərbələr, partlayışlar, sürətli korroziya nəticəsində dağılma zamanı mümkün ola bilər. "Sistemin küyləri" aqreqatların konstruksiyası, quruluşu və istehsalı, tikinti-quraşdırma işlərinin ilə əlaqəli, aradan qaldırılması mümkün olmayan və sistemin baxılan anda mövcud olduğu kimi istismar edilməsi lazım olduğunu nəzərə alaraq mümkün olan bütün xətalar nəzərdə tutulur.

Bütün bu təsirlərə məruz qalan sistem onlara müəyyən reaksiyalarla cavab verir, məsələn: vurulan qazın termiki və qazodinamik xarakteristikalarında dəyişmələr, sürtünən cütlərin aşınması, rəqs edən və ya qaz axınında döyünmələrin yaranması, korroziya və hidro-abraziv proseslər nəticəsində boru kəmərinin divarlarının aşınması, avadanlıqların axın hissələrində səthlərin nahamarlığının dəyişməsi, çöküntülərin olması, çatlama nəticəsində əsas elementlərin sıradan çıxması və ya zədələnməsi, aqreqatların və boru kəmərləri şəbəkələrinin dağılması və s. Sistemdə gedən bütün bu mənfi proseslər qazın kompressor stansiyasından magistral boru kəmərinə ötürülməsi rejimlərinə müxtəlif şəkildə təsir göstərir.



Şəkil 2.3.1 Kompressor stansiyasının informasiya modelinin struktur sxemi

Ölçmə nəticələri, tətbiq olunan analiz üsulları ilə araşdırılması sistemin reaksiya vektorunun təyin edilməsini, onun da qradiyenti texnoloji boru kəmərləri də daxil olmaqla kompressor stansiyası avadanlığının həqiqi texniki vəziyyəti və iş rejimləri haqqında məlumatların əldə edilməsini təmin edir. Sistemin vəziyyətini təhlil edərkən ən çox ehtimal olunan mümkün vəziyyətlərdən birini seçmək üçün çıxış xarakteristikasında dəyişiklik qiymətləndirilir. Yəni əsas məqsədləri: mümkün təhlükəli vəziyyətin və ya qəzanın yerini aydınlaşdırmağa və lokallaşdırmağa imkan verən təhlil, fövqəladə vəziyyətdə olan sistem elementlərinin yaradılması, həmçinin sistemin iş və texnoloji parametrlərindəki dəyişikliklərin izlənməsi olan müəyyən diaqnostika prosesi aparılır. Nəzərə alınmalıdır ki, bəzi hallarda fərqli təsirlər eyni yekun nəticələrə gətirib çıxarır və bu halda müşahidə obyektinin faktiki texniki vəziyyətini təhlil etmək üçün kompleks metodlardan istifadə etmək məqsədəuyğundur.

Cavab vektoruna əsaslanan informasiya-ölçmə nəzarət və idarəetmə sistemi həm giriş amillərinə, həm də texniki sistemin parametrlərinə tənzimləyici təsirlərə uyğun təshihedici vektoru yaradır. Yəni kompressor stansiyasına operativ nəzarəti və texnoloji rejimlərin optimallaşdırılması, struktur qruplarının (kompressorlar, əlaqəli boru kəməri şəbəkələri və s.) texniki vəziyyətinin təhlilinin nəticələrinə əsasən hasil edilmiş təshih vektorundan istifadə etməklə həyata keçirilir.

Bu cür tənzimləmənin əsas məqsədi texnoloji boru kəmərlərinin davamlılığını artırmaq və müxtəlif növ zədələnmələri azaltmaqdan ibarətdir ki, bunun üçün vurucu kompressor qurğularının qeyri-sabit axınların meydana gəldiyi zaman xarakterik olan böyük rəqslər yaratmadan təzyiqi və sərfin sabit saxlanmasını təmin etmək lazımdır.

Şək.2.17-dən sxemdən göründüyü kimi, diaqnoz qoyulmuş obyektin həqiqi texniki vəziyyətini təhlil etmək üçün seçilmiş metod təshih vektoruna və nəticədə tənzimləmə səmərəliliyinə və əməliyyat təhlükəsizliyinə böyük təsir göstərir, çünki cari vəziyyətə ideal dərəcədə uyğun metodların mövcud deyildir. Bu səbəbdən, tədqiq olunan obyekt üçün ən məqbul olanın, kompressor stansiyasının optimal rejimdə istismarı üçün lazım olan axın parametrlərinin təhlili və hesablanması üçün metodologiyanın təməl əsasını seçilməsi və qəzanın aradan qaldırılması, təhlükəli və fövqəladə vəziyyətlərin vaxtında xəbərdar edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir və

məsrəflər baxımından yeni bir xəttin çəkilməsinə bərabər və belə bir seçimin ətraf mühitə təsiri isə son dərəcə mənfi ola bilər.

Müəyyən tədbirlərin görülməsi zərurəti barədə qərar vermək üçün marşrutun bütün idarəetmə və xarakterik qovşaqları haqqında verilənlər, məlumatlar və informasiya müntəzəm olaraq (prosesin sürətinə uyğun fasilə ilə) toplanmalıdır. Buna görə də texniki vəziyyəti təhlil etmək üçün metodikanın işlənib hazırlanmasının ilkin mərhələsində boru kəmərləri texnoloji cəhətdən ayrı-ayrı hissələrə elə bölünməlidir ki, həmin hissələr haqqında məlumatlar hər bir qovşağı dürüst şəkildə qiymətləndirməyə imkan versin. Belə qovşaqların, yəni bölünmədən sonra alınan sahələrin sayının minimum olması hesablamaların həcmini də azaldır.

Kompressor stansiyaları böyük kompleks sistemlərin tipinə aid olduğundan, müxtəlif növ modellərdən istifadə etmədən idarə olunması qeyri-mümkündür. Eyni zamanda, mərkəzi texnoloji obyektlərdən birinin - boru kəməri şəbəkəsinin bir sıra spesifik xüsusiyyətlərə malik olmasını da nəzərə almaq vacibdir:

- quruluşun və strukturun mürəkkəbliyi və elementlər arasındakı əlaqələrin stoxastikliyi;

- təsir edərkən davranışın birmənalı olmaması, qazın nəqli dinamikasının göstəricilərinə təsir edən çoxlu sayda dəyişənin olması;

- xarici təsirlər şəraitində sistemin quruluşu, xassələri və davranışı haqqında məlumatın natamam olması.

Kompressor stansiyasının quruluşuna daxil olan texnoloji sistemlərin eksperimental tədqiqatlarının məhdud imkanlarını, həmçinin bu barədə kifayət qədər məlumat əldə etməyin xeyli dərəcədə çətin olduğunu qeyd etmək lazımdır, bu da əsasən onun natamam olmasına səbəb olur.

Kompressor stansiyalarının avadanlıqlarının səmərəli və etibarlı işləməsi boru kəməri sistemlərinin iş rejimlərinin kifayət qədər dəqiq hesablanmasını və onlarda baş verən fiziki proseslərin kəmiyyətcə təhlilini tələb edir. Bütün bunlar qaz nəqlində statik sistemlərin və ilk növbədə kompressor stansiyalarının modelləşdirilməsi metodlarının işlənib hazırlanmasını tələb edir. İşlənilmiş metodlar sistemin strukturunu uyğun bir formada təqdim etməyə, xüsusiyyətlərini və sistemin bütövlükdə və ayrı-ayrı texnoloji

cəhətdən ayrılmış hissələrin ən vacib parametrlərini təyin edərkən nəzərə alınması üsullarını təqdim etməyə imkan verməlidir. Kompressor stansiyalarının işinin müxtəlif mərhələlərində, informasiya-ölçmə sisteminin proqram təminatında tətbiq olunan belə metodika, obyektin quruluşu və xassələri barədə informasiyanın həcminin fasiləsiz artımı şəraitində dəyişən hədəflərə çatmağa yönəlmiş bütün müxtəlif məsələlərin həllinin öhdəsindən gəlməyə imkan verir.

Bu məqsədlə aşağıdakı məsələlər həll edilməlidir:

1. Tədqiq olunan obyektin texniki vəziyyətinin təsir və qarşılıqlı əlaqələr çoxluğunun təsnifatına əsaslanan mürəkkəb texniki sistem kimi funksional-topoloji təhlilini yerinə yetirmək.

2. Rejimlərə nəzarət və idarəetmə, optimallaşdırılma və diaqnostika məqsədilə qazın saxlanması və nəqli proseslərinin təhlili metodologiyasını etməklə kompressor sistemi üçün ən məqbul iş prinsipinin seçilməsi.

3. Vurucu kompressor qurğularında qazın sıxılma prosesinin qeyri-sabitliyi şəraitində qazın nəqlinin dinamik proseslərini təhlil etmək, dispetçer xidməti tərəfindən kompressor stansiyasında qazın nəqlini tənzimləyən tapşırıqları üçün qaz axını üzrə iş rejimlərini hesablanması alqoritmlərinin və proqramların hazırlanması.

2.4. İnformasiya-ölçmə sisteminin metroloji təminatı

Metroloji təminat keyfiyyətin təmin edilməsinin əsas ünsürlərindən biridir. Bu, elmi tədqiqatlara, texnoloji proseslərin işlənilməsi, texniki reqlamentin tələblərinə uyğun olaraq təhlükəsizliyin təmin edilməsinə, uyğunluğa nəzarət və təsdiqlənməsi proseduralarına eyni dərəcədə aiddir. Obyekt və hadisələrin xassələri haqqında bu və ya digər şəkildə alınmış miqdari (ölçmə) məlumatları çevrilir, ötürülür və əyani şəkildə informasiya-ölçmə sistemlərində və ya məlumatları əks etdirən və qeyd edən digər qurğularda təqdim olunur [9, s.108].

Müəyyən qərarlar qəbul edərkən ölçmə informasiyasından düzgün istifadə edilməsi üçün ölçmə nəticələrinin müqayisə olunmasını təmin etmək lazımdır. Ölçmə nəticələrinin işlənməsində xətaları kompensasiya etməklə informasiya-ölçmə

sistemlərinin dəqiqliyini yüksəltmək üçün nəzərdən keçirilən texniki sistemin, daxilindəki xətaları da müəyyənləşdirmək lazımdır. Cəldişləyən və yüksək məhsuldarlığa malik mikroprosessor, mikrokontroller və proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerlərə əsaslanan müasir informasiya ölçmə sistemlərinin funksional imkanlarının genişləndirilməsi texniki sistemin iş sahəsinin seçilmiş nöqtələrində ümumi xətanın ayrı-ayrı mürəkkəbələrini müəyyənləşdirməyə imkan verir. Sonra həmin nöqtədəki xətanı müəyyən etmək üçün bu xətalar cəmlənir. Xətanın alınmış qiymətlərinə görə nəticələr bütün işçi diapazonda təshih edilir.

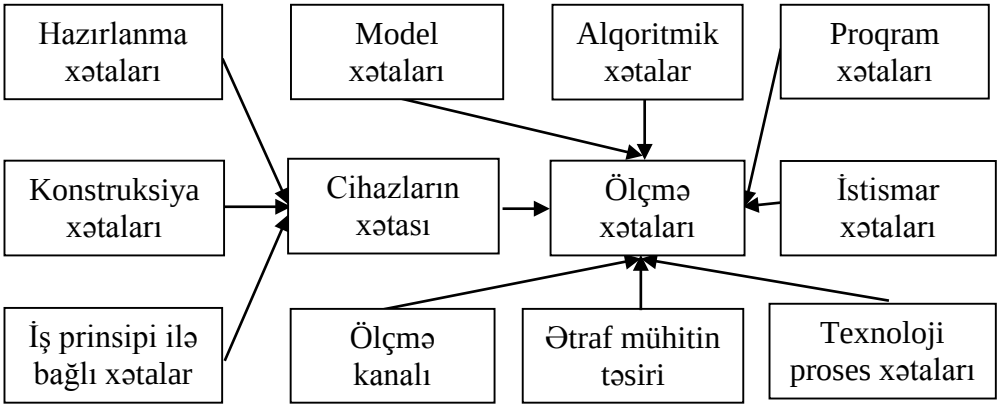
Hesablama nəticələri bu məqsədlər üçün istifadə olunan ölçmə vasitələrindən çox asılı olduğundan, qazın xarakteristikalarının ölçülməsi üçün metroloji təminat sistemi tədqiqatın vacib bir sahəsidir.

Bütün çıxış parametrlərinin məcmusu obyektin (kompressor stansiyasının) vəziyyət vektoru ilə xarakterizə edilə bilər. Obyektin vəziyyət vektoru ölçmə kompleksləri - sensorlar, cihazlar, informasiya-ölçmə sisteminə daxil olur. Öz növbəsində, bu sistemin özü xətalara - ölçmələrin və cihazların (vericilərin) ölçmə nəticələrini təhrif edə biləcək xətalarına malik olan mürəkkəb texniki sistemdir.

Kompressorlar və boru kəmərləri, eləcə də digər yardımçı qurğu və elementlər daxil olmaqla mürəkkəb sistem kimi qəbul edilən kompressor stansiyasına təsir edən giriş və çıxış parametrlərinin strukturu sxeminə uyğun olan informasiya-ölçmə sistemində xətaların qarşılıqlı təsirinə uyğun blok-sxem şəkil 2.4.1-də göstərilmişdir.

Bütün xətalar additiv və multiplikativ, təsadüfi və determinik, sistematik, dinamiki və statik xətalara bölünməklə, şəkil 2.4.1-də göstərilmiş qaydada bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olur.

Additiv xətalar ölçmə nəticəsi ilə cəmlənən, multiplikativ xəta isə ölçmə nəticəsi ilə hasil şəklində təyin edilən xətalar, təsadüfi xətalar müxtəlif (temperatur, qida mənbəyinin döyünmələri və s.) səbəblərdən yaranaraq, müəyyən gələcək zaman anında qiyməti məlum olmayan, determinik xətalar isə qiyməti əvvəlcədən məlum olan və gələcəkdə də müəyyən edilə bilən xətalardır. Məsələn, ölçmə cihazlarının istehsalçı tərəfindən təyin edilmiş xətası determinik xətaya aid edilə bilər. Bu baxımdan dəqiqlik sinfi anlayışından istifadə olunur.



Şəkil 2.4.1. Sistemin xətaları və onların qarşılıqlı əlaqəsi

Hər hansı bir zaman anında ölçmə xətası isə həmin anda təsir göstərən təsadüfi amillərin təsiri nəticəsində yaranır. İnformasiyanın emalı xətaları, siqnalların emalı xətaları siqnalların çevrilməsi xətaları (analoq-rəqəm, rəqəm-analoq çevirməsi), alqoritmik və model xətaları ilə əlaqədardır.

Beləliklə, informasiya-ölçmə sisteminin tam çıxış xətası yuxarıda göstərilən xətaların məcmusundan ibarət olub, xeyli sayda amildən asılıdır. Buna görə də hər bir ölçülən və nəzarət olunan parametrin dəyişmə tezliyi və qanunu, onun riyazi modeli, həmin parametrin ölçmə nəticələrinin emal alqoritmi, çıxışa təsiri müəyyən olunmalı, alqoritmik-proqram təminatı ayrı-ayrı parametrlərin girişdən başlayaraq, çıxışa doğru hərəkəti, yəni ölçmə-emal traktı istiqamətində dürüst çevrilməsi və emalına yönəldilməlidir [82, s. 57].

Qazın uçotu kifayət qədər mürəkkəb və kompleks problemdir. Bu problem metroloji təminata daxil olan zəruri ölçmə vasitələrinin seçilməsi, ölçmə proseduralarının hazırlanması və tətbiqi, müvafiq proqram təminatı ilə avtomatlaşdırılmış uçot sistemlərinin işlənilməsi və yaradılması, normativ və metodoloji sənədlərin hazırlanması, zəruri təşkilati tədbirlər və s.-dən asılıdır. Problem, əksər hallarda onun həllinə sistemli yanaşmanın olmaması və məsələnin spontan olaraq müəyyən kiçik problemləri həll etmək cəhdlərinə çevrilməsi ilə daha da ağırlaşır.

Hal-hazırda qazın sərfinin ölçülməsi üçün müxtəlif fiziki prinsiplərə əsaslanan cihazlar və qurğular təklif olunur. Lakin qazın uçotu probleminin aktuallığından qaynaqlanan qaz sərfi sayğaclarının kütləvi istehsalı, əvvəlcədən mayedən ayrılmış (adətən ayrılma üsulu ilə) qazın ölçülməsi üçün istifadəsini nəzərdə tutur. Başqa sözlə, maye və mexaniki qarışıqları olmayan qaz mühiti ölçülür. Təcrübədə isə, bir qayda olaraq, qaz yağ, su, mexaniki hissəciklər və digər komponentlərin qarışığından ibarət olur.

Bir qayda olaraq, istehsalçı eyni ölçmə prinsipi ilə bir sıra ölçmə vasitələri istehsal edir və sonra isə bu cihazları təkmilləşdirərək yalnız texniki və metroloji xarakteristikalarını daha da yaxşılaşdırır. Cihazı istismar edən metroloq isə təkcə fərqli marka, tip və tiplərdə deyil, hətta fərqli ölçmə prinsipində olan sayğacları seçməli, təhlil və müqayisə etməlidir.

Hazırda istehsal olunan avadanlıqların geniş çeşidi və eyni zamanda universal ölçmə cihazlarının olmaması səbəbindən uyğunluq sertifikatları və istifadə icazələrinin mövcudluğundan bəhs etmədən ən təsirli seçimin necə edilə biləcəyinə diqqət yetirərək bir sıra texniki tələbləri müəyyənləşdirmək məqsədəuyğundur.

Beləliklə, qazın çıxarılması, emalı və nəqli ilə məşğul olan müəssisələrin metroloji xidmətləri qarşısında qazının uçotu üçün zəruri texniki, texnoloji, iqtisadi və ekoloji tələblərə tam cavab verən metroloji təminat sisteminin hazırlanması üçün aktual və mürəkkəb kompleks vəzifələr durur. Eyni zamanda, ilkin mərhələdə ən problemli məsələ qazın uçotu barədə səhih ölçmə məlumatı verən optimal sərfölçənin seçilməsidir. Qaz sərfi sayğacının növünün seçimi, tələb olunan ölçmə parametrlərindən, ölçmə vasitələrinin xətasından, qazın keyfiyyətindən və digər texniki tələblərdən asılı olaraq qaz sərfi sayğacları və komplekslərinin sırasının texniki xarakteristikalarının, ölçmə xətasının təhlilinə istinadən əsaslandırılaraq təklif olunmalıdır.

Bütün ölçmə vasitələri üçün identifikasiya, tətbiq sahələri, iş prinsipi, texniki xüsusiyyətləri, struktur forması, xətalar, birbaşa ölçmə metodu, ölçmələrin aparılmasının əsas şərtləri, ölçmələr aparılmazdan əvvəl hazırlıq işləri, ölçmələr aparmaq və əldə edilmiş nəticələrin işlənməsi üçün alqoritmi əhatə edən tədqiqat prosesi nəzərə alınmaqla, qeyd etmək lazımdır ki, hazırda istehsal olunan qaz sərfini ölçən cihazların əksəriyyəti üçün elan olunmuş texnoloji və metroloji xarakteristikalar öz təsdiqini yalnız dar işçi diapazonda tapır. Bu və ya digər ölçmə cihazının seçilməsinə xüsusi istismar şəraiti təsir göstərir. Lakin lazımı səviyyədə qurudulmuş qazın sərfini ölçən qurğular üçün seçim olduqca böyükdür.

Təzyiqin döyünmələri, boru kəmərindəki seyrəklik, tərkibin və temperaturun fasiləsiz dəyişməsi, ətraf mühit parametrlərində kəskin dəyişikliklər, həmçinin ən geniş axın diapazonu ölçmə prosesini daha da çətinləşdirir və digər tələblər ölçmə cihazının seçilməsi prosesini daha çox məhdudlaşdırır. Bu cür cihazların metroloji xarakteristikalarının təsdiqlənməsi ilə yoxlanılması quru havada aparılır və quru təbii qaz üçün nəzərdə tutulmuş sayğacların zamanı həqiqi xəta yüksək rütubət şəraitində istifadəsi adətən qeyri-adekvat nəticələrin alınmasına səbəb olur.

Bu xüsusiyyətləri nəzərə alaraq və APG-nin ümumiyyətlə müxtəlif mənbələrdən olan komponentlərin qarışığı olduğunu və bu sistemlərdəki qazın sərfinin, bir qayda olaraq, çox dəyişdiyini və ya hətta iki istiqamətli ola biləcəyini nəzərə alaraq, bəzən aşağıdakı ziddiyyətli şərtlər daxilində tələbləri təmin edən sərfölçənlərə zərurət vardır:

• uzun müddət ərzində ölçmələrin yüksək etibarlılığı və dəqiqliyi;

• 1:500-dən az olmayan ölçülən axın sürətinin dinamik diapazonu;

• 0,03-120 m/san və 0,005-15 kq/sm2 təzyiqdə bütün diapazonda sertifikatla müəyyən edilmiş metroloji xəta daxilində ölçmə aparılması imkanı;

• aqressiv mühitə (məsələn, hidrogen sulfidə) və boru kəmərinin buzlanmasına dözümlülük;

• "birinci" və "ikinci" cihazların ən azı 500 m, bəzən isə 1000 metrdən çox məsafədə quraşdırmaq imkanı;

• özünü test və özünənəzarət funksiyası;

Ölçmə cihazlarının tətbiqini əsaslandırmaq üçün sürət, təzyiq, qaz sərfinin, normativ sənədlərə uyğunluq baxımından əsas xarakteristikalarını bilərək və aşağıdakı suallara cavab tapmaq lazımdır:

1. Sərfölçən minimumdan maksimum axın sürəti diapazonunda tətbiq olunma imkanı.

2. Sərfölçən minimumdan maksimuma qədər təzyiq diapazonuna (yəni bütün diapazonda) uyğunluğu.

3. Sərfölçənin hazırlandığı icrada konstruksiyasının ətraf mühitin temperaturuna uyğunluğu.

4. Sərfölçən boru kəmərindəki minimumdan maksimum qaz temperaturu diapazonuna uyğunluğu.

5. Kabelin uzunluğunun birinci çeviricilərdən ikinci tərəf blokunun quraşdırıldığı yerə qədər məsafə üçün kifayət etməsi.

8. Sərfölçənin ölçmə və proseslər barədə məlumatların arxivləşdirilməsi, ölçü nəticələrinə girişin məhdudlaşdırılması və s. ilə əlaqədar tələblərə cavab verçəsi.

9. Sərfölçənin ağır iş şəraitində (çirkli qaz, hissəciklərin həssas elementlərə yapışması, yüksək rütubət) istismar üçün göstərilən metroloji xətalar daxilində ölçməni təmin etməsi.

Təhlil göstərir ki, metroloji xarakteristikalar ölçmə cihazlarının 98%-i minimum axın sürətləri, təzyiq hüdudlarından kənarda qalır, xətaya nəzarət etmək mümkün olmur, bu da geniş diapazonda ölçmə üçün yalnız bir ölçmə metodunun istifadə olunmasının qeyri-mümkünlüyü ilə nəticələnir. Bu, qazın minimum və maksimum temperaturlarına da aiddir.

Buna uyğun olaraq sərfölçənləri aşağıdakı kateqoriyalara bölmək məqsədəuyğundur [86, s.2]:

I (böyük məhsuldarlıq): 10^5 m^3/saatdan çox;

II (orta məhsuldarlıq): 10^4-10^5 m^3/saata qədər;

III (aşağı məhsuldarlıq): 10^3-10^4 m^3/saata qədər;

IV (minimum məhsuldarlıq): 10^3 m^3/saata qədər.

Texnoloji parametrləri ölçən cihaz və qurğuları müəssisənin standartlarına və sənaye tələblərinə uyğun olaraq seçilməlidir. Bu zaman bir sıra metroloji və rejimlə əlaqədar amilləri nəzərə alaraq ən çox vacib tələblərə aşağıdakıları aid etmək məqsədəuyğundur:

1. Vericilərdən alınmış məlumatların ötürülə biləcəyi məsafə (verici ilə əlaqə interfeysi).

2. Ölçülən kəmiyyətin və ətraf mühitin digər parametrlərinin hüdud qiymətləri.

3. Vericinin (ölçmə cihazının) dəqiqlik sinfinə görə seçimi müəyyən edən buraxıla bilən xəta və zəmanətli dəqiqliklə ölçmə diapazonları.

4. Vericinin zaman sabiti ilə müəyyən edilən ətaləti.

5. Ətraf mühit amillərinin (temperatur, təzyiq, rütubət) vericilərin normal işinə təsiri. Nəzarət olunan və ətraf mühitin aqressiv xassələrinin vericiyə aşındırıcı təsiri. Vericilərin quraşdırıldığı yerdə onların normal işinə mənfi təsir göstərən və ya qəbuledilməz titrəyişlərin, maqnit və elektrik sahələrinin, radiasiyanın və s. mövcudluğu.

6. Vericilərin yanğın və partlayış təhlükəsizliyi baxımından istifadə edilməsi imkanı.

Ölçmə cihazı və ya vericilərin çıxış siqnalının interfeysi onların sistemə qoşulması ilə əlaqədar uzlaşmasını təmin edir. Texnoloji prosesin vəziyyəti haqqında məlumat əldə etmək üçün qurğularda bir-birinə naqillər və interfeyslər vasitəsi ilə qoşulmuş ilkin ölçmə çeviricisi İÖÇ və ikinci ölçmə çeviricisi (İkÖÇ) fərqləndirilir.

Yerinə yetirilən funksiyalar baxımından, İÖÇ ölçülən parametri ötürülmə və emal etmək üçün əlverişli olan siqnala çevirir. Elektrik kəmiyyətləri ölçülən hallarda, bir qayda olaraq, ilkin ölçmə çeviriciləri kimi alçaldıcı ölçmə cərəyan və gərginlik transformatorları istifadə olunur. Qeyri-elektrik kəmiyyətləri (temperatur, təzyiq və s.) ölçülərkən müvafiq "fiziki kəmiyyət-elektrik siqnalı" ölçmə çeviricilərindən (məsələn, elektron xətti gərginlik gücləndiricilərindən) istifadə edilir.

İkÖÇ əlavə çevirici vasitələr olub, həm kontrollerdə, həm də idarəetmə panelində və ya bilavasitə vericinin özündə yerləşdirilə bilər. İkinci ölçmə çeviricilərinin çıxışlarında, məsələn, çoxkanallı analog-rəqəmsal çeviricisinin (ARÇ) işləməsi üçün zəruri olan eyni diapazonlu gərginlik yaranır.

İş prinsipi və konstuksiya baxımından həm İÖÇ, həm də İkÖÇ geniş müxtəlifliyi görə fərqlənir. İÖÇ-lər obyektdə quraşdırılır, tənzimlənən parametr və nəzarət olunan mühitlə birbaşa qarşılıqlı təsirdə olur. Ölçülən parametrin növü, quraşdırma və istismar şəraiti İÖÇ-ün seçiminə böyük təsir göstərir. Tələb olunan texniki xarakteristikalardan və istismar şəraitindən asılı olaraq bir parametri ölçmək üçün çox sayda müxtəlif çeviricidən istifadə edilə bilər.

Təzyiq (temperatur, sərfiyyat) çeviricisi ARÇ-nin mərtəbələr sayı (10 bit) olmaqla, ölçmə kanalının verilmiş xətası (uyğun olaraq ən çoxu - 0,3%) nəzərə alınaraq seçilir.

Təzyiq vericisinin ölçmə xətası aşağıdakı düstura (2.4.1) əsasən hesablanır:

$$\delta_1 = \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2)} \qquad (2.4.1)$$

Burada, δ = 0,3% ölçmə kanalının 0,95 inam ehtimalı səviyyəsində tələb olunan ümumi ölçmə xətası;

δ_2 = 0,05% - ölçmə kanalı ilə ötürmə xətası;

δ_3 = ARÇ-nin daxil etdiyi xəta;

δ_4 və δ_5 - ətraf mühitin temperaturu və vibrasiya ilə bağlı əlavə xətalardır.

10-mərtəbəli ARÇ-nin daxil etdiyi xəta aşağıdakı kimi hesablanmışdır:

$$\delta_3 = \frac{1 \cdot 100}{2^{10}} = 0{,}1\% \qquad (2.4.2)$$

Hesablamada ətrafdakı havanın temperaturu və vibrasiyanın təsiri nəticəsində yaranan əlavə xətalar nəzərə alınır. Ətraf mühitin temperaturu ilə bağlı əlavə xəta:

$$\delta_4 = \frac{0{,}3 \cdot 34}{100} = 0{,}102\% \qquad (2.4.3)$$

Vibrasiya ilə əlaqədar əlavə xəta: $\delta_5 = 0{,}3 \cdot 0{,}19 = 0{,}057\%$

Buna görə təzyiq vericisinin buraxıla bilən əsas xətası $\delta_1 \leq 0{,}254\%$ -i aşmamalıdır.

Hesablama nəticələrinə əsasən, aşağıdakı texniki xarakteristikalara malik "Metran-22DD" 2460 modeli seçilmişdir:

- ölçmənin yuxarı həddi - 10 MPa; əsas buraxıla bilən xəta həddi ± 0,25%; çıxış siqnalı - 4-20 mA; qida mənbəyi - 36V gərginlikli sabit cərəyan; çəkisi - 10 kq. İstehsalçı Metran sənaye qrupudur.

Ölçmə cihazı ölçülən parametrin unifikasiya olunmuş cərəyan çıxış siqnalına fasiləsiz olaraq çevrilməsini təmin edir. Çevirici işini 0-5, 0-20 və ya 4-20 mA sabit cərəyanlı standart giriş siqnalından işləyən avadanlıq, tənzimləyici və digər avtomatlaşdırılmış qeydedici və göstərici cihazlarla birlikdə istismar edilməsini təmin edir.

2.5. İnformasiya-ölçmə sisteminin səmərəliliyi

Tədqiqatlar göstərir ki, mövcud elmi işləmələr, alqoritmlər və praktiki qurğular və sistemlər ölçmə, hesablama və nəzarət proseslərinin optimallaşdırılması üçün tələblərin bütün kompleksini təmin etməyə, nəzarət və idarəetmənin keyfiyyət və

effektivlik göstəricilərini kifayət qədər yüksəltməyə imkan vermir. Buna görə də yeni tələbləri ödəyən İÖS-ün sintezi aktual məsələyə çevrilir. Göstərilən problemlərlə əlaqədar olaraq, işdə İÖS-ün qurulma prinsipləri ilə əlaqədar geniş mövzuları: sistemlərin struktur sxemləri və onların elementləri, iş alqoritmləri, səmərəlilik və etibarlılıq meyarları əhatə olunmuşdur.

Böyük idarəetmə sistemlərində olduğu kimi, İÖS-ün strukturunun sintezi məsələsinin mövcud qoyuluşları aşağıdakı şərtlərə görə fərqlənə bilər: 1) məsələlər arasında qarşılıqlı əlaqə məsələləri çoxluğunun verilməsi və ya seçilməsi (zamana, həcmə, həcm və zamana görə); 2) sistem elementləri (texniki vasitələr kompleksi) verilmişdir və ya seçilməlidir; 3) elementlərin ərazidə yerləşməsinin nəzərə alınması və s.

Eyni zamanda, struktur sintez probleminin artıq formalizə edilmiş qoyuluşlar aşağıdakılara görə fərqlənə bilər: a) səmərəlilik göstəricilərinin növü; b) elementlərin nəzərə alındığı xarakteristikaların növü; c) nəzərə alınan resurslara qoyulan məhdudiyyətlərin növü (zaman, texniki-iqtisadi və s.).

Layihələndirilən hər hansı bir İÖS-ün iş keyfiyyəti aşağıdakı xassələri əks etdirən göstəricilərlə xarakterizə olunur: etibarlılıq, sürət, kütlə, həcm, dəyər. İÖS-ü xarakterizə edən və onun əsas təyinatını müəyyən edən əsas xassələr arasında idarəetmənin etibarlılığı və sürəti var.

İÖS-ün etibarlılığının yüksəldilməsinin müxtəlif yolları arasında, hal-hazırda minimum xərcləri tələb edən və İÖS-nin istismarında baş verə biləcək pozuntu və ölçmə kanallarında (traktlarında) təsadüfi xətalar olduqda nəzarət nəticələrinin etibarlılığını artırmağa imkan verən proqram məntiqi vasitələrin tətbiqi üsulundan geniş istifadə olunur.

İÖS-ün son vəzifəsi, müəyyən bir müddət ərzində idarə olunan obyektin həqiqi vəziyyətini tələb olunan etibarlılıqla müəyyənləşdirmək olduğundan, layihələndirilən İÖS-ün həm etibarlılığı və cəldliyi, həm də bütün obyekt üçün alqoritmlərin optimal strukturunun seçilməsi problemini formulə etmək, tələb olunan səhihlikdən asılı olaraq nəzərdən keçirilən parametrlər üçün bu və ya digər emal alqoritminin növünü seçərək

İÖS-ü mürəkkəbləşdirmədən nəzarət səmərəliliyini yüksəltməyə nail olmaq mümkündür.

Nəzarət olunan obyektin və İÖS-nin etibarlılıq xüsusiyyətlərini, ölçmə kanallarındakı xətaların xarakteristikalarını və tələb olunan səhihlik səviyyələrini bilməklə, müxtəlif növ alqoritmləri minimum nəzarət müddət ərzində müəyyən edilmiş etibarlılığını təmin edəcək şəkildə ayrı-ayrı parametrlərə görə paylamaq məqsədəuyğundur.

Bəzi hallarda, struktur sintez, optimal diskret proqramlaşdırma problemləri şəklində formalizə oluna bilsə də problemlərin böyük ölçüsü, çox sayda təsadüfi amilin olması səbəbindən effektivlik göstəricisinin amil xarakteri səbəbindən həll edilməsi çətindir. Belə vəziyyətlərdə, struktur sintez adətən elementlərin strukturunun və qarşılıqlı əlaqə prinsiplərinin gələcək istifadəsi üçün az sayda perspektivli variant arasından seçilməsindən ibarət olacaqdır.

Bu zaman aşağıdakı əsas amillər nəzərə alınmalıdır:

- nəzarət nöqtələrinin paylanması və kütləviliyi;
- müxtəlif növ məlumatların ötürülməsi və qəbulu üçün ayrı-ayrı funksional blokları və qovşaqları dəfələrlə istifadə etmək imkanı;
- avadanlığın imtinalarının komplekslərin işinə qeyri-bərabər təsiri;
- avadanlıq və rabitə kanallarının etibarlılığına görə itkilərin məlumatın semantikası, müvəqqəti dayanma vaxtı, nasazlıq dərəcəsi və s.-dən asılılığı.

Bu halda ən məqbul və nisbətən sadə, tam xərclər meyarı aşağıdakı düsturla (2.5.1) hesablanır [90, s. 346]:

$$W_T = C + W_\Sigma T_n, \qquad (2.5.1)$$

Burada, C - i-ci struktura qoyulmuş ümumi sərmayə; W_Σ - i-ci strukturun avadanlıqlarının və rabitə xətlərinin vahid zaman ərzində sıradan çıxması halında orta ümumi itkilər; T_n - sistemin təxmini istismar müddəti (normal istismar müddəti).

Bir-biri ilə əlaqəli bir neçə elementin eyni vaxtda imtinası halında, itkilər yalnız ən yüksək dərəcəli (ranqlı) elementlərin imtinası ilə müəyyən olunur. Bu həm də ağacşəkilli struktura malik komplekslərin rabitə xəttinə də aiddir. Rabitə xəttinə tez-tez müraciət (sorğu) olduğundan, rabitə xəttindəki nasazlıqların meydana çıxdıqda

dərhal aşkar edildiyi güman edilir. Nəzarət obyektindən alınan məlumatın qeyri-səhihliyi ilə əlaqədar etibarsızlığın payı xüsusən sensorlar sərt iqlimdə və ya aqressiv mühitdə işləyərkən daha çoxdur.

Neft və qaz sənayesində TP-nin idarə edilməsi və nəzarətinin daha bir xüsusiyyəti, ayrı-ayrı funksional proqramların yerinə yetirilməsi ardıcıllığını təyin edən giriş təsirlərinin sistemə qeyri-bərabər daxil olmasıdır. Bu zaman yaranan vaxt ehtiyatı, məsələn, avadanlıqların texniki vəziyyətini izləmək və nasazlıqların diaqnozu, yardımçı proqramlarının icrası və s. ilə əlaqəli bəzi köməkçi prosedurları yerinə yetirmək üçün istifadə oluna bilər.

İÖS-ün işləkliyinin təmin edilməsində, nəzarət obyekti haqqında məlumatların dürüstlüyünü təmin etmək məsələləri mühüm yer tutur. Buna görə sensorlar da daxil olmaqla nəzarət obyekti haqqında məlumat toplamaq və əməliyyat nəticəsində yaranan xətaları təshih etmək üçün alt sistemlərin texniki vəziyyətinə nəzarət etmək vəzifələri son dərəcə vacib, bu zaman nəzarət və diaqnostika sisteminin çox səviyyəli sistem kimi qurulması isə məqsədəuyğun hesab edilir.

Texniki sistemlərin işi tədqiq edilərkən ümumiyyətlə üç növ model istifadə olunur:

1) iş qabiliyyəti məsələləri nəzərə alınmadan sistemin giriş siqnallar üzərində yerinə yetirdiyi çevirmələri tədqiq edən ideal iş modeli;

2) sistemin etibarlılığını təhlil edən iş modeli;

3) sistemin funksional etibarlılığını nəzərə alan ümumi model.

Sistemin funksional etibarlılığını qiymətləndirmək üçün hər şeydən əvvəl bütün kompleksin sıradan çıxmasına səbəb olan bir sıra qurğular kompleksini ayırmaq, daha sonra, sistemin işi gedişində müəyyən vaxt ərzində məlumat mübadiləsi və yenilənməsi üçün əsas kompleksə vaxtaşırı qoşulan əlavə qurğularla əsas kompleksin funksional əlaqələri araşdırılır.

Mürəkkəb sistemlər layihələndirərkən çox vaxt sistemin keyfiyyət meyarı məlum olmayıb ilkin qeyri-müəyyənlik mövcud olur. Bu halda mahiyyəti ilkin qeyri-müəyyənlik şəraitində parametrlər dəyişərkən əldə edilən məlumatlara əsaslanaraq sistemin optimal vəziyyətinə nail olmaq üçün onun struktur parametrlərini

dəyişdirilməsindən ibarət olan adaptiv nəzarət və idarəetmə tətbiq etmək daha məqsədəuyğundur.

İÖS-ün istismar etibarlılığına təsir edən sadalanan amillərlə yanaşı, aşağıdakı halları da qeyd etmək lazımdır:

- əmrlər, əməliyyatlar, ünvanlar və s.-nin düzgün istifadə olunmaması səbəbindən proqram xətaları;

- modelin həqiqi prosesə adekvat olmaması, ədədi həll metodunun səhv seçilməsi səbəbindən alqoritmik xətalar;

- sistemin işləyərkən alqoritmlərin bir-biri ilə yanlış qarşılıqlı təsiri və sinxronlaşmaması ilə əlaqəli sistem xətaları.

Tədqiqatlar göstərir ki, alqoritmik xətalar 10%, sistem xətaları - 81%, proqram xətaları - 3% təşkil edir.

Sistemin dəyəri ilə texniki xarakteristikaları arasında mürəkkəb asılılıq mövcuddur. Buna görə də sistemin optimal strukturunun seçilməsi prosesi, onun verilmiş xarakteristikalarının, xüsusən dəqiqlik və cəldliyi təmin edən mümkün strukturların dəyərinin müqayisəli təhlili nəticəsində müəyyən olunur və optimallaşdırma, bir qayda olaraq, sistemin etibarlılığı nəzərə alındıqda əldə edilə bilər.

Bir sıra parametrlər üçün məlumat sistemləri üçün ümumi xərclərin meyarı isə aşağıdakı düsturla (2.5.2) hesablanır:

$$W(A) = C(A) + T_c[W(A) + dB(A)] \quad (2.5.2)$$

Burada, W – vahid zamanda istismar xərcləri;

C - birdəfəlik əsaslı xərclər;

T_c - sistemin istismar müddəti (təxmini ömrü);

dB - səmərəliliyin artımıdır.

Beləliklə, sistemin funksional etibarlılığı verilmiş müddətdə həm əsas kompleksin, həm də əsas sistem ilə birlikdə işləyən əlavə qurğuların imtinasız işindən asılıdır.

Nəzarət olunan çoxsaylı obyektlər, onların geniş ərazidə yayılması, tələb olunan dəqiqlik, cəldlik, məlumatların həcmi, saxlanması, emalı və əks etdirilməsi eyni vaxtda məlumatın işlənməsinin müxtəlif prinsiplərinin tətbiqini labüd və məqsədəuyğun edir. Deməli, İÖS-ün müxtəlif qurulma prinsipləri strukturu, iş alqoritmi, iyerarxiyası, mürəkkəbliyi və s. ilə fərqlənir.

Nəzarət problemlərinin həllində mühüm rolu mürəkkəb sistemlərin idarə olunması üçün bir sıra təməl prinsipləri müəyyənləşdirən sistemli yanaşma oynayır. İÖS-lərin işlənməsi zamanı səmərəlilik və etibarlılıq əsas xarakteristikalar olub, elə seçilməlidir ki, sistemin maksimum səmərəliliyini təmin etsin.

Dəqiqlik, məlumatın işlənməsi prosesinin xətasının qiyməti ilə xarakterizə olunan vacib xarakteristikasıdır. Xətaları yaradan amillərdən və onların təzahür xüsusiyyətlərindən asılı olaraq xətalar aproksimasiya, çevrilmə, hesablama, parametrik və dinamik xətalara bölünür.

İstismar rejimindən asılı olaraq, İÖS-lər iki sinifdən birinə aid edilə bilər: 1) t zaman müddətində fasiləsiz işləməli olan sistemlər; 2) zamanın ixtiyari anında işləməyə hazır olmalı və müəyyən intervalda düzgün işləməli olan sistemlər. Nəzarətin (informasiya emalı) effektivliyini qiymətləndirmək üçün informasiyanın səhihliyi parametrindən istifadə olunur:

$$I = P/(P + Q) = P/(1-Q) \qquad (2.5.3)$$

Burada, Q - yanlış məlumat ehtimalı;

P - bir səhv siqnalın verilmə ehtimalı;

I - məlumatın dürüst olması ehtimalıdır.

Mürəkkəb sistemin çoxfunksiyalılığı, onun strukturunda dəqiq müəyyənləşdirilmiş altsistemlərin olması və xərclərin səmərəliliyini qiymətləndirərkən nəzərə alınması zərurəti, bunların hamısı, ümumi səmərəlilik meyarının tətbiq olunması məqsədəuyğunluğunu labüd edir. Səmərəliliyin xüsusi meyarları texniki və iqtisadi göstəricilərə bölünür. İÖS-ün səmərəliliyinin texniki göstəriciləri: qərar qəbuletmə müddəti – idarəedici nəzarət siqnalının hasil edilməsinin operativliyi tələbi; məcmu xəta – idarəetmə siqnalının dəqiqlik tələbi; saz işləmə ehtimalı, hazırlıq əmsalı - uğurlu istifadə ehtimalı, səhihlik və etibarlılığa dair tələblərdir.

Ümumi səmərəlilik göstəricisi *W* əvvəlcədən təyin olunmuş nəzarət olunan amillərdən asılıdır:

$$W = W\,(a1,\ a2,\ ...,\ x1,\ x2,\ ...) \qquad (2.5.3)$$

Kompleks göstərici əsasında xüsusis texniki göstəricilərlə yanaşı, xərclər daxil olmaqla seçilməli olan ən yaxşı variantın seçilməsi üçün istifadə edilən iqtisadi göstəricilər texniki xarakteristikalarına görə təxminən bərabər olan variantları, ümumi səmərəlilik göstəricisində iqtisadi göstərici nəzərə alınmaqla müxtəlif variantları, layihələndirmə və istismar xərclərini optimallaşdırmaq əsasında İÖS-ü yaratmaq prosesini planlaşdıraraq müqayisə etməyə imkan verir.

İÖS müəyyən texniki obyektin işləməsi ilə əlaqəli məsələləri həll etmək üçün yaradıldığından, texniki vasitələr kompleksinin əsas idarəetmə-nəzarət alqoritmləri, yəni alqoritmləşdirmə prosesi layihələndirmə başlayana qədər, elə işlənməlidir ki, sistemin strukturu barədə dəqiq təsəvvür əldə etmək mümkün olsun. Alqoritmik kompleksin və ayrı-ayrı alqoritmlərin qraf-sxemlərinin mövcudluğu, eyni zamanda bəzi kəmiyyət parametrlərinin məlum olması məlumatın işlənməsi prosesinin ən vacib xarakteristikalarını müəyyən etməyə imkan verir.

Qazın saxlanması və nəqli, emalı və paylanması sisteminin səmərəliliyinin daha da yüksəldilməsinin təsirli yollarından biri də avadanlıq və qurğuların texniki diaqnostikasıdır. Qaz anbarları əsasən idarəetmə və nəzarət məntəqəsindən uzaqda yerləşdiyinə görə qərar qəbul edən şəxs obyektlə birbaşa əlaqə qurmaq imkanına malik deyildir. Buna görə də avtomatlaşdırma səviyyəsi, informasiyanın emalının səhihliyini yüksəltmək vacib məsələlərdən biridir.

Mövcud idarəetmə sistemlərinin işləməsi və texniki dəstəyi üçün alqoritmlərin mükəmməl olmaması tətbiq sahəsini və müddətini məhdudlaşdırır, nəzarətin tamlığını və səhihliyini təmin etmir. Tezlik çıxış siqnallı sensorların, ölçmə çeviricilərinin (ÖÇ), biparametrik (iki parametrli) ÖÇ-ün istifadə edilməsi sistemin səmərəliliyi və etibarlılığının xeyli dərəcədə yüksəltməyə imkan verir.

Səmərəlilik göstəricisinin qiymətinin saxlanması tələb olunduqda, səmərəliliyin saxlanması əmsalı kompleks etibarlılıq göstəricisi kimi istifadə edilə bilər.

$$K_s = W_1/W_2, \qquad (2.5.4)$$

Burada, W_1 və W_2 - imtinaları nəzərə almaqla və bu müddət ərzində sistemdə imtinaların meydana gəlmədiyini qəbul etməklə İÖS-ün səmərəlilik göstəriciləridir.

Qeyd edək ki, sistemin etibarlılığı vacib və həlledici bir xassə olsa da, sistemin keyfiyyətinin yalnız bir hissəsidir. Bu səbəbdən, sistemin dözümlülüyü, səmərəliliyi, nəzarət və ölçmə dəqiqliyi kimi digər xassələrlə əlaqədə araşdırılmalıdır.

Göstəricilərin hər birinin etibarlılığa təsirini araşdıraq. Hər hansı bir qovşaq və ya bölmə sıradan çıxdığı halda, bu zamana qədər avtomatik rejimdə tənzimlənən nəzarət parametri kəskin dəyişir. Texnoloji obyektlərin idarəetmə sistemləri əl ilə (avtomatik olmayan) idarəetmə rejimini təmin etdiyindən, həmin qeyd edilən andan etibarən, verilmiş rejim əldə edilənə qədər proses bu şəkildə idarə olunur. İmtina səbəblərini aradan qaldırdıqdan və ya müvafiq qovşaq əvəz edildikdən sonra sistem avtomatik idarəetmə rejiminə keçirilir.

Nəzarət və idarəetmə dəqiqliyi göstəriciləri avtomatik və ya proqramlaşdırılmış idarəetmə funksiyalarının dinamik və statik göstəricilərindən, məntiqi idarəetmə funksiyalarının vaxtında işə düşməsindən və s. ibarətdir.

Metroloji göstəricilər İÖS-ün informasiya funksiyalarının, bunları yerinə yetirən informasiya ölçmə sistemləri və ölçmə vasitələrinin tədqiq zamanı nəzərə alınır. Bu göstəricilərə sistematik və təsadüfi xətalar, çıxış siqnalının dəyişməsi, qərarlaşma müddəti və s. daxildir. Bunlardan ən əsası ölçmə xətasıdır. Ölçmə sistemlərinin nasazlıqları metroloji göstəricilərin sistemin fəaliyyəti dayandırılmadan və (və ya) tam dayandırılması ilə pisləşməsinə səbəb ola bilər.

Səmərəlilik göstəriciləri öz növbəsində texnoloji və iqtisadi göstəricilərə bölünə bilər. Sistem etibarlılığının artırılması bir qayda olaraq xərclərin artması ilə əlaqədardır. Digər tərəfdən, etibarlılığı təmin etmək üçün elementlərin və qovşaqların sayının artırılması, yəni izafiliyin daxil edilməsi, etibarlılığın müəyyən qədər azalmasına səbəb olur. Buna görə də sistemin iş etibarlılığının tədqiqi və sistemin iş səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi zamanı əsas məsələlərdən biri bu göstəricilər arasında əlaqənin müəyyən edilməsidir. Tədqiqatlar göstərir ki, etibarlılıq

xarakteristikalarını təyin etmək üçün universal üsullardan biri imitasiya modelləşdirilməsidir.

II fəsil üzrə nəticələr

1. Qaradağ yeraltı qaz anbarının idarəetmə-nəzarət sisteminin yerinə yetirdiyi funksiyaların və tətbiq olunmuş aparat-proqram vasitələrinin təhlili əsasında göstərilmişdir ki, informasiya-ölçmə altsistemi texnoloji prosesin və prosesə təsir göstərən bütün parametrlərin ölçülməsi, tapşırıq qiymətləri ilə müqayisə edilməsi, bütün informasiyanın emal edilərək çeşidlənməsi, qısamüddətli arxivləşdirilməsini zəruri hesabatların tərtib olunaraq yuxarı səviyyəyə ötürülməsini lazımi səviyyədə təmin etməsi və altsistemin səmərəliliyinin yüksəldilməsi üçün sensor və vericilərin yerindən və çıxış siqnallarının təbiətindən asılı olaraq qruplaşdırılmalı, onların çıxış siqnallarının qeyri-səlis məntiq əsasında emal edilməsi alqoritminin işlənilməli, gələcəkdə isə özünüdiaqnostika modulu ilə təchiz olunmalıdır.

2. Kompressor stansiyasında qaz turbininə nəzarət və idarəetmənin mürəkkəb məsələlərin təhlili əsasında müəyyən olunmuşdur ki, həmin məsələləri mütəxəssis ekspertlərin təcrübəsindən istifadə etməklə qeyri-səlis alqoritmlərə həll etmək məqsədəuyğundur. Bu zaman ümüumi nəzarət alqoritmi turbinin çıxışında işlənmiş qazların temperaturu, yanma kamerasında temperatur, yanacaq sərfi və turbin valının sürətinə nəzarətə əsaslanır. Təklif edilən altsistem turbinin norma hüdudlarından kənar istismar rejimlərinin proqnozlaşdırmağa və bununla da turbinin boşdayanmaları, istehsal itkilərini məhdudlaşdırmağa və təmir-xidmət xərclərini azaltmağa imkan verir.

3. İnformasiya-ölçmə sisteminin informasiya modeli və metroloji təminatı məsələləri araşdırılmış, sistemin giriş və çıxış informasiyasını təşkil edən müxtəlif fiziki təbiətə malik parametr və göstəriciləri müəyyən olunmuş, sistemin ümumi xətasını təyin edən xətalar təyin edilərək onların tədqiqi və azaldılması yolları göstərilmiş, sistemin səmərəliliyinin təyin edilməsinə müxtəlif yanaşmaların təhlili əsasında müəyyən olunmuşdur ki, imitasiya modelləşdirilməsi daha effektiv olub, sistmein etibarlılıq göstəricilərini də təyin etməyə imkan verir.

III FƏSİL. QEYRİ-MÜƏYYƏN İNFORMASİYA ŞƏRAİTİNDƏ QAZ SƏRFİNİ ÖLÇƏN CİHAZ VƏ QURĞULARIN SEÇİLMƏSİ

3.1. Qazın sərfini ölçən cihazların texnoloji tələblərə uyğun seçilməsi

Qeyd etmək lazımdır ki, qaz sərfinin ölçülməsi mayenin sərfinin ölçülməsindən daha çətin məsələdir. Bu, qazların sıxlığının dəyişməsi ilə əlaqədardır. Təzyiq, temperatur və digər parametrlərin prosesin girişində ölçülməsi qaz sərfinin ənənəvi ölçmə texnologiyasında xaos yarada bilər. İş prinsipinə və konstruksiyasına görə bir-birindən fərqlənən sərfölçənlərin əsas metroloji və texniki-texnoloji xarakteristikalarının təhlili göstərir ki, qazın xassələri ilə bağlı xarakteristikalar, əmsallar əksər hallarda ortalaşdırılmış, təqribi olaraq qəbul edilir [2, s.85].

Qazların ölçülməsi aşağıdakı prinsiplərə əsaslanır [25, s.1]:

-dəyişən təzyiqlər düşküsünə əsasən;

-kütlə sərfinin ölçülməsi;

-axının elektromaqnit və ultrasəslə ölçülməsi;

-turbinli ölçmə üsulu.

Qaz sərfinin ölçülməsində hal-hazırda geniş yayılmış diferensial girişli sərfölçən tətbiq olunur. Sərfölçən boru daxilində yerləşdirilmiş diafraqmanın hər iki tərəfindəki təzyiqlərin fərqi, diafraqmanın həndəsi ölçüləri, qazın temperaturu və xassələrindən asılı olan sabit kəmiyyətin (əmsalın) qiymətinə əsasən qazın sərfini birbaşa deyil, təzyiq vasitəsilə təyin etməyə imkan verir. Membranlı sərfölçənlər bir-birindən kəskin fərqlənən müxtəlif tərkibli qazların ölçülməsi üçün kifayət qədər uğurla tətbiq oluna bilər. Bu zaman cihazın ölçmə kanalında hər hansı bir prinsipial dəyişiklik etməyə ehtiyac yoxdur.

Bu növ ölçmə vasitələrinin istifadə dairəsini genişləndirmək üçün onun göstərişlərinin, yəni ölçmə nəticələrinin dürüstlüyünü yüksəltmək, qazın tərkibindəki müxtəlif kimyəvi element və mexaniki aşqarların (qarışıqların), həmçinin qazın digər texnoloji parametrlərinin konsentrasiyasının geniş diapazonda təsirini öyrənmək, tədqiq etmək və lazım gəldikdə azaltmağa çalışmaq lazımdır. Bundan başqa, qaz

axınının sərfölçənin həssas elementi ilə təmasının tədqiq olunması da müxtəlif amillərin xətaya təsirinin öyrənilməsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu məsələlərin həll edilməsi bütövlükdə informasiya ölçmə-sisteminin ümumi xətasının minimuma endirilməsinə imkan verir.

Qaz sərfinin kommersiya məqsədləri üçün ölçülməsində əsasən turbinli, ultrasəs və təzyiqlər düşküsü iş prinsipli sərfölçənlərdən istifadə olunur. Turbinli sərfölçənlərdə ölçmə xətası ±1% təşkil edir. Qaz sərfinin ənənəvi ölçmələri həcmi ölçmələrə əsaslanmışdır. Hal-hazırda təzyiq düşküsünün və təzyiqin ölçmə xətası ±0.1% civarındadır.

Məsələn, Krohne şirkətinin Altosonic V tipli ultrasəs sərfölçənində ölçmə prosesi 5 şüanın hasil edilməsi, yayılması və qəbul edilməsi əsasında aparılır [23]. Texniki xarakteristikaları aşağıdakı kimidir:

- axın sürəti – 0,5-10,0 m/san.;
- işçi temperaturu - 140°C;
- işçi təzyiqi - 160 atm;
- çıxış siqnalı - 4-20 mA;
- qurğunun sərf etdiyi güc - 200Vt;
- ölçmə xətası <±0,15 %.

Sərfölçənlərin xarakteristikası ilə əlaqədar yuxarıda göstərilmiş məlumatlar sərfölçənin konkret növünün seçilməsi, verilmiş konkret məsələ üçün kifayət deyildir. Aparılmış araşdırmalar nəticəsində qaz sərfini ölçən qurğu və cihazların, konkret halda sərfölçənin seçilməsi üçün aşağıdakı əsas parametrləri göstərmək mümkündür [24, s.]:

-qazın axın sürəti;

-sərfölçənin buraxma qabiliyyəti;

-ölçmə diapazonu, ölçmə xətası, temperatur diapazonu;

-qazın təzyiqi, sıxlığı və tərkibi;

-axına göstərdiyi hidravlik müqavimət - qaz axınına maneə səviyyəsi;

-çıxış siqnalının forması (analoq, rəqəmsal) və səviyyəsi;

- çıxış siqnalının ötürülmə protokolu (Hart, Modbus, Profibus), siqnalın ötürülmə məsafəsi;

-cəldişləməsi (ölçmə sürəti);

-enerji effektivliyi, sərf etdiyi enerji;

-quraşdırma mürəkkəbliyi, quraşdırma üsulu;

-ölçmə üsulu (prinsipi); həssaslığı, çıxış xarakteristikasının xəttiliyi;

-çıxış xarakteristikasının temperaturdan asılılığı.

Bunları nəzərə alaraq, qeyd edilən xarakteristika və göstəricilərinə görə sərfölçənləri seçmək üçün aşağıdakı ümumi meyarları göstərək [83, s.57]:

-ölçülən mühitin xarakteristikaları (fiziki-kimyəvi xassələri);

-reversiv axınların və ya ümumi sərfin ölçülməsi;

-ölçmənin dinamik diapazonu;

- ölçmə dəqiqliyi, yoxlama intervalı və sərfölçənin quraşdırıldığı yerdən çıxarılmadan yoxlanması imkanı;

-etibarlılığı və istismar xarakteristikaları.

Beləliklə, burada sərfölçənin həm konstruktiv, həm metroloji, həm də siqnalın həssas elementdən qəbul edən çevirici modulunun parametrləri öz əksini tapmalıdır. Sərfölçənin axına göstərdiyi hidravlik müqavimət konstruktiv və metroloji xarakterli parametrlərdən biridir. Elektromaqnit və ultrasəs sərfölçənlərindən fərqli olaraq burulğanlı və Koriolis tipli sərfölçənlər daha çox hidravlik müqavimətə malikdir.

Dinamik ölçmə diapazonu – sərfin maksimal qiymətinin minimal qiymətinə nisbətidir. Bu zaman sərfölçənin verilmiş dəqiqliyi təmin etdiyi sərfin maksimum və minimum qiymətləri nəzərdə tutulur. Məsələn, qazın sərfi ölçülərkən axın sürəti 80 m/san-dən çox olmamalıdır. Bu zaman ölçmə diapazonuna qazın temperaturu və təzyiqinin qiymətləri təsir göstərir.

Qeyd edilən parametrlərin dəyişməsi qeyri-müəyyən xarakterə malik olduğundan onların müəyyən edilməsi məsələsini qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsindən istifadə etməklə yerinə yetirmək məqsədəuyğundur. Bunları əsas götürərək, qeyd edək ki, qeyri-səlisliklə bağlı kəmiyyətlərin müəyyən edilməsi mühüm məsələlərdən biridir. Bütün qeyd edilən parametrlərin dəyişmə diapazonu müəyyən edildikdən sonra, onlardan hansının konkret qiymətə, hansının isə qeyri-müəyyənliyə və ya qeyri-səlisliyə malik olduğunu təyin etmək mümkündür. Həmin kəmiyyətlərə qazın sıxlığı,

tərkibindəki kimyəvi elementlər və aşqarlar, qazın və mühitin dəyişən temperaturu (ətalətli olduğu nəzərə alınmaqla) və s.

Bəzi şirkətlər istehsal etdiyi ölçmə cihazları və qurğuları içərisindən sifarişçiyə tələb olunan xarakteristikalara malik sərfölçənin seçilməsi üçün xüsusi proqramla yazılmış "Applikator" – kalkulyator tipli tətbiqi proqram (TP) təklif edir [25, s.2]. Bu cür proqramlar texnoloji prosesin boru xətlərində ölçmə nöqtələrinin layihələndirilməsi – müvafiq ölçmə cihazlarının seçilməsini asanlaşdırır. Bu məqsədlə sərfölçənin yuxarıda qeyd etdiyimiz bütün vacib parametr və göstəriciləri istifadəçi tərəfindən proqrama daxil edilir, proqram uyğun hesablamalar aparmaqla sifarişçiyə münasib sərf ölçənlərin seçilməsini iki mərhələdə yerinə yetirir:

- mümkün ölçmə prinsipinin və sərfölçənin konstruksiyasının seçilməsi;
- seçim funksiyası vasitəsilə alınmış nəticələrdən istifadə etməklə ideal nominal diametrinin hesablanması və mümkün və münasib texnoloji birləşmələrin seçilməsi.

Daha sonra sifarişçi prosesin parametrlərini - temperatur və təzyiq diapazonları, işçi mühitin növü seçir, sərfölçənin daha münasib xarakteristikalarını daxil edir. Bu zaman düzgün sərfölçənin seçilməsi prosesi "Ölçülərin təyin edilməsin"-dən başlanır. Burada sərfölçənlərin əsas xarakteristikaları diaqramlar şəklində verilmişdir. Bunlara aşağıdakılar aiddir:

-təzyiq itkiləri;

-dəqiqlik;

-sərfölçənin materialına minimal təzyiq sürəti /yüklənməsi.

TP-nin başqa funksiyaları da vardır ki, bunlardan prosesin xarakteristikasının - sıxlıq, özlülük, buxarın təzyiqi kimi göstəricilərin hesablanmasını, ölçü vahidlərinin çevrilməsini göstərmək olar.

Applikator vasitəsilə sərfölçənin seçilməsi qazın seçilməsindən başlanır. Səmt qazı olduqda bu qaz qarışığı olduğuna görə əvvəlcə tərkibi müəyyən olunur və həmin tərkibli qarışıq tərtib edilir. Bu qazın sərfini ölçmək üçün koriolis, və ya burulğan tipli sərfölçəndən istifadə etmək məqsədəuyğun olduğuna, lakin burulğan prinsipi ilə çox kiçik sərfləri ölçmək mümkün olmadığına görə koriolis prinsipindən istifadə edirik.

Qazın tərkibini buna uyğun olaraq müəyyən edildikdən sonra proqram tərtib olunmuş qazın parametrlərini hesablayır.

Bundan sonra prosesin zəruri parametrləri, çeviricisin hazırlanacağı materialı, eləcə də prosesə qoşulma üsulu daxil edilir. Proqram bütün hesablamaları yerinə yetirdikdən sonra təklif olunan cihaz uyğun gəlmədikdə onun başqası ilə əvəz edilməsi barədə xəbərdarlıq pəncərəsi açılır.

Mövcud tətbiqi proqramın tədqiqi göstərir ki, bu proqram yalnız müəyyən istehsalçının məhsullarına istiqamətlənmiş olub, seçimin həmin məhsullar sırasından aparılmasını, konkret sərfölçənin ortalaşdırılmış parametrlərə görə seçilməsini təmin edir.

Təzyiq vericiləri nəinki texnoloji prosesin gedişinin təhlükəsiz olmasını, həmçinin boru kəmərlərində sərfin ölçülməsi üçün informasiyanın əldə edilməsini təmin edir. Təzyiq əksər neft-kimya istehsalat proseslərinin həlledici parametrlərindən biri olub, daima nəzarətdə saxlanmasını tələb edir. Çevirici ölçülən kəmiyyətin unifikasiya edilmiş analoq cərəyan siqnalına fasiləsiz olaraq çevrilməsini təmin edir. Vericidə quraşdırılmış mikroprosessorlu elektronika aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirməyə imkan verir:

- vericilərin sazlanması və kalibrlənməsi;
- real istismar şəraitində vericinin sazlama dəqiqliyini artırmaq və yekun ölçmə xətasını azaltmaq;
- vericinin mümkün sazlama diapazonunu genişləndirmək;
- fasiləsiz özünü diaqnostikanı təmin etmək.

Temperatur vericisi ölçmə diapazonu və quraşdırılan hissənin uzunluğuna əsasən seçilir. Mühitin həqiqi temperaturunu ölçmək üçün o, boru kəmərinin ortasında olmalıdır. Bundan başqa, sərfölçənlərin materiallarının temperaturdan asılı olaraq, korroziyaya davamlılığı da yoxlanmalı və buna uyğun seçim yerinə yetirilməlidir.

Sərfölçənin nominalının müəyyən edilməsi zamanı nəzərə almaq lazımdır ki, sərfölçənin ömrünü artırmaq və qəzaların qarşısını almaq üçün maksimum işçi axın sərfölçənin maksimum 0,8-0,85 hissəsini təşkil etməlidir. Böyük en kəsiklər üçün ölçmə dəqiqliyi 0,2-0,5% təşkil edir.

Sərfölçənin hazırlandığı materialların kimyəvi uzlaşma cədvəlindəki məlumatlara uyğun gəlməsi vacib məsələlərdən biridir. Bu həm cihazın qiymətini, həm də onun uzunömürlülüyünü təyin edir.

Ətraf mühitin temperaturu sərfölçənlərin yarımkeçiricilər əsasında hazırlanmış elektron komponentləri adətən -40÷+60°C-də istismara hesablanmışdır. Temperatur qradiyenti 10°C/dəq olduqda bəzi komponentlər tez bir zamanda sıradan çıxa bilər. Buna görə də 80-150°C temperatur diapazonunda işləyərkən xüsusi soyuducu radiatordan istifadə etmək zəruridir.

Sərfölçənin seçilməsində təbii ki, qiymət amili də nəzərə alınmalıdır. Həmin qiyməti optimallaşdırmaq məqsədi ilə qoyulmuş məsələnin həlli üçün ikinci dərəcəli amillərin (göstəricilərin) vacibliyi, hansı göstəricilərə üstünlük hüququ verilməsi – prioriteti təyin olunmalıdır ki, qiymətin tələb olunan səviyyəsinə nail olmaq mümkün olsun.

Beləliklə, informasiya-ölçmə və idarəetmə-nəzarət sistemlərində qazın ölçülməsi üçün əsasən ultrasəs, təzyiq düşküsünə əsaslanan, turbinli və koriolis sərfölçənlərindən istifadə olunur və ölçülən mühitlərin müxtəlifliyi və ölçmə məsələlərinin qoyuluşundan asılı olaraq, texniki-iqtisadi xarakteristikalarına görə uyğun və münasib olan sərfölçənin seçilməsi kifayət qədər mürəkkəb məsələdir.

Müasir sərfölçənlərin aşağıdakı üstünlüklərə malik olmalıdır:

- ölçmə sisteminin modullardan təşkil olunması;
- zəruri avadanlıqların sayının azalması;
- istehsalat xərclərinin azalması;
- mühəndis işlərinə zərurətin və xərclərin azaldılması;
- qeyri-istehsal - nəqliyyat, quraşdırma, işəsalma-sazlama, texniki xidmət və metroloji təminat xərclərinin azaldılması;
- modulların və sistemin bütün komponentlərinin qarşılıqlı əvəz edilməsi imkanı;
- nasazlığa qədər işləmə müddətinin artırılması;
- sistemin yekun ölçmə xətasının azalması;
- istehsalat və ekoloji təhlükəsizlik.

Tələb olunan texnoloji proses üçün qaz sərfini ölçən cihaz və qurğuların seçilməsi onların konstruksiyası, iş prinsipi, eləcə də ətraf mühit və ölçülən qazın tərkibi haqqında məlumatlar əsasında aparılır. Mövcud seçim metodikaları, bir qayda olaraq, istehsalçı şirkətin sərfölçənlərinin seçilməsinə bağlı olub, cari zaman kəsiyi üçün mövcud olan sərfölçən növlərini əhatə etmir.

Tədqiqatlar göstərir ki, həm sərfölçənlərin seçilməsində, həm də iş prosesində qeyri-səlis xarakterə malik parametrlər özünü bu və ya digər şəkildə büruzə verir. Qeyd edilən xüsusiyyətlər seçim qərarının sərfölçənin bütün çoxlu sayda göstərici və parametri nəzərə alınmaqla aparılmasını tələb edir, lakin bu çoxölçülü məsələyə çevrildiyindən, bu halda seçimi adi üsullarla yerinə yetirmək praktiki olaraq qeyri-mümkündür. Sərfölçən cihazların parametr və göstəricilərinin bir qismi konkret qiymət almayıb, qeyri-səlis xarakterə malik olduğundan seçim zamanı qeyri-səlis məntiqə əsaslanmaq, sərfölçənlərin seçilməsinə mövcud və müasir yanaşmaların təhlili əsasında onların üstün cəhətlərindən yararlanaraq çoxmeyarlı və mürəkkəb seçim məsələsini qeyri-səlis çoxluq və məntiq metodlarından istifadə edilərək həll etmək məqsədəuyğundur.

3.2. Sərfölçənlərin texniki xarakteristikalarının təhlili

Maddələrin axın sürətinin və kütləsinin istənilən aqreqat vəziyyətində (qaz, maye) ölçülməsi uçot-hesabat əməliyyatlarında ən çox istifadə olunur. Hesablama işlərinə əlavə olaraq, müxtəlif sahələrdə avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərində maddələrin istehlakının məqbul (verilmiş, tələb olunan) xəta ilə ölçülməsi zəruri əməliyyatlardan biridir.

Sərf dedikdə boru kəmərinin kəsiyindən vahid zaman ərzində axan maddənin miqdarı və ya qazın həcmi nəzərdə tutulur. Bu parametr vacib parametrlərdən bir olub, bütün texnoloji proseslər kimi texnoloji tsikldə axan maddənin miqdarından və ya qazın həcmindən asılıdır.

Qazın sərfini ölçən cihazın seçimi istismar şəraitindən və cihazın təyinatından asılıdır. Sərfölçəni seçərkən nəzərə alınmalı olan ilk parametrlər ölçülən mühitin

xarakteristikaları qaz növü, təzyiq və temperatur. Sonra cihazın quraşdırılması metodunu müəyyən edilməli və bununla əlaqəli parametrləri, məsələn boru kəmərinin diametri nəzərə alınmalıdır.

Cihazlar müxtəlif variantlarda hazırlana bilər. Laboratoriya ölçmələri üçün üzərində şkalası, içində isə üzgəc olan şüşə boru istifadə olunur. Bu da üzgəcin vəziyyətini şkaladan təyin etməyə imkan verir. Sərf haqqında məlumatları məsafədən ötürmək üçün üzgəcin vəziyyətinin unifikasiya edilmiş siqnal növlərindən birinə çevrilməsini təmin çeviricidən istifadə edən qurğular layihələndirilir. Ölçmə xətası konstruksiyadan və ölçmə hüdudlarından asılı olaraq 1,5-4%-dir.

Hazırda müxtəlif iş prinsipi, sürət, dəqiqlik, səmərəlilik, həssaslığa və eyni zamanda zəruri ölçmə diapazonuna malik müxtəlif növ ölçmə cihazları mövcuddur. Endress Hauser, Krohne, Siemens AG və digər tanınmış şirkətlər müxtəlif markalı sərfölçənlər istehsal edir [23, 24 (saytlar)]. Verilmiş məqsədlər üçün məqbul olan sərfölçən cihazı seçərkən müəyyən tələblərə riayət olunmalıdır. Tanınmış şirkətlər yuxarıda göstərilən parametrlərə görə, müxtəlif markalı sərfölçənlər istehsal edir. Ən çox istifadə olunan sayğaclar və sərfölçənlər bunlardır:

1.Koriolis sərfölçənləri. Çoxparametrli sensorlar və ən yüksək dəqiqlik: Koriolis qüvvələrinə əsaslanan ölçmə prinsipinin maye və qazların sərfini təyin etmək üçün getdikcə daha çox istifadə edilməsinin səbəblərindən yalnız ikisi bunlardır.

2. Elektromaqnit sərfölçənlər. 60 ildən artıq bir müddətdə elektromaqnit sərf ölçmə üsulu bir çox sahələrdə geniş tətbiq tapmışdır. Universal elektromaqnit sərfölçənləri bütün sənaye sahələrdə istifadə olunur.

3. Ultrasəs sərfölçənlər (Proline Prosonic Flow ultrasəs sensorları - nominal diametri DN4000 (156")-dək olan borularda qazların və mayelərin universal və qənaətli ölçülməsini təmin edir;

Müxtəlif standartlarda müqayisə edilməsi zəruri olan verilənlərin sayı çox olduğundan, aşağıdakı amillər nəzərə alınmaqla seçim prosedurunu bir qədər sadələşdirmək mümkündür. Bu, yalnız bəzi hallarda hər hansı bir qurğu və ya cihaza üstünlük verilməsinə təmin etdiyindən təklif edilən yanaşmanın tətbiqini qısaca olaraq nəzərdən keçirək.

• ən aşağı ümumi qeyri-müəyyənlik;

• yüksək hazırlıq (>300:1):

Belə hallarda burulğan yaradan qurğulardan istifadə etmək tövsiyə edilmir. Bu hallarda, sürət sahəsini təyinetmə üsullarından istifadə etmək məqsədəuyğundur:

1. Trasserli üsullardan;

2. Yastı suaşıranlardan;

3. Nazik lövhəli suaşıranlardan.

Sərfölçən seçilməsi prosesinin müxtəlif variantları vardır, bunlardan biri istifadəçinin xüsusi olaraq hazırlanmış proqramdan istifadə edərək seçim etmək qərarına gəlməsidir. Endress+Hauser tətbiqi texnoloji layihələndirmə prosesində ölçmə qovşağını planlaşdırmaq üçün seçim və konstruksiya proqramlarından biridir.

Sərfölçən cihazları işlənilməsində zəngin təcrübə və mürəkkəb hesablamaların yerinə yetirilməsi tələb olunur. Applikator proqramı ölçmə nöqtələrinin layihələndirilməsi prosesini asanlaşdırır. Bu zaman istifadəçi bütün vacib parametrləri nəzərdən keçirir və müvafiq hesablamaların nəticələrini təhlil edir. Artıq müvafiq məlumatları tapmaq üçün müxtəlif sorğu-məlumat kitablarına və ya mənbələrini araşdırmağa ehtiyac qalmır. Applikator İnternetdən yüklənə və ya kompüterdə quraşdırmaq üçün sifariş verilə bilər. Applikator münasib sərfölçənləri iki mərhələdə seçir:

- sərfölçən cihazların mümkün ölçmə prinsipi və konstruksiyasının seçilməsi;

- 0 seçim funksiyasından istifadə edərək əldə edilən nəticələrə əsasən ideal nominal diametrin hesablanması, mövcud və münasib texnoloji qoşulmaların seçilməsi.

"Seç" funksiyası işə salındıqda tətbiq əvvəlcə müxtəlif münasib sərfölçənlər təklif edir, bunlar "Girişdə hesablayır" və hesablanmış qiyməti uyğun şəkildə saxlayır. Applikatorda qurulmuş ölçmə prinsipləri:

• təzyiq düşküsünün ölçülməsi;

• elektromaqnit ölçmə üsulu;

• Koriolis kütlə sərfinin ölçülməsi;

• istilik kütləsinin ölçülməsi;

• axınının ultrasəslə ölçülməsi;

• burulğanlı axınının ölçülməsi;

• açıq kanalda ölçmə.

Daha sonra prosesin şərtləri (mayenin növü, prosesin istilik və təzyiq diapazonları) və sərfölçənin üstünlük verilən xarakteristikaları seçilir. Applikatorun yaddaşında olan sərfölçənlərin texniki məlumatları birbaşa çağırıla bilər.

Münasib ölçmə cihazının seçim prosesi "Ölçülərin təyini" bölməsindən başlanır [25, sayt]. Proqram ölçülən proses parametrləri haqqında konkret məlumat tələb edir. Bundan sonra applikator proses üçün ideal nominal diametr təklif edir. Tətbiq üçün sərfölçənin mühüm xarakteristikaları diaqram şəklində təqdim olunur (təzyiq itkisi; dəqiqlik; materiala minimum təzyiq/yük (təzyiq temperatur diaqramları).

Applikator üçün əlavə modul olaraq, korroziya məlumat bazasına istinad olunur. Korroziya məlumat bazası hesablamalar əsasında, prosesin temperaturundan asılı olaraq maye ilə isladıldıqda sərfölçənlərin materialının korroziyaya davamlı olub olmadığı müəyyən olunur. İstifadəçilər bu məlumatları digər məlumat mənbələrinə müraciət etmədən özlərində saxlayırlar, həmin məlumatlar çox vaxt ziddiyyətli ola bilər.

Maye axınının ölçülməsinin mürəkkəbliyi sərfin ölçmə üzrə yüzlərlə standartın inkişafına səbəb olmuşdur. Sərfin ölçülməsi və standartlarla əlaqəli əsas rəsmi beynəlxalq təşkilatlar bunlardır: Beynəlxalq Standartlaşdırma Təşkilatı (İSO), Beynəlxalq Qanunverici Metrologiya Təşkilatı (OIML), Beynəlxalq Elektrotexnika Komissiyası (IEN) və s.

Qaz istehsalı və paylanması sahəsində istifadə oluna qurğulardan biri də ROC şirkətinin FloBoss-107 kontrollerləridir. FloBoss 107, elektrik siqnallarını axın, temperatur, təzyiq çeviricilərindən ölçmək, fiziki miqdarlara çevirmək, konstruksiya və texnoloji əməliyyatlar zamanı standart şərtlərə endirilən təbii qazın axını və həcmini hesablamaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Cədvəl 3.2.1-də bu kontrollerin xarakteristikaları təqdim edilmişdir.

FloBoss 107 kontrollerin xarakteristikaları

Cədvəl 3.2.1

Ölçmə sistemi	
Ölçmə prinsipi	Ultrasəsin keçmə sürətinin ölçülməsi
Ölçülən mühitlər	Elektrik keçirici və keçirməyən mayelər
Ölçülən parametrlər	
İlkin parametrlər	Ultrasəs siqnalının keçmə müddəti
İkinci parametrlər	Həcmi sərf, məcmu həcm, səsin sürəti (V_0S), siqnalın güclənməsi, axının istiqaməti
Konstruksiyası	
Ölçmə diapazonu	0.5…20 m/san
İlkin çevirici	
UFS 530 HT aşağıdakı ölçülərdə və konstruksiyada təklif olunur:	
DN25…80	Bir ölçmə şüalı konstruksiya
DN100…300	İki ölçmə şüalı konstruksiya
Girişlər\Çıxışlar	Cərəyan (HART®), impuls, tezlik və/və ya vəziyyət çıxışı, məhdudlaşdırıcı açar və/və ya idarəetmə girişi (giriş/çıxışların icrasından asılı olaraq)
Sayğaclar	Maksimum 8 mərtəbəli 2 daxili sayğac (həcm və kütləni ölçmək üçün)
Yoxlama şərtləri	
Ölçülən məhsul	Su
Temperatur	$20+5^0C$
Təzyiq	100 kPa
Cihaza qədər düz sahənin uzunluğu	10 DN
Buraxıla bilən xətanın hüdudları	Ölçülən qiymətin ± 1%; v= 1-20 m\san, temperaturun təsiri: 0.1% /10K
	± 1 sm/san v<1 m\san olduqda
Bərpa olunma	±0.3%
Kalibrləmə	2-nöqtəli, suya görə, yoxlama şəraitində
İstismar şəraiti	
Temperatur	
İşçi temperatur	Standart diapazon: $-50…+150^0C$
	Partlayışa davamlı icra: $-200…+440^0C$
Ətraf mühitin temperaturu	$-40…+65\ ^0C$
Təzyiq	
Ətraf mühit	Atmosferlə
EN 1092-1	DN25…80: PN40
	DN100…150: PN16
	DN200…300: PN 10
	Müraciətlə daha böyük qiymətlər
ASME B16.5	1…12": 150 lbs
	Müraciətlə daha böyük qiymətlər
JIS	10K
Ölçülən məhsulların xassələri	
Fiziki halı	Maye
Tərkibində qazın buraxıla bilən miqdarı (həcm)	<2%

Cədvəl 3.2.1-in ardı

Bərk qarışıqların buraxıla bilən miqdarı (həcm)	<5%
Özlülük	<100 sSt
	Müraciətlə daha böyük qiymətlər
Qida mənbələri	
Gərginlik	100-240 B dəyişən cərəyan (+10%/-15%), 48…63 Hs
	24 B dəyişən cərəyan (20-27) B 24 B sabit cərəyan (18-32) B
Sərf etdiyi güc	Dəyişən cərəyan: 10 VA
	Sabit cərəyan: 8 Vt
Kabel girişləri (qida mənbəyi və sensor üçün)	Standart
	M20×1.5
	Sorğu ilə ½" NTP və ya PF ½"
Kabelin uzunluğu	Standart
	5 m
	Sorğu ilə 10-30 м
Cərəyan çıxış	
Funksional imkanları	Həcmi sərfin, səsin sürətinin ölçülməsi, siqnalın gücləndirilməsi, axının istiqaməti
	Q= 0%: 0-16 mA (HART protokolu ilə: 4-16 mA, 1 mA addımla, hüdud qiyməti: 20-22 мA)
	Q= 100%: 4-20 мA
İmpulslu çıxış	
Funksional imkanları	Həcmi sərfin, faktiki həcmin, səsin sürətinin, siqnalın güclənməsinin, axının istiqamətinin ölçülməsi
Sazlamalar	Kütlə sərfinin hesablanması
	İmpuls və ya tezlik: 0-2000 Hs, vəziyyət: qoşulmuş və ya açılmış
İstismar parametrləri /Qoşulma	Aktiv rejim: U_{daxili}=24V sabit cərəyan, I_{maks}=50 mA
	Passiv rejim U_{xarici}=19-32 B sabit cərəyan, I_{maks}= 150 mA

Cədvəl 3.1.1-dən göründüyü kimi, əsas tələblərə görə seçilmiş FloBoss107 sərfölçən cihazları maqnit sərfölçənlərdən fərqli olaraq daha münasib texnoloji parametrlərə və xarakteristikalara malikdir.

Qaz-istismar sənayesində fərqli iş prinsipləri olan digər sərfölçənlər də tətbiq olunur. Bunlardan bəzilərini misal göstərmək olar:

1. SM-RI-X turbin sərfölçənləri böyük diametrli boru kəmərində (200-dən 600 mm-ə qədər) və yüksək təzyiqlərdə (15 MPa-a qədər) böyük qaz sərfini (25000 m^3/san. qədər) ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu zaman ölçmə dəqiqliyi 0,5% nisbi ölçmə xətası ilə təmin edilir. Sərfin ölçmə diapazonlarına texniki tələblər aşağı olduqda Q_{max} (1:50-dək), ölçmə qovşaqlarında SM-RI-X turbinli sərfölçənlərin tətbiqi ultrasəs qaz sərfölçənlərindən daha yaxşı texniki alternativdir. Bu sərfölçənlərin texniki xarakteristikaları cədvəl 3.2.2-də göstərilmişdir.

2. РГС -1 və РГС -2 sərfölçən qaz sayğacları. Sərfölçənin iş prinsipi həcm axının axın sürətinin cismin fırlanma sürətinə çevirən taxometrik çevirici ilə ölçülməsinə əsaslanır.

Qaz axını vericisi turbin tipli birinci çeviricidən və optocütlər əsasında hazırlanmış ikinci çeviricidən ibarətdir. Qazın həcmi qazın sərfi və zaman nəzərə alınmaqla hesablama yolu ilə müəyyən edilir. Texniki xarakteristikaları cədvəl 3.2.3-də göstərilmişdir.

SM-RI-X turbinli sərfölçənlərin texniki xarakteristikaları

Cədvəl 3.2.2

Parametr	Parametrin qiyməti
Şərti keçid diametri, mm	200-dən 600-ə qədər
İş şəraitində sərfin ölçülmə diapazonu Qmin-Qmax, m^3/saat	50-dən 25000-ə qədər
Qmax olduqda çıxış siqnallarının tezliyi, Hs	4 kHs-ə qədər
Qaz həcminin buraxıla bilən nisbi ölçmə dəqiqliyi diapazonu, % atmosfer təzyiqində - $0,2Q_{max}$-Q_{max} diapazonunda Q_{min}-$0,2Q_{max}$ atmosfer təzyiqindən artıq təzyiqdə - $0,2Q_{max}$ -Q_{max} diapazonunda diapazonunda Q_{min}-$0,2Q_{max}$	 ±0,5 ±2,0 ±0,5 ±1,0
Ölçülən mühitin temperaturunun dəyişmə diapazonu, °C	−25 - +70
Ölçülən mühitin mütləq təzyiqi, MPa,	10 MPa-ya qədər
Quraşdırma uzunluğu	3 Dq
Sərfölçəndən əvvəl tələb olunan düz sahə	2 Dq-dən az olmayaraq
Sərfölçəndən sonra düz sahə	Tələb olunmur

РГС tipli sərfölçən qaz sayğacların texniki xarakteristikaları

Cədvəl 3.2.3

Qaz sərfinin ölçülmə diapazonu:	РГС-1	(0,2...2,0) dm^3/dəq
		(0,012...0,12 m^3/saat)
	РГС-2	(2,0...25,0) dm^3/dəq
		(0,12...1,5 m^3/saat)
Qaz sərfinin buraxıla bilən nisbi ölçmə dəqiqliyi diapazonu		±1,0 %
Qazın sərfi ölçülərkən rəqəmsal indikatorun ən kiçik mərtəbəsinin nominal qiyməti	РГС-1	0,001 dm^3/dəq
	РГС-2	0,01 dm^3/dəq
Sayğacdan keçən qazın həcmini ölçməyə imkan verən indikatorun tutumu		999,9 dm^3
Qaz həcminin buraxıla bilən nisbi ölçmə dəqiqliyi diapazonu (РГС-1 üçün 0,3 dm^3-dən və РГС-2 üçün 3 dm^3-dən az olmayan həcmlər ölçülərkən)		±1,0 %
Qazın həcmi ölçülərkən rəqəmsal indikatorun ən kiçik mərtəbəsinin nominal qiyməti	10 m^3 qədər həcmlər	0,001 dm^3
	10 m^3-ə bərabər və daha böyük həcm üçün	0,01 dm^3
	100 m^3-ə bərabər və daha böyük həcm üçün	0,1 dm^3
Hermetikliyin təmin edildiyi izafi təzyiq		30 kPa
Qida mənbəyi		220 V
Sərf etdiyi güc, maksimum		10 Vt
İşə hazırolma müddəti		5 dəq qədər
Qabarit ölçüləri		215x70x210mm
Kütləsi, maksimum		2 kq

Tədqiqatın nəticəsi olaraq bu qənaətə gəlirik ki, qaz qurğularının istismarı sahəsində sərfin ölçülməsi üçün ultrasəs sərfölçənləri daha münasibdir.

1. Tələb olunan texnoloji proses üçün qaz sərfini ölçən cihaz və qurğuların seçilməsi onların konstruksiyası, iş prinsipi, habelə ətraf mühitə və ölçülən qazın tərkibinə əsaslanır.

2. Mövcud seçim üsulları, bir qayda olaraq, məhsul istehsalçısının seçilməsindən asılıdır və cari zaman intervalı üçün mövcud istehlak materiallarının əhatə etmir.

3. Yuxarıda göstərilən xarakteristikalar seçim barədə qərarın çox sayda parametrlə nəzərə alınmasını tələb edir, lakin çoxölçülü problemə çevrildiyi üçün onu adi üsul ilə həll etmək, demək olar ki, mümkün deyildir.

4. Seçim meyarlarının qeyri-səlis məntiqə əsaslanması məqsədəuyğundur, çünki ölçmə cihazlarının bəzi parametrləri və göstərişlərində qeyri-müəyyənlik ünsürləri üstünlük təşkil edir, yəni onlar ümumi halda qeyri-səlis xarakterə malikdir.

5. Sərfölçən cihazları seçərkən əsas xarakteristikalar, onların növləri, ölçmə diapazonu, cihazları ölçmə nöqtəsinə qoşulması üsulları və axın ölçmə xətaları, bundan əlavə, istehlakçıların seçimində müasir yanaşmalar təhlil edilməli, mövcud yanaşmaların üstünlük və mənfi cəhətləri müəyyən olunmalıdır.

3.3. Ekspert rəylərindən istifadə etməklə sərfölçənin seçilməsi

Son zamanlar Azərbaycanda qazlaşdırma işlərinin genişlənməsi, xarici bazara qaz ixracının artması qazın sərfinin ölçülməsi və uçotu məsələlərinin aktuallığını daha da yüksəltmişdir. Bu məqsədlə mövcud informasiya-ölçmə sistemlərinin müasir tələblərə uyğun olaraq təkmilləşdirilməsi və yenidən qurulması, yeni ölçmə qurğularının tətbiq edilməsi məsələlərinin həll edilməsi tələb olunur. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, vericilərin yaxud sərfölçənlərin tələblərə uyğun seçilməsi məsələsini həll edərkən ümumi bir məsələnin – optimal struktura və yüksək səmərəliliyə malik informasiya-ölçmə sisteminin yaradılması məsələsinin qoyulması və həll edilməsi daha məqsədəuyğundur. Lakin bu cür məsələnin hətta ümumilikdə tərtib edilməsi müəyyən

və xeyli böyük çətinliklərlə əlaqədardır. Bundan başqa, həmin məsələnin həlli zamanı ardıcıl yaxınlaşma üsulundan istifadə edərək, məsələnin ayrı-ayrı həll mərhələlərində alınmış nəticələrin dərindən təhlil edilməsi, daha sonra məsələnin həmin mərhələdə qoyuluşuna düzəliş etmək zəruri və labüd hərəkətlərdən biri olub, ümumilikdə məsələnin həllinə yaxınlaşmanı çətinləşdirir.

Seçim məsələsinin son nəticədə informasiya-ölçmə sisteminin səmərəliliyi ilə əlaqədar olması şübhəsizdir. Bu əlaqənin aşkar şəkildə təsvir edib, nəzərə alınması məsələsinin özü daha mürəkkəb bir məsələdir. Bu zaman, əlbəttə, informasiyanın qiyməti göstəricisindən də istifadə olunmalıdır. Bu iki anlayışın, iki kəmiyyətin əlaqəsinin birmənalı müəyyən olunmadığına baxmayaraq, əsas məsələ ölçmə cihazlarının təmin etdiyi informasiyanın dəqiqliyi, operativliyi, tamlığı və baxılan məsələyə uyğunluğu informasiyanın qiymətini müəyyən etməsidir.

Sistemin özü bir-biri ilə müxtəlif qarşılıqlı əlaqədə olan, müxtəlif xarakteristikalara (texniki, texnoloji və metroloji) malik texniki vasitələr üzərində qurulduğundan verilmiş maddi resurslar daxilində optimal strukturlu və səmərəliliyi yüksək olan sistemin yaradılması məsələsi meydana çıxır. Göründüyü kimi, sistemə daxil olan ölçmə cihazları sistemin strukturunun bir hissəsi olub, əsas informasiya mənbəyini təmsil edir, sistemin işi məhz bu kəmiyyətlərin ölçülməsi əsasında əldə edilmiş informasiya bazasında qurulur, qazın uçotu sistemində qaz sərfinin düzgün və dəqiq təyin edilməsi əsas məsələ olub, sistemin səmərəliliyini təyin edən amillərdən biridir. Səmərəlilik meyarı kimi tam xərclər (məsrəflər) meyarının istifadə edilməsi daha məqsədəuyğun hesab edilir.

Nəzarət müddətinin düzgün təyin edilməsi informasiyanın operativlik baxımından keyfiyyət göstəricisinin tələb olunan qiymətini müəyyən edir. Bu da öz növbəsində sərfölçən və digər vericilərin optimal sorğu müddətinin təyin edilməsini və seçim zamanı nəzərə alınmasını və beləliklə, layihələndirmə mərhələsində mürəkkəb kompleks sistem məsələlərin həll edilməsi tələb olunur. Ölçmə vasitələrinin ümumi sisteminin seçilməsi və unifikasiya edilməsi, nəzarətin dürüstlüyünün (səhihliyinin) qiymətləndirmə metodikasının işlənilməsi və s. bu kimi mühüm məsələlər qeyd edilən problemlərə aid olub, araşdırılan mövzunun əsas tərkib hissəsidir. İnformasiya-ölçmə

sistemini dekompozisiya üsulu ilə ayrı-ayrı hissələrə ayırıb, ölçmə cihazlarını ayrıca bir modul kimi qəbul edərək, onların xarakteristikalarının sistemin ümumi işinə təsirini tədqiq etməyi zəruri proseduralardan birini yerinə yetirmək üçün bəzi məqamları dəqiqləşdirmək lazımdır.

İnformasiya-ölçmə sisteminin strukturunun sintezi məsələsi qoyuluşundan asılı olaraq, müxtəlif başlanğıc şərtlər daxilində müxtəlif üsullarla həll edilə bilər. Sistemin topologiyası bəzi hallarda sistemin səmərəliliyində müstəsna rol oynayır. Qazın sərfini ölçən cihaz və qurğular sırf texniki vasitələr kompleksinə aid olub, bilavasitə sistemin texniki və metroloji xarakteristikalarını və son nəticədə onun səmərəliliyini təyin edir. Sistemin maksimum səmərəliliyi məhz bu xarakteristika və göstəricilərin düzgün seçilməsindən xeyli dərəcədə asılıdır. Sistemin çox funksionallığı da öz növbəsində bu göstəriciyə böyük təsir edir.

Qazın sərfini ölçən, onun kommersiya uçotu məsələsini həll edən sistem üçün əsas məsələ sərfin ölçülməsi zamanı tələb olunan metroloji xarakteristikaların təmin edilməsi yanaşı, etibarlı və operativ, dolğun və səhih informasiyanın əldə olunması üçün şərait yaradılmasıdır.

Son zamanlar hesablama texnikası vasitələrinin sürətli inkişafı, mikroprosessor və mikrokontroller texnikasının geniş yayılması yuxarıda qeyd edilən məsələlərin keyfiyyətli həllində proqram məhsullarının geniş tətbiqi üçün imkan yaratmışdır. Başqa sözlə, adıçəkilən cihaz və qurğularda mikroprosessor və mikrokontrollerlərin quraşdırılması həm cihazların öz imkanlarının, həm də ümumilikdə sistemin imkanlarını və əlbəttə, onun səmərəliliyini xeyli artırmağa, cihazların intellektuallığını təmin edərək, daha yüksək metroloji göstəricilərə nail olunmasını təmin etmişdir [27]. Bu baxımdan sərfölçənlərin seçim prosesində həmin amili nəzərə alaraq, təklif edilən cihazın funksional imkanlarını öyrənmək lazımdır. Buna görə də sərfölçən qurğuların seçilməsi prosesində məsələnin bu aspektinə də xüsusi diqqət yetirilməlidir. Digər tərəfdən proqram təminatını təkmilləşdirmək vasitəsilə sistemin mərkəzi prosessorunun, yəni əsas kompüterin də funksional imkanlarının yüksəldilməsi ilə daha yüksək səmərəliliyə nail olmaq olar.

Tətbiq olunan alqoritmlərin çox funksionallığı, yəni müxtəlif rejimlərdə və hallarda eyni bir alqoritmdən istifadə imkanları da layihələndirmə zamanı nəzərə alınmalıdır. Bu zaman neft-qaz çıxarma obyektlərinin paylanmış struktura malik olması faktı da unudulmamalıdır. Digər tərəfdən struktur izafiliyin daxil edilməsi, məsələn ehtiyat ölçmə kanallarının nəzərdə tutulması da sistemin etibarlılığının yüksəldilməsini təmin edir. Bu həmçinin ölçmə kanalından səmərəli surətdə istifadə edilməsini nəzərdə tutur. Bundan başqa, qazın sərfinə uyğun kəmiyyətin çevrilməsi və ölçülməsi məsələlərinə sərt tələblər qoyulmalıdır. Vericilərin çıxış siqnalları nəinki müxtəlif fiziki kəmiyyət şəklində ola bilər, həm də eyni bir formalı siqnallar müxtəlif parametrlərə malik olduğundan bu siqnalların normalaşdırılması – məhdudlaşdırılması, gücləndirilməsi və süzülməsi tələb olunur. Vericilərin riyazi modellərinin istifadə edilməsi ətraf mühitin parametrlərinin dəyişməsi nəzərə alınmaqla cihazların göstərişlərini və dinamiki xarakteristikalarını korreksiya – təshih etməyə imkan verir. Bundan başqa, ölçülən kəmiyyətin təsadüfi əngəl və küylərdən süzülməsi prosesinin yerinə yetirilməsi zəruri hesab edilir.

Sərt emal və nəzarət alqoritmləri ilə yanaşı, bütün mümkün variantları nəzərdə tutmağa imkan verən qeyri-səlis emal alqoritmlərinin tətbiqi sistemin səmərəliliyi yüksəltməyə imkan verən istiqamətlərdən biridir. Qeyd edildiyi kimi, həm sərfölçənlərin seçilməsində, həm də texnoloji prosesində qeyri-səlis xarakterə malik parametrlər özünü büruzə verir. Bu da sərfölçənin çıxış siqnalının qeyri-səlis alqoritmlərlə emal edilməsinə üstünlük verilməsini labüd edir.

Tələb olunan texnoloji proses üçün qazın sərfini ölçən cihaz və qurğuların seçilməsi onların konstruksiyası, iş prinsipi, eləcə də ətraf mühit və ölçülən qazın tərkibi haqqında məlumatlar əsasında aparılır [18, s.104].

Sistemin səmərəliliyini yalnız bir texniki göstəriciyə görə heç də həmişə müəyyən etmək düzgün və mümkün deyildir, lakin baxılan halda əsas məlumat mənbəyi sərfölçənlər olduğundan onların ümumi səmərəliliyə təsirini araşdıraq və seçim zamanı istifadə edilən parametrlərin ranqını müəyyən etməyə çalışaq.

Qazın sərfini ölçən cihazların informasiya-ölçmə sisteminin məqsədləri üçün seçilməsi məsələsinə sistemli şəkildə kompleks yanaşma tətbiq edərək, bu məsələyə

müxtəlif ekspertlərin yanaşmasını və ədəbiyyat mənbələrindən götürülmüş yanaşmaları təhlil etmək məqsədilə ekspertlərin rəyindən istifadə olunmuşdur. Ekspertlər qismində iştirak edən metroloq və sistem layihəçisinin rəyini öyrənmək üçün əvvəlcə sərfölçənlərin xarakteristika və göstəricilərinin siyahısı tərtib edilmişdir (cədvəl 3.3.1). Bu siyahıya həm konstruktiv-texnoloji, həm də metroloji xarakteristikalar, eləcə də iş prinsipi ilə əlaqədar göstəricilər daxil edilmişdir. Siyahının informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsi zamanı nəzərə alınan ümumi tələblərə nisbətən daha geniş olması hal-hazırda müvafiq texniki vasitələrin inkişafının müasir istiqamətlərinin təhlil prosesində nəzərə alınması istəyi (tələbi) ilə bağlıdır. Digər tərəfdən siyahı prioritetlər nəzərə alınmadan təsadüfi düzülüşlə tərtib edilmişdir ki, ekspertlərə istiqamət verilməsin, onların rəyinin formalaşmasına təsir göstərilməsin.

Sərfölçənin seçilməsində qiymət amili də nəzərə alınmalıdır. Həmin qiyməti optimallaşdırmaq məqsədi ilə qoyulmuş məsələnin həlli üçün ikinci dərəcəli amillərin (göstəricilərin) vacibliyi, hansı göstəricilərə üstünlük hüququ verilməsi – prioriteti təyin olunmalıdır ki, qiymətin və səmərəliliyin tələb olunan səviyyəsinə nail olmaq mümkün olsun.

Beləliklə, informasiya-ölçmə və idarəetmə-nəzarət sistemlərində qazın ölçülməsi üçün əsasən ultrasəs, təzyiq düşküsünə əsaslanan, turbinli və koriolis sərfölçənlərindən istifadə olunur. Ölçülən mühitlərin müxtəlifliyi və ölçmə məsələlərinin qoyuluşundan asılı olaraq, texniki-iqtisadi xarakteristikalarına görə uyğun və münasib olan sərfölçənin seçilməsi kifayət qədər mürəkkəb məsələdir.

Cədvəl 3.3.2-də hər iki ekspertin qazın sərfini ölçən cihazlar üçün seçim variantları və müvafiq ranqlar təqdim edilmişdir.

Sərfölçənlərin xarakteristika və göstəricilərinin (seçim meyarlarının) siyahısı

Cədvəl 3.3.1

Sıra N-si	Xarakteristika və göstəricilər (seçim meyarları)
1	Sərfin ölçmə diapazonu
2	İşçi temperatur diapazonu
3	İşçi təzyiq
4	Ölçmə xətası
5	İş prinsipi
6	Konstruksiyası
7	Qazın tərkibi
8	Qazın sıxlığı
9	Axın sürəti
10	Həssaslığı
11	Reversiv axınların və ya ümumi sərfin ölçülməsi
12	Qazda mexaniki hissəciklərin ölçüsü
13	Sərfölçənin buraxma qabiliyyəti
14	Axına göstərdiyi hidravlik müqavimət
15	Qaz axınına maneə səviyyəsi
16	Çıxış siqnalının forması (analoq, rəqəmsal)
17	Çıxış siqnalının ötürülmə protokolu (Hart, Modbus, Profibus)
18	Siqnalın ötürülmə məsafəsi
19	Cəldişləməsi (ölçmə sürəti)
20	Xətaların kompensasiya imkanları
21	Başqa funksional imkanlar – diapazonun avtomatik dəyişdirilməsi və s.
22	Çıxış xarakteristikasının xəttiliyi
23	Çıxış xarakteristikasının temperaturdan asılılığı
24	Sərf etdiyi güc
25	Aqressiv mühitə dözümlülüyü
26	Sərfölçənin qiyməti və xidmət xərcləri
27	Quraşdırma mürəkkəbliyi, quraşdırma üsulu;
28	Təmirə yararlılığı
29	İstehsalat və ekoloji təmizlik
30	İşçi təzyiqlər fərqi diapazonu

Ekspertlərin rəyinə görə seçim meyarlarının ranqı

Cədvəl 3.3.2

Sıra N-si	Birinci ekspert (metroloq)	Ranq	İkinci ekspert (layihəçi)	Ranq
1	Sərfin ölçmə diapazonu	1	Sərfin ölçmə diapazonu	1
2	İşçi temperatur diapazonu	1	İşçi təzyiqlər fərqi diapazonu	1
3	İşçi təzyiq fərqi diapazonu	1	İşçi temperatur diapazonu	1
4	İşçi təzyiq	1	İşçi təzyiq	1
5	Ölçmə xətası	1	Ölçmə xətası	1

Cədvəl 3.3.2-nin ardı

6	Qazda mexaniki hissəciklərin cihaza təsiri	1	Qazın tərkibi	1
7	Çıxış siqnalının forması (analoq, rəqəmsal)	1	Qazın sıxlığı	1
8	Çıxış siqnalının ötürülmə protokolu (Hart, Modbus, Profibus)	1	Həssaslığı	1
9	Qazın tərkibi	2	Sərfölçənin buraxma qabiliyyəti	1
10	Qazın sıxlığı	2	Aqressiv mühitə dözümlülüyü	1
11	Həssaslığı	2	İş prinsipi	2
12	Reversiv axınların və ya ümumi sərfin ölçülməsi	2	Konstruksiyası	2
13	Sərfölçənin buraxma qabiliyyəti	2	Axın sürəti	2
14	Axına göstərdiyi hidravlik müqavimət	2	Qazda mexaniki hissəciklərin ölçüsü	2
15	Cəldişləməsi (ölçmə sürəti)	2	Axına göstərdiyi hidravlik müqavimət	2
16	Xətaların kompensasiya imkanları	2	Qaz axınına maneə səviyyəsi	2
17	Başqa funksional imkanlar – diapazonun avtomatik dəyişdirilməsi və s.	2	Çıxış siqnalının forması (analoq, rəqəmsal)	2
18	Aqressiv mühitə dözümlülüyü	2	Cəldişləməsi (ölçmə sürəti);	2
19	Sərfölçənin qiyməti və xidmət xərcləri	2	Xətaların kompensasiya imkanları	2
20	Quraşdırma mürəkkəbliyi, quraşdırma üsulu;	2	Çıxış xarakteristikasının xəttiliyi;	2
21	Təmirə yararlılığı	2	Çıxış xarakteristikasının temperaturdan asılılığı.	2
22	İş prinsipi	3	Sərf etdiyi güc	2
23	Konstruksiyası	3	Quraşdırma mürəkkəbliyi, quraşdırma üsulu;	2
24	Axın sürəti	3	Təmirə yararlılığı	2
25	Qaz axınına maneə səviyyəsi	3	Çıxış siqnalının ötürülmə protokolu (Hart, Modbus, Profibus)	3
26	Siqnalın ötürülmə məsafəsi	3	Siqnalın ötürülmə məsafəsi	3
27	Çıxış xarakteristikasının xəttiliyi	3	Başqa funksional imkanlar – diapazonun avtomatik dəyişdirilməsi və s.	3
28	Çıxış xarakteristikasının temperaturdan asılılığı	3	Sərfölçənin qiyməti və xidmət xərcləri	3
29	Sərf etdiyi güc	3	İstehsalat və ekoloji təmizlik	3
30	İstehsalat və ekoloji təmizlik	3	Reversiv axınların və ya ümumi sərfin ölçülməsi	3

Cədvəldən göründüyü kimi, hər iki ekspertin rəyi 2-3 bənd fərqi ilə üst-üstə düşür. Ekspert-metroloq ölçmə diapazonu, ölçmə xətası və çıxış siqnalının forması və ötürmə protokolu kimi meyarlara, ekspert-layihəçi isə bunlara əlavə olaraq qazın tərkibi və sıxlığı, aqressiv mühitə davamlılıq kimi meyarlara üstünlük vermişdir. Ekspert-layihəçi sərfölçənin çoxfunksiyalılığını 3-cü, metroloq isə 2-ci yerdə olmasını vacib hesab edir.

Əlbəttə, bütün göstərilən meyar və göstəricilərin nəzərə alınması daha mükəmməl nəticəyə nail olmağa imkan verərdi, lakin, qeyd etdiyimiz kimi, məsələnin bu cür qoyuluşunda meyarların sayı kəskin artır ki, bu da onun həllini əksər hallarda qeyri-mümkün edir.

Beləliklə, rəyləri ümumiləşdirərək, demək olar ki, layihələndirmə prosesində sərfölçənlərin seçimi zamanı siyahıda göstərilən meyarların kombinasiyasından istifadə edərək, prioritetləri konkret məsələnin həllinə yönəltmək lazımdır.

1. Qaz sərfi vericilərinin seçilməsi informasiya-ölçmə sisteminin sintezində əsas problemlərdən biri olub, son nəticədə sistemin səmərəliliyini müəyyən edir.

2. Ekspert qismində çıxış edən - qaz sərfini ölçən cihazların və sistemin istifadəçisi – metroloq və qaz sərfini ölçən informasiya sisteminin layihəçisinin rəyləri ümumilikdə üst-üstə düşür.

3. Bütün seçim meyarlarının prioritet verilmədən istifadə edilməsi birbaşa həlli olmayan çoxmeyarlı məsələyə gətirib çıxarır. Buna görə də layihələndirmə prosesində meyarların kombinasiyasından istifadə edərək, prioritetləri layihə tapşırığına uyğun konkret məsələnin həllinə yönəltmək məqsədəuyğundur.

3.4. Sərfölçənin seçilməsində qeyri-səlis məntiqdən istifadə olunması

Təbii qazın ekoloji cəhətdən ən təmiz yanacaq kimi istifadə edildiyi və kimyəvi məhsulların, məsələn, karbamidin - bitkilər üçün gübrələrin istehsalında əvəzolunmaz xammal, ən yüksək ekoloji və istilikvermə göstəricilərinə malik olduğu nəzərə alınmaqla, sənayenin inkişaf tempini saxlamaq, bu proseslərin optimallaşdırmaq məqsədilə qazın miqdarının ölçülməsi üçün yüksək dəqiqlik və etibarlılığa malik yeni cihazların işlənib hazırlanması, hal-hazırda istehsal olunan cihazların təyinatı və verilmiş göstəricilərindən asılı olaraq düzgün seçilməsi məsələsi olduqca aktualdır. Son 25-30 il, qeyri-müəyyənlik şəraitində qərar qəbulunu avtomatlaşdırmağa imkan verən qeyri-səlis çoxluqlar və qeyri-səlis məntiq, yumşaq hesablama nəzəriyyələrinin tətbiqi ilə mikroprosessorlu ölçmə qurğularından istifadə etməklə müxtəlif informasiya-ölçmə sistemlərinin işlənilməsi və tətbiqi ilə xarakterizə olunur [1].

Məlumdur ki, hasil edilən təbii qazın tərkibində həm mexaniki qarışıqlar, həm də digər aqressiv maddələr vardır ki, bunlar birbaşa quyuya və qazın kompleks təmizləmə və qurutma qurğusunun çıxışında qazın sərfini ölçmək üçün qoşulmuş cihazların aşınmasını sürətləndirir. Həmin amillər münasib sərfölçənin seçilməsinə əlavə məhdudiyyətlər qoyur ki, bu da çoxmeyarlı optimal seçim məsələsinin ölçüsünü daha da artırır. Buna görə, İÖS-ün işlənilməsi və təkmilləşdirilməsi zamanı həll edilməli olan əsas məsələlərdən biri, verilmiş tərkibə malik təbii qazın sərfini ölçmək üçün ən münasib cihazın seçilməsi və xərcləri minimuma endirilməsidir. Lakin tədqiqatlar göstərir ki, öz növbəsində, ölçmə traktının sxemini və bütövlükdə sistemin təkmilləşdirilməsinə imkan verən universal qaz sərfölçənlərinin işlənilməsi mümkün deyildir. Bu təfərrüatlar qazın tərkibindən asılı olaraq prosesin tələblərini tam şəkildə ödəyən və belə sistemlərin tələb olunan səmərəlilik və keyfiyyət göstəricilərini təmin edən sərf vericisinin və uyğun çeviricinin seçilməsinə xüsusi yanaşma tətbiq edilməsini tələb edir.

Bir çox element və hissədən, elektron dövrələrdən ibarət olan hər hansı bir texniki cihaz kimi, mövcud sərfölçən növlərinin texniki və istismar xarakteristikaları fərqlidir. Qoyulmuş məsələnin və prosesin özünəməxsus xüsusiyyətlərinin seçimə təsirini

nəzərə almaq, buna görə də seçim texniki-iqtisadi göstəricilərə, üstünlük və çatışmazlıqlara görə aparılmalı, seçim zamanı qiymət və funksionallığın optimal nisbətini nəzərə alınmalıdır ki, bu da bir sıra hallarda sistemin yaradılması və ona xidmət xərclərini minimuma endirmək üçün vacibdir.

Sərfi ölçülən axın xüsusi qurğudan keçdiyi zaman Koriolis qüvvələrinin meydana gəlməsinə əsaslanan sərfölçənlərdə birbaşa ölçmə metodu təmin edilir. Mikroprosessorlu çeviricisinin müvafiq sensordan ibarət sərfölçən qurğuya daxil edilməsi, qazın sərfinin, sıxlığın, temperaturun ölçülməsi və real zaman miqyasında həcmi sərfin hesablanmasını təmin edir. Koriolis prinsipli sərfölçənlərdə hərəkət edən hissələr yoxdur. Bu, ölçmə nəticələrinin yüksək dəqiqliyi və etibarlılıqla yanaşı, istismar xərclərinin aşağı olmasını təmin edir. Bundan əlavə, onların quraşdırılması digər növ sərfölçənlərə nisbətən daha sadədir, çünki xüsusi əlavə avadanlıq (məsələn, membran) tələb olunmur.

Həyəcanlandırıcı təsirə yüksək həssaslığa baxmayaraq, burulğanlı sərfölçənlər sənayedə müxtəlif mayelərin və qazların sərfinə nəzarət etmək üçün geniş istifadə olunur. Burulğanlı sərfölçənlərin istismarı prosesində ölçülən axının temperaturunda tərəddüdləri, boru diametrinin dəyişməsi və axında burulğanlı kimi göstərilən amillərin təsirini azaltmaq və kompensasiya etmək üçün ölçmə nəticələrinin dəqiqliyini artırmağa imkan verən xüsusi əmsallardan istifadə olunur.

Quraşdırılmış mikrokontrollerlər küy və əngəllərin təsirini azaltmağa, nasazlıqların diaqnostikasını genişləndirməyə imkan versə də müasir elektromaqnit sərfölçənləri qaz sərfini ölçmək üçün istifadə edilmir.

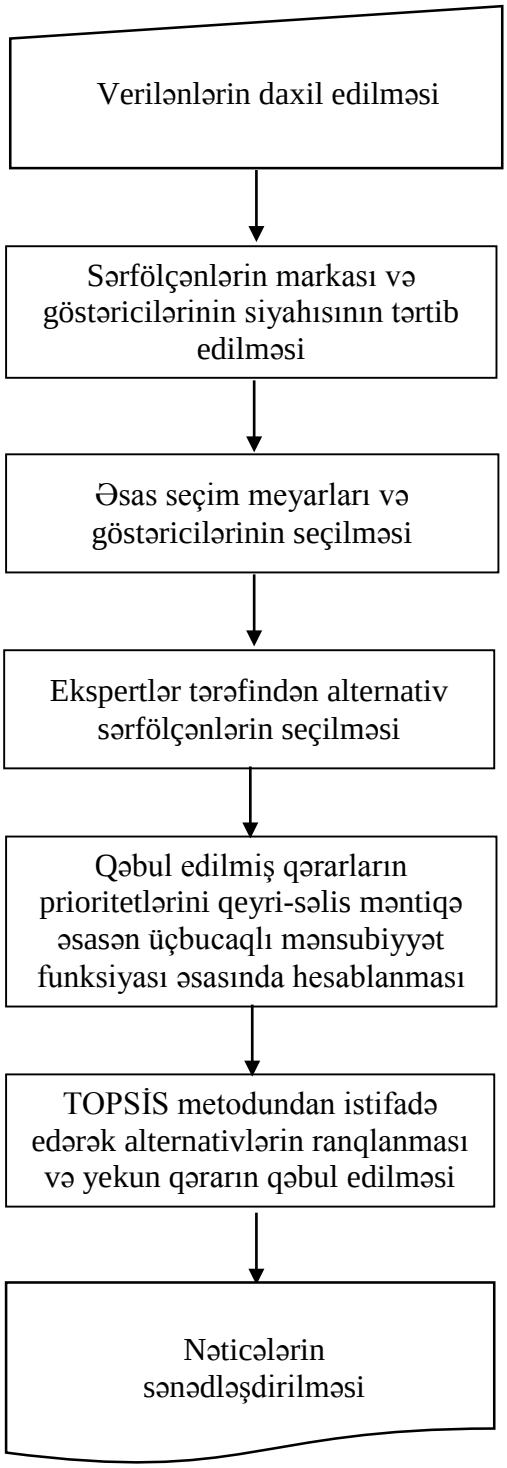
Təzyiq düşküsü çeviricisi və ilkin çeviricidən ibarət olub, dəyişən təzyiq düşküsü üsulları əsasında işləyən sərfölçən ən universal ölçmə metodudur. Ancaq bunun üçün daraldıcı qurğunun quraşdırılması tələb olunur.

Beləliklə, hazırda sərf ölçmək üçün ölçmə cihazlarının geniş spektri mövcuddur və bu da öz növbəsində belə sərfölçənləri üçün seçim meyarlarının təyin edilməsini tələb edir. Tədqiqatlar göstərir ki, optimal ölçmə cihazını seçmək üçün təhlil edilən texniki və istismar göstəricilərinə əlavə olaraq, müvafiq istehsal bazasının və satış sonrası xidmətin mövcudluğunu da nəzərə almaq lazımdır.

Hər hansı bir qərarın, bu halda çoxlu sayda göstərici ilə xarakterizə olunan qurğunun seçilməsinin zəruriliyi, qərar qəbuletmə prosesində ziddiyyətlərin müəyyən edilməsini və kompromislərin axtarılmasını tələb edir. Bu cür çoxmeyarlı məsələni təhlil və həll etmək üçün müxtəlif üsullar, məsələn VIKOR, ELECTRE, TOPSIS [2, s.], [34, s.135] mövcuddur. Bu metodlar arasındakı əsas fərq müqayisə olunan alternativlərin qiymətləndirilməsindədir.

Qazın sərfinin ölçülməsi üçün texniki və iqtisadi göstəriciləri baxımından ən optimal olan cihazın seçilməsi məsələsi çoxmeyarlı olduğundan, ideal həlldən məsafənin qiymətləndirilməsindən asılı olaraq optimal alternativi təyin etməyə imkan verən TOPSIS və FTOPSIS kimi bir sıra çoxmeyarlı qərar qəbuletmə metod və alqoritmlərin imkanları araşdırılmışdır. Neqativ ideal nöqtədən pozitiv ideal nöqtəyə (həllə) qədər olan məsafələrin hesablanmasına əsaslanan TOPSIS metodu, ekspert qiymətləndirmələrində olan qeyri-müəyyənliklərin təsirini müəyyən edərək qaz sərfini ölçülməsi və uçotu İÖS sistemi üçün ölçmə cihazının seçimi ilə bağlı qərar qəbuletmə prioritetlərini təyin etməyə imkan verir. Törəmə üsul olan FTOPSIS isə qeyri-səlis çoxluqlara əsaslanır. Qeyri-səlis məntiqli FTOPSIS-dən ekspert rəylərində subyektivliyin təsirini azaltmaq üçün istifadə edirik. Eyni zamanda, bu və ya digər həll yolunun prioritetlərini təyin edərək, tapılan həll yolunun sonda ideal həllə yaxınlığını qiymətləndirmək mümkündür. Bildiyiniz kimi, qeyri-səlis çoxluqların mənsubiyyət funksiyaları müxtəlif formalara malikdir, lakin ən sadə və geniş tətbiq imkanlarına malik olduğundan üçbucaqlı funksiyadan istifadə edirik. Buna mavafiq olaraq qeyri-müəyyənlik şəraitində informasiya-ölçmə sistemi üçün ölçmə qurğularının seçilməsi ardıcıllığı blok-sxemi şəkil 3.4.1-də göstərilmişdir.

Beləliklə, bu ardıcıllığa uyğun olaraq aparılmış təhlil və hesablamalar, müqayisə və ranqlama nəticəsi olaraq, müəyyən edilmiş yekun meyarlara görə verilmiş tətləbləri ödəyən sərfölçənin markası seçilir.



Şəkil 3.4.1. Qeyri-müəyyənlik şəraitində ölçmə qurğusunun seçilməsi ardıcıllığı

Sərfölçəni seçərkən, mövcud sərfölçənlərin icmal cədvəli tərtib edildikdən sonra üstünlük və mənfi cəhətləri təhlil olunur, ayrı-ayrı sərfölçən növləri ranqlara uyğun sıralanır. Sonra nəticələri mütəxəssislərə təqdim edilir. Onlar aşkar üstünlükləri və seçilmiş cihazın texniki və iqtisadi göstəricilərinin texnoloji prosesin xüsusiyyətlərinə uyğunlunu müəyyən etmək üçün lazım olan digər xarakteristikaları nəzərə alaraq prioritetləri təyin edirlər.

Bu zaman aşağıdakı göstəricilər aşkar üstünlüklər olaraq tətbiq edilə bilər:

• kifayət qədər yüksək dəqiqlik;

• ölçmələrin sabitliyi;

• etibarlılıq;

• quraşdırma və texniki xidmətin asanlığı, boru kəmərinin düz hissələrinə tələblərin olmaması;

• boru kəmərinin titrəyişi (vibrasiyası), temperaturun və təzyiqin dəyişməsi zamanı ölçmə nəticələrinin etibarlılığı;

• uzunmüddətli xidmət;

• dövri olaraq kalibrləmə zərurətinin olmaması.

Bu zaman özünüdiaqnostikanın mövcudluğu nasazlıqları vaxtında aşkarlanmasına və aradan qaldırılmasına və bəzi hallarda onların da qarşısını almağa imkan verdiyini nəzərə alırıq ki, bu da sistemin etibarlılığını və ölçmə nəticələrinin səhihliyini yüksəldir.

Bu məsələni həll edərkən ən mürəkkəb, eyni zamanda effektiv addım tələb olunan ölçmə vasitəsini seçmək üçün lazım olan alternativ həllər cədvəlini qurmaqdan ibarətdir. Ölçmə cihazını seçildikdən sonra, Simulink və ya digər proqram məhsullarından istifadə edərək simulyasiya aparmaq məqsədəuyğundur, həmin modelləşdirmə nəticələri alınan həllərin etibarlılığını əlavə olaraq qiymətləndirməyə kömək edəcəkdir.

Tədqiqatlar göstərir kimi, verilmiş tələblərə cavab verən ölçmə cihazlarının seçilməsində çoxmeyarlı məsələlərin həlli metodlarının tətbiqi nəinki kifayət qədər

yüksək dürüstlüyə və etibarlılığa nail olmağa, həm də sistemin bir hissəsi olaraq cihazın sonrakı istismar xərclərini də azaltmağa imkan verir.

Beləliklə, informasiya ölçmə sisteminin işlənilməsində təqdim olunan konstruksiya və istismar xarakteristikalarını ödəmək baxımından optimal qaz sərfi ölçən cihazı seçmək üçün çoxmeyarlı məsələlərinin həlli üsullarından birinin, yəni TOPSIS-in tətbiqi son nəticədə alternativ həllərdən birini seçilməsi prosesində yeni imkanlar açan qərar qəbuletmə sisteminin effektivliyini artırmaq üçün müxtəlif qərarlara prioritet təyin edilməsi prosedurasını sadələşdirməyə (avtomatlaşdırmağa) gətirib çıxara bilər.

3.5. Sərfölçənin AHP və TOPSİS metodu ilə seçilməsi alqoritmi

Təklif olunan bu alqoritm AHP (Analitik İyerarxiya Prosesi) və TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution - TOPSİS) metodlarının birləşməsi nəticəsində alınmışdır. 1970-ci illərdə Saaty tərəfindən təklif olunan AHP çoxmeyarlı qərar qəbuletmə metodu olub, qərar meyarları üçün nisbi çəkilərin vacibliyini qiymətləndirmək və təyin etmək üçün istifadə olunur [43, s.3969], [61, s.86]. Mürəkkəb qərarların qəbul edilməsi məsələlərinin təhlili və strukturlaşdırılması üçün geniş istifadə edilir. Qərar qəbuletmə məsələsi əvvəlcə müxtəlif meyarlara ayrılır. AHP metodu, qərar qəbul edənlərə cütlüklə müqayisə mülahizələrindən istifadə edərək hər bir meyar üçün çəkini hesablamağa kömək etmək üçün istifadə edilə bilər [48, s.365], [62, s.458]. AHP, əsasən metodun gözəl riyazi xüsusiyyətləri və tələb olunan giriş məlumatlarının əldə edilməsinin çox asan olması səbəbindən bir çox tədqiqatçıların marağına səbəb olmuşdur. AHP metodu mürəkkəb qərar qəbuletmə məsələlərini həll etmək üçün dayanıqlı və çevik çoxmeyarlı qərar qəbuletmə (ÇMQQ) alətidir. Bu metod mürəkkəb sistemi, adətən hədəfləri, qiymətləndirmə meyarlarını və alternativlərindən ibarət olan iyerarxik elementlər sisteminə parçalayır. Qiymətləndirmə meyarı səviyyəsi müxtəlif qiymətləndirmə meyarlarından ibarət ola bilər ki, bunlar da çox qatlı bir quruluşa qədər genişləndirilə bilər. AHP metodikasında əsas addımlar aşağıdakılardır:

Addım 1. Qərar matrisinin sətirləri prioritetin verildiyi alternativləri və sütunlarda qərar qəbul edərkən istifadə olunan meyarları ehtiva edir. Matris qərar qəbul edən şəxs tərəfindən yaradılan ilkin matrisdir. Qərar matrisi aşağıdakı kimi göstərilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \qquad (3.5.1)$$

Matrisdə *m* - alternativlərin sayını, *n* - qiymətləndirmə amilləri-meyarlarının sayını göstərir.

Addım 2: Standart R qərar matrisinin qurulması. Standart qərar matrisi A matrisinin elementlərindən istifadə etməklə aşağıdakı düsturla (3.5.2) hesablanır:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \qquad (3.5.2)$$

R matrisi aşağıdakı kimi alınır:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \qquad (3.5.3)$$

Addım 3: Çəkiyə görə standart qərar matrisi (V) qurulur

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \qquad (3.5.4)$$

Addım 4: Ssenari sıralaması ümumi xalların azalan istiqamətdə sıralanması ilə yerinə yetirilir.

Qərar qəbul edərkən çoxmeyarlı modellərdən biri, ideal həlli üçün bənzərliyə görə üstünlük sıralanması metodudur. TOPSIS metodu Hvang və Yoon (1981) tərəfindən

seçilmiş alternativin müsbət ideal həlldən ən qısa məsafədə (A*) və mənfi ideal həlldən (A^{-}) ən uzun məsafədə olması konsepsiyasına əsaslanaraq çoxmeyarlı qərar qəbuletmə (ÇMQQ) məsələlərinin həlli üçün işlənilmişdir [17, s.3], [28, s.69], [72, s.309]. Bu metod son sıralamanı əldə etmək üçün istifadə olunur. TOPSIS metodunun bəzi üstünlükləri sadəlik, rasionallıq, yaxşı dərk olunma, yaxşı hesablama səmərəliliyi və hər bir alternativin nisbi imkanlarını sadə riyazi şəkildə ölçmək imkanıdır. Seçilən alternativ ideal həlldən ən qısa və mənfi-ideal həlldən isə ən uzaq olmalıdır.

Çoxmeyarlı qərar qəbuletmədə əsas addımlar aşağıdakılardır [29, s.2]:

Addım 1. Müxtəlif ölçülü xassələri ölçüsüz xassələrə çevirən normallaşdırılmış qərar matrisinin qurulması, bu (3.5.2) düsturundan istifadə edərək xassələri müqayisə etməyə imkan verir.

Addım 2. (3.5.4) düsturundan istifadə edərək çəkili normallaşdırılmış qərar matrisinin qurulması.

Addım 3: İdeal (A*) və mənfi İdeal (A^{-}) həllərin hesablanması. TOPSIS metodu hər qiymətləndirmə amilinin-meyarının monoton artan və ya azalan xüsusiyyətə malik olduğunu nəzərdə tutur. Aşağıdakı düsturda (3.5.5) verilən ideal həllər çoxluğunun hesablanması:

$$A^{*} = \left\{ (\max_{i} v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\min_{i} v_{ij} \,\middle|\, j \in J^{'} \right\}$$

$$A^{*} = \left\{ v_1^{*}, v_2^{*}, ..., v_n^{*} \right\} \qquad (3.5.5)$$

Addım 4: Mənfi ideal həllər çoxluğu V matrisinin sütunlarındakı qiymətlərdən ən böyüyünü (uyğun meyar maksimumlaşdırıldıqda ən böyüyünü) seçir. Mənfi ideal həllər çoxluğunun aşağıda verilmiş düsturla (3.5.6) hesablanır:

$$A^{-} = \left\{ (\min_{i} v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\max_{i} v_{ij} \,\middle|\, j \in J^{'} \right\}$$

$$A^{-} = \left\{ v_1^{-}, v_2^{-}, ..., v_n^{-} \right\} \qquad (3.5.6)$$

Addım 5: Ayırma ölçülərinin hesablanması:

İdeal ayırma ölçüsü

$$S_i^{*} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^{*})^2} \qquad (3.5.7)$$

Mənfi ideal ayırma ölçüsü

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \tag{3.5.8}$$

Addım 6: İdeal həllə nisbi yaxınlığın hesablanması

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \tag{3.5.9}$$

Addım 7. Üstünlük cərgəsinin sıralanması: Alternativlər çoxluğu C_i^* azalan istiqamətdə sıralana bilər.

Beləliklə, informasiya-ölçmə sistemi üçün qaz sərfini ölçən qurğunun çoxlu meyarlara görə seçilməsi məsələsini AHP və TOPSIS metodlarının birgə tətbiqini nəzərdə tutan alqoritmlə həll edək. Bu çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsi müxtəlif və ziddiyyətli meyarları ehtiva edir. Buna görə də seçim dəstinə daxil edilmiş sərfölçənlərin zəruri göstəriciləri təhlil edildikdən sonra həmin sərfölçənləri ekspertlərin dörd əsas – C_1 - dəqiqlik, C_2 - etibarlılıq, C_3 - dözümlülük, C_4 - qiyməti və xidmət xərcləri meyarları əsasında seçdiyi dörd alternativ (A, B, C, D) sərfölçən arasından seçilməsi məsələsini həll edirik. İki meyar arasındakı nisbi vaciblik cədvəl 3.5.1-də göstərilən 1-dən 9-a qədər olan ədədi miqyasla ölçülür.

Cədvəl 3.5.2-də müxtəlif meyarlar arasındakı linqvistik imkan reytinqləri verilmişdir.

Müqayisə olunan elementlər eyni ölçü vahidləri ilə ifadə edildikdə və uyğun dəqiq ölçmə alətindən istifadə etdikdə cüt-cüt müqayisə lazım deyildir. Bir elementin digərlərindən nə qədər vacib olduğu sualının cavabı sadəcə bütün elementlərin ölçmələrinin kombinasiyası ilə verilir. Dəqiq ölçmələr zamanı müqayisə matrisinin xassələrini araşdırmaq məqsədəuyğundur. İstənilən sayda elementin dəqiq ölçülməsi üçün cüt-cüt müqayisə matrisi uzlaşmış matrisdir.

Nisbi vaciblik cədvəli

Cədvəl 3.5.1

Qiymət	Təfsiri
1	j və k eyni vacibliyə malikdir
3	j k-dən bir qədər vacibdir
5	j k-dən çox vacibdir
7	j k-dən həddən artıq vacibdir
9	j k-dan qəti şəkildə həddən artıq vacibdir

Linqvistik imkanların reytinqləri

Cədvəl 3.5.2

Meyar	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	1	1/5	1/3	5
C_2	5	1	5	1/7
C_3	3	1/5	1	3
C_4	1/5	7	1/3	1

AHP çoxsaylı və ziddiyyətli meyarlar mövcud olduqda qərar qəbul etmək üçün istifadə edilə bilən güclü bir vasitədir və bu zaman qərarın həm keyfiyyət, həm də kəmiyyət aspektləri nəzərə alınır. AHP vasitəsi ilə mürəkkəb qərarların cüt-cüt müqayisə edilməsinə gətirir.

Əvvəlcə (3.5.2) düsturundan istifadə edərək cədvəl 3.5.1 və cədvəl 3.5.2-də göstərilən hədəflərə uyğun üstünlükləri və hədəflərə uyğun hesablanmış çəkiləri təyin edirik (cədvəl 3.5.3).

Misal üçün

C_{11} = 1/(1+5+3+1/5)=0,11;

C_1 = (0,11 + 0,06 + 0,04 + 0,55)/4=0,18 üçün orta çəki

Çəkilər C_2 = 0,36, C_3= 0,21, C_4= 0,25.

Növbəti addımda hər bir alternativ üçün müxtəlif nisbi meyar xallarını təyin edirik. Nisbi xassə və funksionallıq xalları misal olaraq hesablanmış və cədvəl 3.5.4-də təqdim olunmuşdur.

Eyni üsulla, cədvəl 3.5.4-də göstərilən digər alternativlər və nəticələr üçün nisbi xalları təyin edirik (cədvəl 3.5.5).

Meyarlar üzrə çəkilər

Cədvəl 3.5.3

Meyar	C_1	C_2	C_3	C_4	Orta çəki
C_1	0,11	0,06	0,04	0,55	0,18
C_2	0,54	0,12	0,75	0,015	0,36
C_3	0,33	0,02	0,15	0,33	0,21
C_4	0,02	0,83	0,05	0,11	0,25

Xassələr və funksionallıq xalları

Cədvəl 3.5.4

C_1	A	B	C	D	
A	1	1/3	5	1/3	
B	3	1	1/3	1/3	
C	1/5	3	1	5	
D	3	3	1/5	1	
C_1	A	B	C	D	Orta qiymət
A	0,14	0,05	0,76	0,05	0,25
B	0,42	0,14	0,05	0,05	0,34
C	0,03	0,41	0,15	0,75	0,34
D	0,42	0,41	0,08	0,15	0,27

Hər bir hədəf üçün nisbi xal

Cədvəl 3.5.5

M	A	B	C	D
C_1	0,25	0,34	0,34	0,27
C_2	0,05	0,44	0,31	0,25
C_3	0,21	0,38	0,36	0,40
C_4	0,51	0,01	0,29	0,19

Nəhayət, hədəflər üzrə çəkilər (cədvəl 3.5.3) və hər bir hədəf üçün nisbi xallara görə (cədvəl 3..5.4) alternativlərin ranqlarını hesablayırıq:

A=0,25*0,18+0,05*0,36+0,21*0,21+0,51*0,25=0,045+0,018+0,044+0,127=0,23

B=0,34*0,18+0,44*0,36+0,38*0,21+0,01*0,25=0,061+0,158+0,08+0,0025=0,25

C=0,34*0,18+0,31*0,36+0,36*0,21+0,29*0,25=0,061+0,011+0,075+0,11=0,25

D=0,27*0,18+0,25*0,36+0,40*0,21+0,19*0,25=0,049+0,09+0,084+0,047=0,27

Alternativləri ranqladıqdan sonra D alternativinin digər alternativlərdən daha yaxşı olduğunu təyin etdik.

Proqramla seçimdə qərar vermək üçün TOPSIS metodu istifadə olunur və seçilən ən yaxşı alternativ ideal həlldən ən qısa məsafəd və mənfi ideal həlldən ən uzaq məsafədə olacaqdır. Normallaşdırılmış və çəkili normallaşdırma matrisini qurduqdan (cədvəl 3.5.6) sonra (3.5.5) və (3.5.6) düsturlarını istifadə edərək ideal və mənfi ideal həlləri təyin edirik:

$$A^{*} = \{0,34,\ 0,44,\ 0,40,\ 0,51\}$$

$$A^{-} = \{0,25,\ 0,05,\ 0,21,\ 0,01\}$$

Çəkili normallaşdırılmış matris

Cədvəl 3.11

	C_1	C_2	C_3	C_4
A	0,25	0,05	0,21	0,51
B	0,34	0,44	0,38	0,01
C	0,34	0,31	0,36	0,29
D	0,27	0,25	0,40	0,19

Növbəti addımda (3.5.7) və (3.5.8) düsturlarından istifadə edərək ideal həlldən ayırmanı və mənfi ideal həlldən ayırmanı təyin edirik. Məsələn, alternativ A üçün;

$$S_A^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{4}\left(A_{ij} - A^*\right)^2} = (0{,}25 - 0{,}34) + (0{,}05 - 0{,}44) + (0{,}21 - 0{,}40) + (0{,}51 - 0{,}51) = 0{,}41$$

$$S_A^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{4}\left(A_{ij} - A^-\right)^2} = (0{,}25 - 0{,}25) + (0{,}05 - 0{,}05) + (0{,}21 - 0{,}21) + (0{,}51 - 0{,}01) = 0{,}5$$

İdeal həllə nisbi yaxınlıq;

$$C_A^* = \frac{S_A^-}{S_A^- + S_A^*} = 0{,}5/(0{,}41 + 0{,}5) = 0{,}54$$

Digər alternativlər üçün;

$$C_B^* = \frac{S_B^-}{S_B^- + S_B^*} = 0{,}43/(0{,}50 + 0{,}43) = 0{,}46$$

$$C_C^* = \frac{S_C^-}{S_C^- + S_C^*} = 0{,}42/(0{,}29 + 0{,}42) = 0{,}59$$

$$C_D^* = \frac{S_D^-}{S_D^- + S_D^*} = 0{,}33/(0{,}10 + 0{,}32) = 0{,}78$$

Alternativləri sıraladıqdan sonra D alternativinin digər alternativlərdən daha üstün olduğunu təyin etdik. Beləliklə, ekspert və ya ekspertlərin rəyini nəzərə alaraq, AHP və TOPSİS metodlarından istifadə etməklə seçim meyarları əsasında alternativlər arasından parametr və göstəricilərinə görə daha üstün olan sərfölçənin seçilməsi haqqında qərarı dəqiqləşdirdik.

III fəsil üzrə nəticələr

1. Sərfölçən cihaz və qurğuların parametr və göstəricilərinin təhlili əsasında müəyyən olunmuşdur ki, həmin göstəricilərin bir qismi konkret qiymət almayıb, qeyri-səlis xarakterə malik olduğundan seçim zamanı qeyri-səlis məntiqə əsaslanmaq, sərfölçənlərin seçilməsinə mövcud və müasir yanaşmaların təhlili əsasında onların üstün cəhətlərindən yaralanaraq çoxmeyarlı və mürəkkəb seçim məsələsini qeyri-səlis çoxluq və məntiq metodlarından istifadə edilərək həll etmək məqsədəuyğundur.

2. Sərfölçən qurğuların texniki xarakteristikalarının təhlili əsasında göstərilmişdir ki, təzyiqlər düşküsü və Koriolis qüvvələri prinsipinə əsaslanan sərfölçənlər qaz sərfinin ölçülməsi üçün ən əlverişli olub, daha yüksək dəqiqliyə malikdir. Münasib sərfölçənin seçilməsi zamanı xüsusi applikator proqramlarından istifadə edilməsi mümkün olsa da, son qərarın verilməsi ekspert rəylərinə görə qeyri-səlis məntiqə əsaslanan alqoritmin tətbiqini labüd edir.

3. Qeyri-müəyyənlik şəraitində ölçmə qurğusunun seçilməsi ardıcıllığının təhlili əsasında müəyyən olunmuşdur ki, sərfölçənlər ekspert rəyləri əsasında seçildikdən sonra son qərar alınmış alternativ həll çoxluğu qeyri-səlis ELECTRE, VİKOR, TOPSİS, FTOPSİS və AHP metodlarına əsaslanan alqoritmlər vasitəsilə təhlil edilərək qəbul edilə bilər ki, bu da müxtəlif qərarlara prioritet təyin edilməsi prosedurasını sadələşdirməyə (avtomatlaşdırmağa) imkan verir.

4. Ekspertlərin sərfölçənin seçilməsi üçün verilmiş 4 əsas meyar – dəqiqlik, etibarlılıq, dözümlülük və qiymət meyarları əsasında seçdiyi dörd alternativ həllə uyğun göstəricilər AHP və TOPSİS metodlarına əsaslanan təkif edilmiş alqoritmlə emal edilməklə yekun qərarın qəbul olunması üçün müvafiq hesablamalar aparılmış və alınmış nəticələr ranqlara görə sıralandıqdan sonra münasib alternativ həll təyin olunmuşdur.

IV FƏSİL. ÖLÇMƏ NƏTİCƏLƏRİNİN EMALI VƏ APARAT-PROQRAM VASİTƏLƏRİNİN QARŞILIQLI ƏLAQƏSİ

4.1. Sensorların çıxış siqnallarının qeyri-səlis implikatorlarla emalı

Əvvəldə qeyd edildiyi kimi, təbii qazın boru kəməri ilə nəqli mühüm sənayə sahələrindən biridir. Təbii qazın digər faydalı qazıntı enerji mənbələrinə nisbətən əhəmiyyəti onun daha asan emalı, nəqli, paylanması və saxlanması imkanları ilə müəyyən edilir. Təbii qazın istehsal və istehlak səviyyəsi durmadan artır, bütün faydalı qazıntı enerji mənbələri arasında onun istehlak payı 24%-dir [19, s.3]. Aparıcı mütəxəssislərin rəyinə görə bu resursların istehlak tempi getdikcə yalnız artacaqdır [74, s.464]. Bu səbəbdən təbii qazın nəqli prosesləri, onun parametrlərinə uçot və nəzarətin təkmilləşdirilməsi müasir qaz sənayesinin ən aktual məsələlərdən biridir. Təbii qazın nəqli və paylanmasının vacib aspekti qazın və nəql obyektlərinin parametrlərinə nəzarətin məqsədi həm qazın sərfinin ölçülməsi və uçoru, həm də nəzarət olunan parametrlər dəyişdiyi zaman qəza hallarının qarşısını almaq üçün qaz təchizatının dayandırılması və ya tələb olunan miqdarda azaldılmasıdır. Hazırda ölçmə cihazları, sensorlar və çeviricilərdən gələn siqnallar informasiya-ölçmə sistemi tərəfindən qəbul edilir və ölçmə nəticələri operativ rejimdə qaz təchizatını idarə edən dispetçerin avtomatlaşdırılmış iş yerinin (AİY) ekranlarında əks etdirilir.

Təcrübə göstərir ki, avtomatlaşdırılmış sistem tərəfindən qaz tədarükünün davam etdirilməsi barədə qərar qəbuletmə prosesi düzgün formalizə olunduqda nəzarət prosesini avtomatik rejimdə idarə etməyə imkan verir. Buna görə də qaz tədarükü və onun parametrlərinə nəzarət ilə bağlı qərar qəbuletmənin dəstəklənməsinin təşkil edilməsinin mümkün üsullarından süni intellekt üsulları ola bilər. Belə ki, effektivliyi və etibarlılığı ilə seçilən qeyri-səlis modellərin tətbiqi, qeyri-səlis çoxluqları tətbiq etməklə sistemlərin realizasiyasını yaxşılaşdırır və asanlaşdırır [75, s.338].

Süni intellekt sistemləri təbii qazın boru kəməri ilə nəqlinin texnoloji proseslərinin ənənəvi avtomatlaşdırılmış nəzarət və idarəetmə sistemlərinə əlavə kimi istifadə edilə bilər. Süni intellekt metodlarının tətbiqi proseslərin bir hissəsini sərt

idarəetmə və nəzarət metodlarından “yumşaq metodlara” keçirməyə, ikincisi, qərarların dəstəklənməsi altsistemlərinin təşkil etməyə, proseslərin avtomatlaşdırma səviyyəsini yüksəltməyə və bu da öz növbəsində qaz sənayesi müəssisələrinin operativ heyətinin iş yükünü qismən azaltmağa imkan verə bilər. Qaz sənayesi müəssisələrində çoxlu sayda əməliyyat mütləq operativ heyətin – qaz paylayıcı və qaz ölçmə stansiyalarının, yeraltı qaz anbarlarının toplayıcı məntəqələrinin operatorları, kompressor stansiyalarının növbətçi mühəndisləri, dispetçer xidməti, qaz kəməri sistemlərinə nəzarət və operativ idarəetməni həyata keçirən şöbələri və bölmələrinin işçilərinin nəzarəti altında aparılır.

Qeyri-səlis modellər və bunlara əsaslanan sistemlər realizə edilərkən qeyri-səlis sistemlərin müxtəlif qaydalar bazasını realizə edən xüsusi operatorlardan və xüsusi halda implikasiya əməliyyatlarından istifadə etmək lazımdır. Qeyri-səlis modelləşdirmə inkişafı etdikcə qeyri-səlis çoxluqlar arasında qarşılıqlı əlaqəni realizə edən xeyli sayda qeyri-səlis operator yaradılmışdır [50, s.647], [57, s.23], [71, s.267]. Onların effektivliyini qiymətləndirmək məqsədi ilə qeyri-səlis implikatorları müqayisəli şəkildə təhlil edilmiş və qaz sənayesi obyektləri üçün avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərində tətbiqi üçün ən münasib implikatorun seçilməsi məsələsini araşdıraq.

Hal-hazırda çoxlu sayda müxtəlif implikator mövcuddur, onların bəziləri qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin klassikləri Zade L.A. və Mamdani I., digərləri isə müasir tədqiqatçılar tərəfindən təklif edilmişdir. Qeyri-səlis implikasiya operatorlarının növləri və qeyri-səlis çoxluqların implikasiyasını yerinə yetirmək üçün istifadə olunan qeyri-səlis operatorlar – implikatorlar cədvəl 4.1.1-də təqdim olunmuşdur. İmplikasiya əməliyyatı iki – x və y qeyri-səlis çoxluğu üzərində aparılır. Praktikada ən çox yayılmış hesab edilən bu implikatorlar avtomatlaşdırılmış kompüter sistemlərində geniş tətbiq olunur. [15, s.13], [57, s.25] işlərində təqdim olunmuş digər operatorların bəzisi mürəkkəb olub digərlərinin kombinasiyasından ibarətdir. Təbii qazın boru kəməri ilə nəqlinin parametrlərinə nəzarət və idarə etmək üçün avtomatlaşdırılmış və/və ya avtomatik sistemlərin işlənilməsində tətbiqi üçün ən əlverişli olan implikatorların qiymətləndirək.

Qeyri-səlis implikasiya operatorları

Cədvəl 4.1

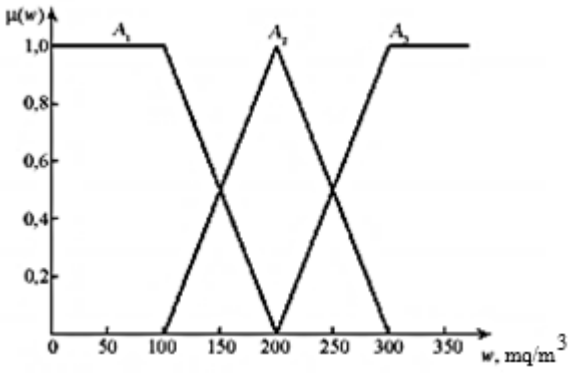
Sıra №-si	İmplikatorun adı	İmplikatorun təyin olunması
1	Zadə operatoru	$R_Z(x,y) = \max(1-x, \min(x, y))$
2	Lukaseviç operatoru	$R_L(x,y) = \min(1, 1-x+y)$
3	Mamdani operatoru (minimum)	$R_M(x,y) = \min(x,y)$
4	Klin-dayns operatoru	$R_{CD}(x,y) = \max(1-x, y)$
5	Hayns operatoru	$R_G(x,y) = \begin{cases} 1, & x \le y \\ y/x, & dig\square rl\square ri \end{cases}$
6	Klin-Dayns-Lukaseviç operat.	$R_{CDL}(x,y) = 1-x+x*y$
7	Vilmot operatoru	$R_W(x,y) = \min(\max(1-x,y), \max(x, 1-y), \max(y,1-y))$
8	Yager operatoru	$R_T(x,y) = y^x$

Qazın boru kəməri ilə nəqlini təşkil edərkən, tez-tez müxtəlif qaz kəmərləri ilə gələn qazların qarışdırılması kimi bir vəziyyət yaranır. Qazların tərkibi və digər fiziki xassələri də müxtəlif ola bilər. Buna görə qarışdırılmış qazın fiziki xassələrinin qiymətləndirmək zərurəti meydana çıxır. Bu məsələnin qeyri-səlis çoxluqlardən istifadə etməklə həllini araşdıraq. Bu zaman meydana çıxan əsas məsələlərdən biri qazın şeh nöqtəsinin temperaturuna və ya onun tərkibindəki nəmliyə nəzarət etməkdir. Bu məsələ, qarışmış qazın axında nəmliyinə nəzarət vasitələrinin olmaması səbəbindən, qazın heç də həmişə və hər yerdə cihaz nəzarətinin realizə etməyin mümkün olmaması ilə xarakterizə olunur. Buna görə də qaz axınlarının yarandığı mənbələrdə və ya ayrı-ayrı qaz boru kəmərlərində nəmliyin ölçmə məlumatlarına əsasən qarışıq qazın nəmliyin miqdarını nəzarət üçün qeyri-səlis sistem qurmaq məqsədəuyğundur.

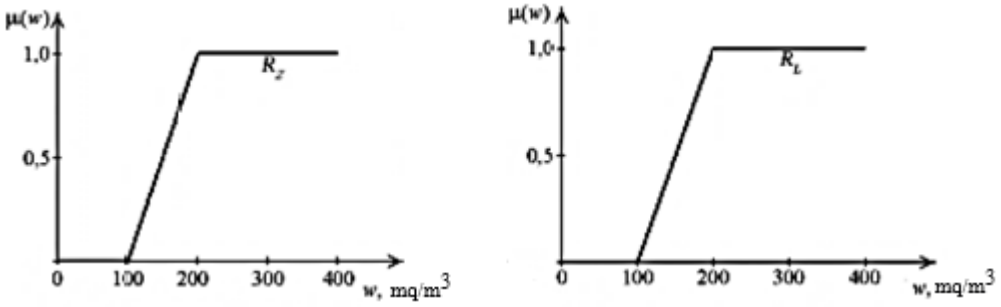
Beləliklə, qeyri-səlis çoxlu giriş-tək çıxış (multi input, single output - MISO) məsələsi yaranır. Məsələnin həlli üçün implikasiya operatorlarını müqayisəli surətdə təhlil edək. Qazın nəmliyi üç termli qeyri-səlis çoxluq şəklində təqdim edək: A1 – “tələb olunan nəmlik”; A2 – “sərhəd nəmliyi”; A3 – “kritik nəmlik”. Daxil edilən qeyri-səlis çoxluqların qrafik təsviri üçbucaq mənsubiyyət funksiyaları μ(w) şəklində təqdim olunmuşdur, burada *w* qazın nəmliyidir (şəkil 4.1.1).

Nəmliyi müxtəlif qeyri-səlis çoxluqlara mənsub olan qazları qarışdırarkən nəmliklərin birləşməsi baş verir. Müxtəlif implikasiyalarda qeyri-səlis çoxluqların birləşməsini müqayisə edək (cədvəl 4.1.1-ə bax). Tutaq ki, iki qaz qarışdırılıb, A1 çoxluğuna uyğun nəmlik – “tələb olunan nəmlik” və A3 çoxluğuna uyğun nəmlik - “kritik nəmlikdir”. Bu iki çoxluğun birləşməsini araşdıraq. (şəkil 4.1.2-4.1.8).

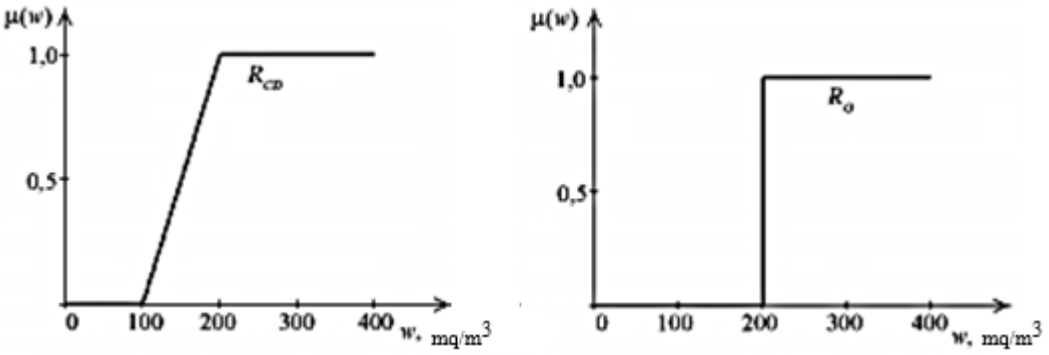
Şəkil 4.1.2-4.1.5-dəki qrafiklərdən göründüyü kimi, Mamdani və Vilmot implikatorları istisna olmaqla, implikatorların əksəriyyəti eyni nəticə verir. Mamdani implikatorunun iki qarşılıqlı əks A1 və A3 çoxluqları üzərində əməlinin nəticəsi onların anhilyasiyasıdır, yəni bu operatorla yerinə yetirlən əməl nəticəsində sıfır alırıq, bu səbəbdən nəzərdən keçirilən məsələni həll etmək üçün Mamdani implikatoru münasib deyildir.



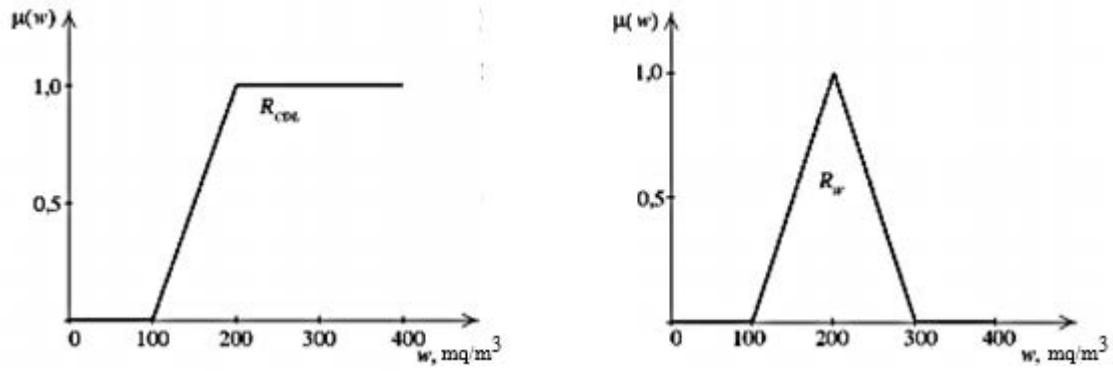
Şəkil 4.1.1. Qazın nəmliyini təsvir edən qeyri-səlis çoxluqların mənsubiyyət funksiyaları



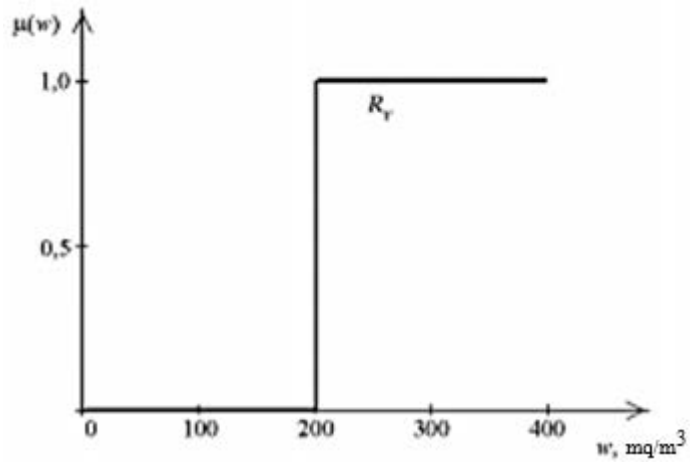
Şəkil 4.1.2. Zadə və Lukaseviç implikatorlarının tətbiq nəticələri



Şəkil 4.1.3. Klin-Dayns və Hayns implikatorlarının tətbiq nəticələri



Şəkil 4.1..4. Klin-Dayns-Lukaseviş və Vilmot implikatorlarının təsir nəticələri



Şəkil 4.1.5. Yager implikatorunun tətbiq nəticələri

İmplikatorların fəaliyyətinin nəticələri Zade, Lukaseviç, Klin-Dines və Klin-Dayns-Lukaseviç tamamilə eyni nəticələrə gətirib çıxarır, buna görə də bu məsələnin həlli üçün bunlar bərabər güclüdür.

Hayns və Yager implikatorları eyni nəticələri verir, lakin əvvəlki implikatorlardan daha kobuddur. Vilmot implikatoru istisna təşkil edir; yerinə yetirilmiş bu əməl nəticəsində aralıq qeyri-səlis A2 çoxluğu təyin olunur. Alınmış nəticə qeyri-səlis çoxluqların birləşməsi üzrə nəticə çıxarışına uyğun gəlir.

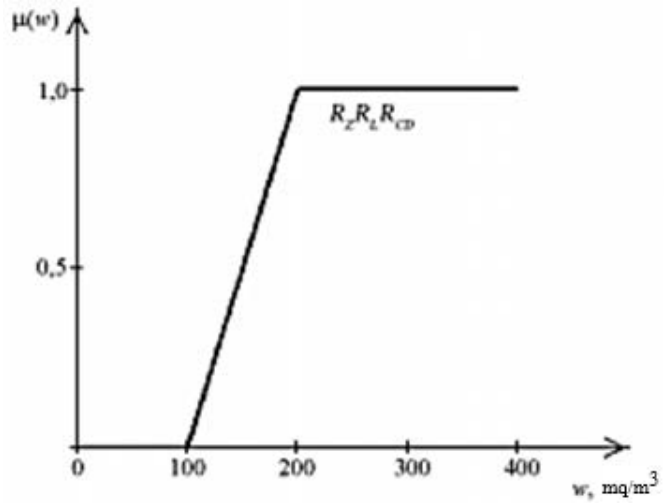
İndi isə qeyri-səlis A1 və A2 çoxluqlarının implikasiyasını yerinə yetirək. Şəkil 4.1.6-da Zade, Lukaseviç, Klin-Dayns operatorları vasitəsilə aparılmış əməllərin yekun çoxluğu təsvir edilmişdir. Şək.6-dan göründüyü kimi, Zade Lukaseviç, Klin-Dayns implikasiya operatorları vasitəsilə alınmış nəticələr A1 və A3 çoxluqları birləşdirildiyi halda alınmış qiymətlərdən fərqlənmir.

Şəkil 4.1.7-də Hayns operatorla əməlin nəticəsi göstərilmişdir. Qrafikdən göründüyü kimi, yekun çoxluq Zadə və ya Lukaseviç implikasiyalarına nəzərən daha çökəkdir.

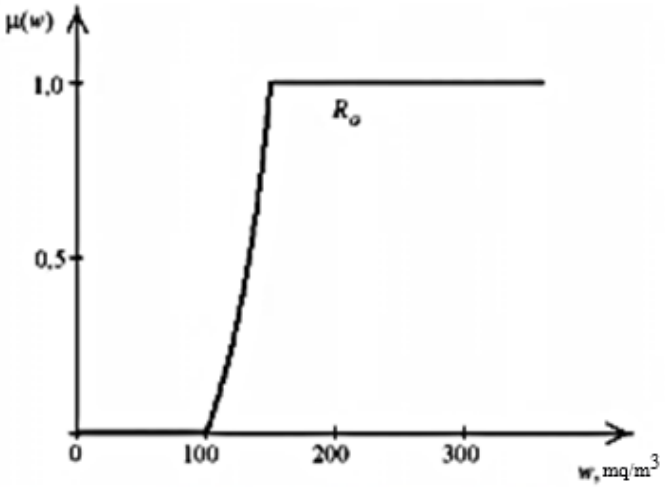
Şək.4.1.8-də Dayns-Lukaseviç və Jager operatorları ilə eyni vaxtda yerinə yetirlmiş iki əməlin nəticəsi təqdim edilmişdir. Hər iki operatorla təxminən eyni, implikasiya operatorlarının əvvəlki əməliyyatlarına nisbətən qabarıq nəticə alınır. Jager implikatoru RCDL-dən daha yaxşı nəticələr almağa imkan verir (şəkil 4.1.8).

Şəkil 4.1.9-da, Mamdani implikasiya operatorunun təsiri göstərilmişdir. Alınmış mənsubiyyət funksiyası qrafikindən göründüyü kimi, bu operator çoxluqların yekun qiymətini xeyli azaldır, çünki kəsişmə, yəni “minimum” əməliyyatı nəticəsində alınmışdır.

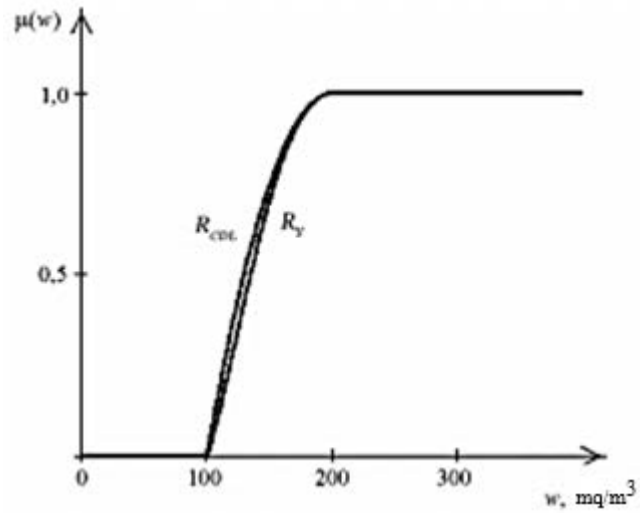
Şəkil 4.1.10-da Vilmot implication operatorunun əməli nəticəsində əldə edilmiş çoxluq təsvir edilmişdir. Ona Mamdani operatoru və sürüşdürülmüş Zadə operatoru daxildir.



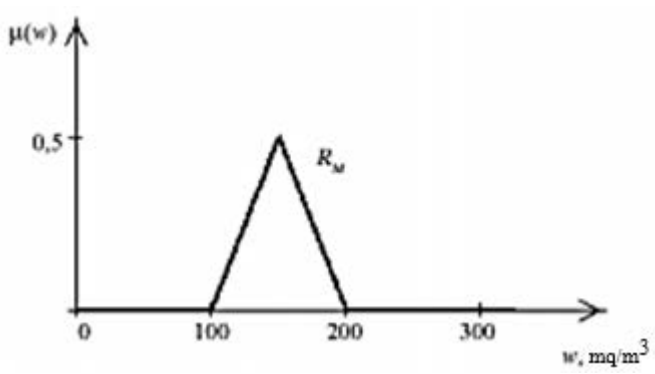
Şəkil 4.1.6. Zade, Lukaseviç, Klin-Dayns implikatorlarının tətbiq nəticələri



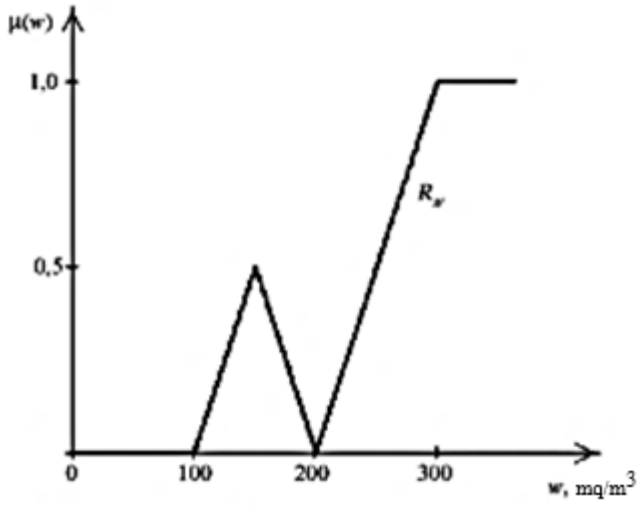
Şəkil 4.1.7. Hayns implikatorunun tətbiq nəticələri



Şəkil 4.1.8. Klin-Dayns-Lukaseviç və Yager implikatorlarının tətbiq nəticələri



Şəkil 4.1.9. Mamdani implikatorunun tətbiqi nəticəsi



Şəkil 4.1.10. Vilmot implikatorunun tətbiq nəticəsi

Bu halda Zade, Lukaseviç, Klin-Dayns, Klin-Dayns-Lukaseviç, Yager və Gynes operatorlar, praktiki olaraq, eyni nəticəni verir. Yalnız Vilmot operatoru Mamdani operatorundan ibarət olan mürəkkəb operator kimi alınır. Vilmot operatoru iki halda iki fərqli nəticə vermişdir.

Yuxarıdakı qrafiklərə əsasən bu qənaətə gəlmək olar ki, verilmiş məsələləri həll etmək üçün Zade, Lukasevich, Klin-Dayns, Klin-Dayns-Lukaseviç və ya Yager klassik operatorlarından istifadə etmək daha münasibdir, lakin çıxarış və defazzifikasiyanı yerinə yetirən zaman həmin əməliyyatları yerinə yetirmək üçün uyğun üsulları seçmək lazımdır. Defazzifikasiya metodları [84, s.34]-də göstərildiyi kimi təşkil edilə bilər.

Beləliklə, qazları qarışdırarkən birləşmə əməliyyatlarına nəzarəti əlavə avtomatlaşdırma vasitələri cəlb etmədən avtomatlaşdırmaq üçün ən uyğun implikasiya operatorlarının seçilməsi, seçilmiş implikasiya operatorlarının tətbiqinin proqramlaşdırılan məntiq kontrollerlərində və ya SCADA sistemlərinin resurs səviyyəsində təşkil edilməsi məqsəduyğundur. Aparılmış təhlil göstərir ki, Mamdani və Vilmot operatorlarını qoyulmuş məsələlərin həllində həmişə birmənalı nəticələr vermir və nəzarət olunan parametrlərin qiymətlərini çox aşağı salır. Buna görə də informasiya-ölçmə sistemində siqnalların emalı zamanı qeyri-səlis çoxluqlara əsaslanan ənənəvi Zade, Lukasevich, Klin-Dayns, Klin-Dayns-Lukasevich operatorların tətbiq edilməsi tövsiyə olunur.

4.2. Qaradağ qaz-kompressor stansiyasının əsas göstəricilərinin təhlili

Məlum olduğu kimi, kompressor qurğuları (KQ) əksər sənaye komplekslərin ayrılmaz hissəsidir. Həmin komplekslərin səmərəliliyi və etibarlılığı bütövlükdə bu maşınların səmərəliliyindən və etibarlılığından asılıdır. Kompressor qurğularının uzunmüddətli istismar təcrübəsi göstərir ki, texniki təminatın aşağı səviyyədə olması, avadanlıqların özünü diaqnostikasının olmaması və meyletmələrin vaxtında aşkarlanmaması ilə əlaqədar olaraq kompressor qurğusunda xidmət heyətinin olması şərti ilə qəza dayanması halları ildə 4-6 dəfə baş verir. Bu baxımdan, kompressorların

texniki səviyyəsinin yüksəldilməsi məsələləri, xüsusən də onların səmərəliliyi və etibarlılığı böyük iqtisadi əhəmiyyət kəsb edir [26, s.5], [88, s.4].

Qaradağ kompressor stansiyasının (KS) əsas vəzifəsi qazın təzyiqinin əvvəlcədən müəyyən edilmiş zəruri təzyiqə qədər artırılaraq vurulmasını təmin etməkdən ibarətdir. Stansiyadakı kompressor qurğularının imtinası, sıradan çıxması bütün qaz anbarları kompleksinin və ya ən azı onun əsas hissəsinin dayanmasına, qaz təchizatında böyük itkilərə və fasilələrə səbəb olur ki, bununla bağlı olan sənaye sahələrində texnoloji prosesin pozulması ilə müşayiət oluna bilər. Təmir xərclərinin azaldılması və təmirlər arası müddətin uzadılması, nasazlıqların diaqnostikasının asanlaşdırılması ilə etibarlılığın artırılması mövcud stansiyaların işinə daima nəzarət edərək, onları təşkil edən qurğuların texniki və istismar göstəricilərinin mütəmadi olaraq təhlil etməklə təkmilləşdirilməsini tələb edir.

KQ-yə texniki xidmət heyət tərəfindən onun işinə daima nəzarət edilməsi və bu zaman əsas qovşaqların standart işçi göstəricilərinin tələblər uyğun hüdudlarda saxlanmasını nəzərdə tutur. Lakin KQ-nin məruz qaldığı yükün, ətraf mühitin parametrlərinin (temperatur və təzyiqin) qeyri-sabitliyi həm ümumi iş saatlarının, həm də avadanlıqların təmirlərarası istismar müddətinin azalmasına səbəb olur. Müasir idarəetmə-ölçmə vasitələrinin və icra mexanizmlərinin tətbiqi KQ-nin etibarlılığını, dayanıqlığını və iqtisadi göstəricilərini xeyli yaxşılaşdırır. Bu cür aqreqatlarda sınaqdan keçirilmiş və daha yaxşı göstəricilər nümayiş etdirən, geniş funksional imkanlara, məqbul ölçmə dəqiqliyinə malik avadanlıqların və nəzarət alqoritmlərinin tətbiq olunması tövsiyə olunur [2, s.84].

Stansiya üzrə 2018-2019-cu illər ərzində bir kompressor aqreqatı üzrə əsas göstəricilər cədvəl 4.2.1-də, həmin göstəricilərin müvafiq dəyişmə qrafikləri şək.4.2.1-4.2.3-də təqdim olunmuşdur.

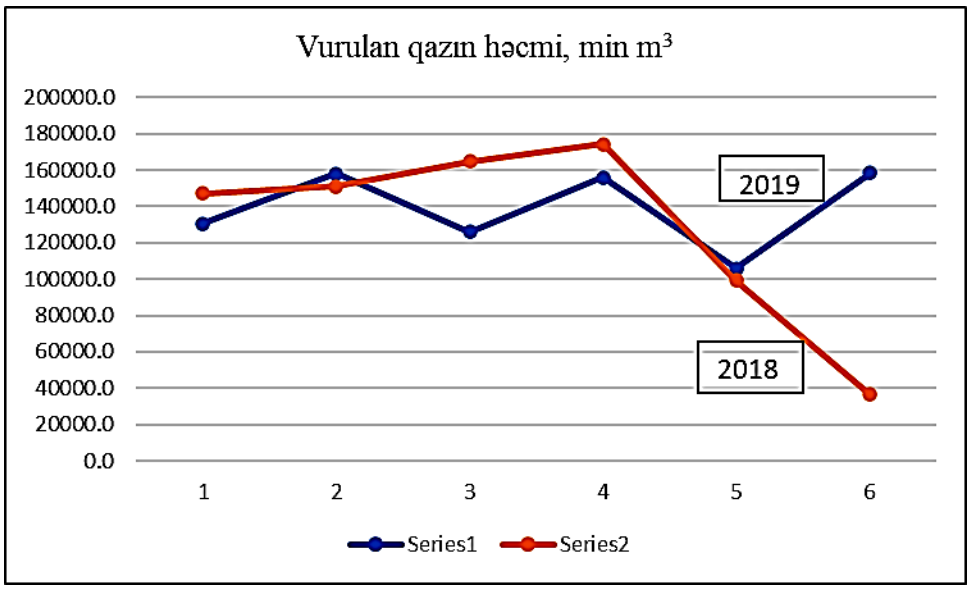
Cədvəldən göründüyü kimi, hər iki il üçün müvafiq məlumatlar yalnız may-oktyabr ayları üçün təqdim olunmuşdur ki, bu da Qaradağ kompressor stansiyasının ilin isti aylarında yeraltı qaz anbarına qazın vurulmasını təmin etməsi ilə əlaqədardır.

2018-2019-cu illərdə kompressor stansiyasının aylar üzrə göstəriciləri

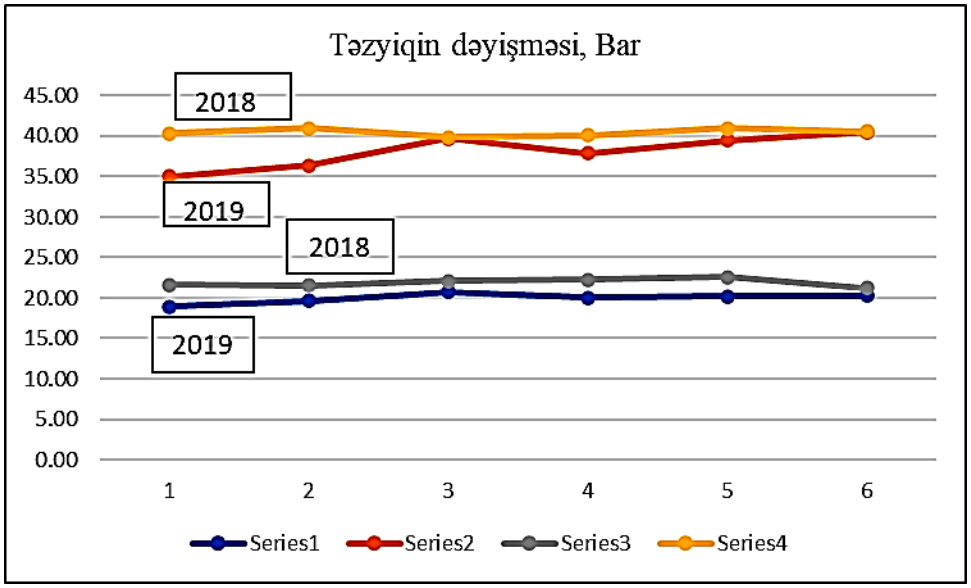
Cədvəl 4.2.1

Ay	Vurulan qazın həcmi, min m^3	Təzyiq, Bar		Aylıq yanacaq qazı sərfi, m^3	Yanacaq qazının xüsusi sərfi, $l/min.m^3$
		giriş	çıxış		
2019					
May	130810,7	18,94	35,06	2094422,0	16,01
İyun	158165,0	19,64	36,42	1971210,0	12,46
İyul	126096,9	20,75	39,68	1722384,0	13,66
Avqust	156215,4	20,04	37,88	1998263,0	12,79
Sentyabr	106122,3	20,17	39,49	1648537,0	15,53
Oktyabr	158402,7	20,29	40,47	2259919,0	14,27

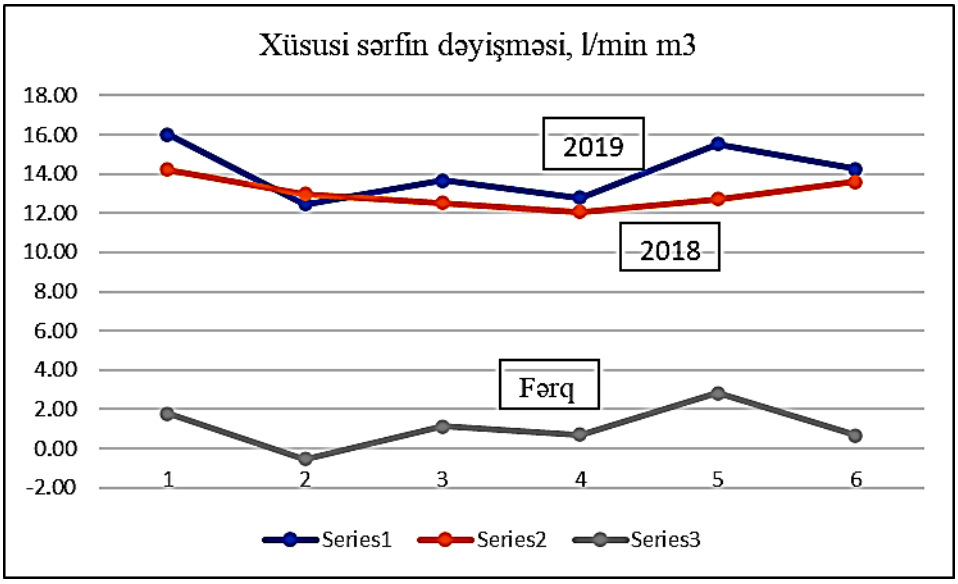
Ay	Vurulan qazın həcmi, min m^3	Təzyiq, Bar		Aylıq yanacaq qazı sərfi, m^3	Yanacaq qazının xüsusi sərfi, $l/min.m^3$
		giriş	çıxış		
2018					
May	147154,6	21,62	40,37	2094420,0	14,2
İyun	150932,5	21,52	40,95	1961145,0	13,0
İyul	165008,0	22,06	39,88	2066390,0	12,5
Avqust	174277,2	22,27	40,11	2103652,0	12,1
Sentyabr	99378,2	22,55	41,01	1262787,0	12,7
Oktyabr	36590,0	21,21	40,54	497282,0	13,6



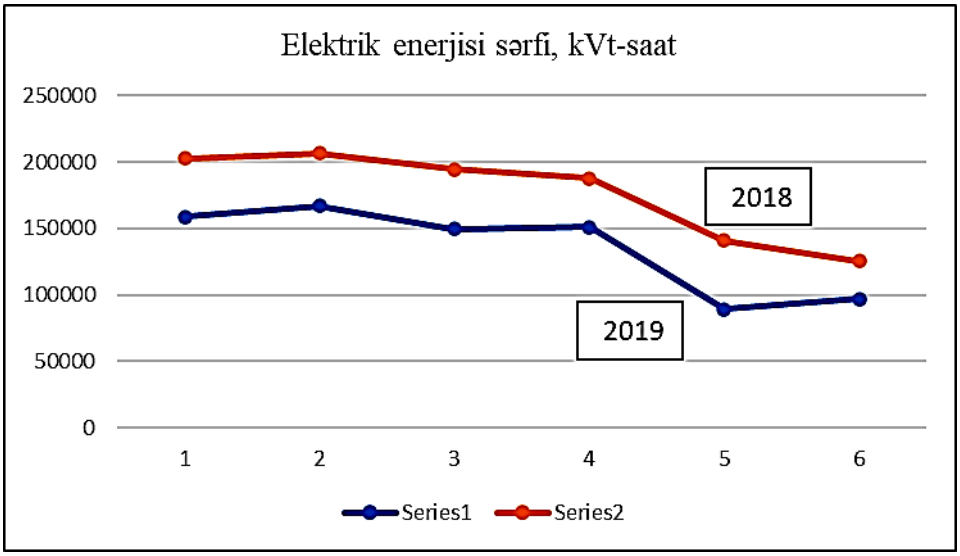
Şəkil 4.2.1. Aylar üzrə vurulan qazın həcmi



Şək.4.2.2. Giriş və çıxış təzyiqlərinin dəyişməsi



Şəkil 4.2.3. Yanacaq qazının xüsusi sərfi



Şəkil 4.2.4. Stansiya üzrə enerji sərfinin dəyişməsi

Qrafiklərdən göründüyü kimi, kompressor stansiyasının giriş və çıxışında təzyiqlərin dəyişməsi kritik olmayıb, sistem üçün müəyyən edilmiş hüdudları aşmır. Şəkil 4.2.3-də təqdim olunmuş qrafiklərdə, turbokompressorları işlətmək üçün 2018-ci ildə yanacaq qazının xüsusi sərfi, yəni hər 1000 m^3 qazın vurulması üçün sərf olunan yanacaq qazının miqdarı may və oktyabr aylarında 14,0 *l*/min m^3 ətrafında dəyişmiş, 2019-cu ildə isə bu qiymət 14-16 *l*/min m^3 intervalında olmuşdur.

May və sentyabr aylarında da yanacaq qazının xüsusi sərfi 2018-ci il ilə müqayisədə çox olmuş və müvafiq olaraq 16,01 və 15,53 l/min m^3 təşkil etmişdir. Lakin eyni zamanda stansiya üzrə ümumi enerji sərfi (şəkil 4.2.4) 30000-50000 kVt-saat az olmuşdur ki, bu da ümumi istismar xərclərinin azalmasında özünü büruzə verir.

Aparılmış sınaq-təcrübə rejimlərinin nəticələrinin təhlili göstərir ki, stansiyadan və aqreqatlardan gələn bütün siqnalların müvafiq (rəqəmsal) formalı siqnallara çevrildikdən sonra yeni sistemə daxil edilməsi məsələləri həll olunduqdan sonra stansiyanın iş prosesinə məsafədən “on-line” rejimdə nəzarət və idarəetmə tələb olunan meyarları ödəyir və kompressor stansiyası isə qazın anbara vurulmasının müəyyən edilmiş göstəricilərini təmin edərək, zəruri səmərəliliyə malikdir.

4.3. Nəzarət prosesində aparat-proqram vasitələrinin qarşılıqlı əlaqəsi

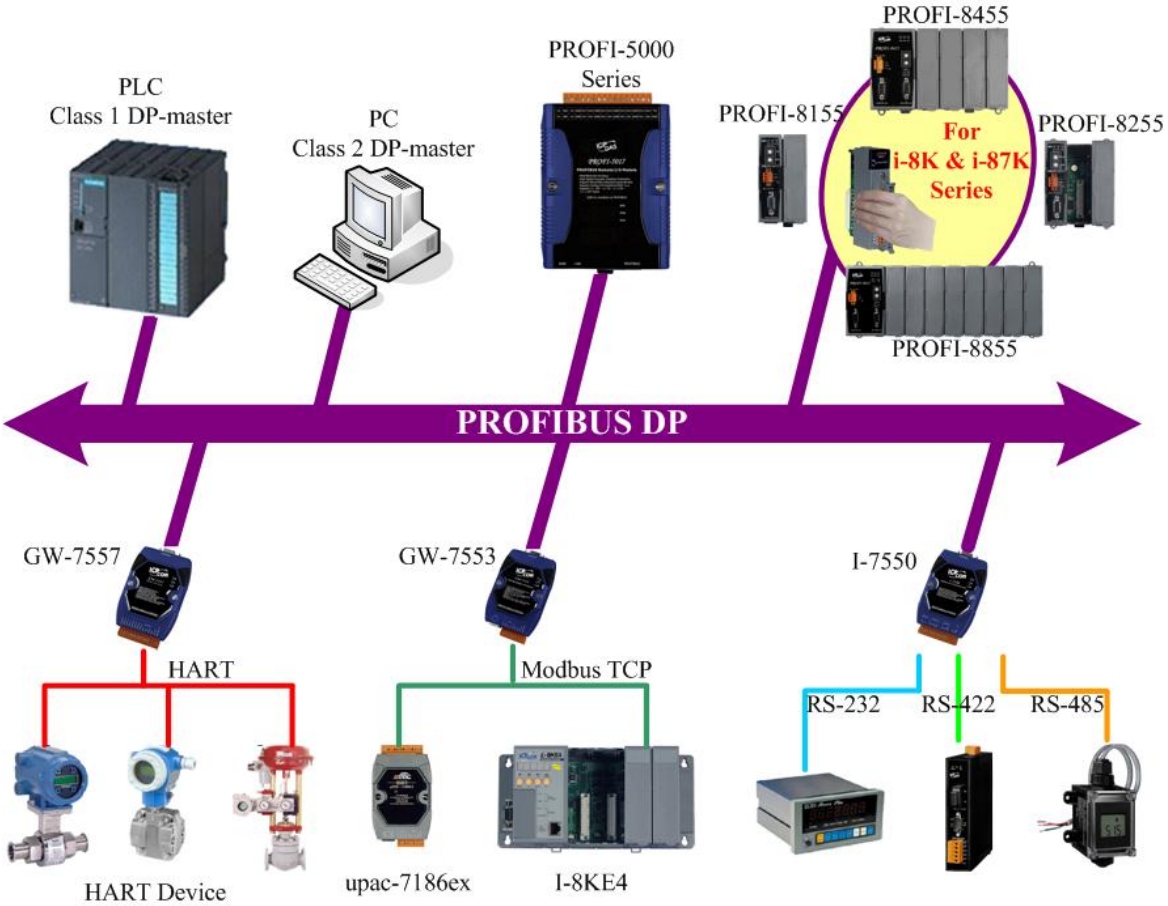
Qaz hasilatı, saxlanması və nəqli ilə əlaqədar istehsalat proseslərinin avtomatlaşdırılması texnoloji prosesin əsas parametrlərinin ölçülməsi, idarə olunması və mühüm göstəricilərinin hesablanması məsələlərini əhatə edir. Bu baxımdan neft-kimya proseslərində əsas ölçülən kəmiyyət qazın və mayenin sərfidir. Bu zaman əsas problemlərdən biri informasiya-ölçmə sistemində sərfin ölçülməsi üçün verilmiş tələbləri ödəyən müvafiq və münasib sərfölçənin seçilməsi çıxış siqnalının zəruri dəqiqlik və dürüstlüyünü təmin edilməklə emalı alqoritmlərinin işlənilməsi və tətbiqidir.

İnformasiya-ölçmə sistemləri növlərindən olan inteqrasiya olunmuş elm-istehsalat kompleksləri (İnEİK) ölçmələrin və ölçmə nəticələrinin emalının avtomatlaşdırılmasının əsas istiqamətlərindən biridir. İnEİK daxilində elə çevik

hesablama texnikası və dəqiq ölçmə vasitələri tətbiq etmək lazımdır ki, bütöv istehsalat prosesi, yəni elmi tədqiqatlardan başlamış, hazır məhsulun buraxılışına kimi olan bir fəaliyyət tsiklinin avtomatik sürətdə yerinə yetirilməsi təmin edilsin. Belə sistemlərin tələb olunan çevikliyi, proses üçün zəruri olan ölçmələrin idarəetmə, nəzarət və ölçmə prosedurları və əməliyyatlarının, informasiyanın emalı proseslərinin aparılması kompüter şəbəkələri vasitəsilə təmin edilir [1, s.155].

Qazın hasil edilməsi, saxlanması və nəqli proseslərinin avtomatlaşdırılmasında informasiyanın ölçülməsi, ötürülməsi və emalı kimi mürəkkəb, qeyri-bircins məsələlərin həll edilməsi tələb olunur. Ümumi halda həmin məsələlər avtomatlaşdırma ilə bağlı problemlər olub, prioritetinə görə bir-birindən fərqlənə yaxud eyni prioritetə malik olan məsələlərdir. Müxtəlif prioritetə malik məsələlər müxtəlif səviyyələrə aid edilərək, müxtəlif zaman kəsiklərində həll edilir. Eyni yaxud uyğun prioritetli məsələlər isə, eyni bir səviyyəni təşkil edir. Bu baxımdan prioritetlərin nəzərə alınması ilə ölçmə və idarəetmə proseslərinin avtomatlaşdırılması sisteminin strukturunu şəkil 4.3.1-də göstərilmiş və müasir ölçmə-idarəetmə vasitələri tətbiq edilməklə qurulmuş blok funksional sxemlə təqdim etmək məqsədəuyğundur. Bu zaman fərqləndirilən əsas səviyyələr bunlardır: informasiyanın ölçülməsi, çevrilməsi, ötürülməsi və mübadiləsi, emalı, optimallaşdırma, proqramlaşdırma, idarəetmə-tənzimləmə məsələlərinin həlli, idarəedici tənzimləyici təsirlərin yaradılması, müvafiq hesabat və cədvəllərin tərtib edilməsi və hazırlanması səviyyələri. Adıçəkilən səviyyələr ayrıca altsistemlərdə birləşsə də məsələlərin prioritetlər üzrə həlli ümumi nəzarət-idarəetmə prosesi gedişində dəyişə bilər [2, s.87], [3, s.202].

Zəruri texniki vasitələr, aparat-proqram vasitələri tətbiq edildikdən sonra etibarlılıq, məhsuldarlıq, çeviklik və s. müvafiq göstəricilər texnoloji proses səviyyəsinin tələblərə uyğunluğunu təmin edilməlidir.



Şəkil 4.3.1. Nəzarət prosesində aparat-proqram vasitələrinin qarşılıqlı əlaqəsinin struktur sxemi.

Nəzarət-idarəetmə səviyyəsində isə prosesin idarə edilməsi, məhz, planlaşdırma, optimallaşdırma və proqramlaşdırma məsələləri həll edilir. Şəkil 4.3.1-də nəzarət prosesində aparat-proqram vasitələrinin qarşılıqlı əlaqəsinin struktur sxemi göstərilmişdir. Sxemdən göründüyü kimi, informasiya mübadiləsində müxtəlif protokollardan - HART, PROFİBUS, ModBUS TCP, eləcə də ardıcıl ötürmədə istifadə edilən R-232, RS-422, RS484 protokollarından istifadə olunur ki, bu da informasiyanın ötürülmə dürüstlüyünü və sistemin etibarlılığını yüksəltməyə, müxtəlif qurğuların qarşılıqlı əlaqəsini təmin etməyə imkan verir.

Beləliklə, qazın çıxarılması, emalı, saxlanması və nəqli ilə əlaqədar texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması zamanı əsas problemlərindən biri bütün qoyulan məsələləri həllini təmin edən və verilmiş tələbləri ödəyən optimal strukturlu mükəmməl informasiya-ölçmə altsisteminin yaradılmasıdır. Əvvəldə qeyd edildiyi kimi, informasiya-ölçmə altsistemində həm vericilərdən gələn siqnalların qiymətlərindən başqa, həm də bütün proses haqqında informasiyanı xüsusi alqoritmlərə uyğun olaraq emal edilməsində (qəbul edilməsi, çevrilməsi və ötürülməsində) istifadə edilən verilənlər bankı təşkil edilir. Bu verilənlər bankında istehsal proqramı, istehsal prosesi və avadanlıq haqqında konstruktiv-texnoloji məlumatlar, standartlar, sorğu-məlumat xarakterli məlumatlar və s. toplanır.

İnformasiya-ölçmə sisteminin əsas vəzifəsi müxtəlif səviyyələr və eyni səviyyələr arasında informasiya mübadiləsi, emalı və təhlili proseslərini təmin etməkdən ibarətdir. Lakin bu zaman ölçmə proseslərinin maksimum dəqiqliyi və dürüstlüyü də təmin edilməlidir. Aparılan təhlil göstərir ki, informasiya-ölçmə sisteminin texnoloji proseslə informasiya mübadiləsinin imitasiya modelinin işlənməsi və tədqiqi sistem haqqında məlumatların dürüstlüyünü artırmağa və sistemi təkmilləşdirməyə, onun metroloji xarakteristika və parametrlərini yüksəltməyə imkan verir.

IV fəsil üzrə nəticələr

1. Sensorların çıxış siqnallarının emalında istifadə olunması nəzərdə tutulan qeyri-səlis implikatorların müqayisəli təhlili əsasında bu cür məsələlərin həllində nəticələri aşağı qiymətləndirən və ya birmənalı olmayan nəticələrə səbəb olan Mamdani və Vilmot operatorlarını istifadə etməkdən imtina etmək, daha təsirli implikatorlar kimi Zade, Lukasevich, Klin-Dayns, Klin-Dayns-Lukasevich operatorlarından istifadə etmək məqsəduyğundur.
2. Qaradağ kompressor stansiyasında iş rejimlərinin nəticələrinin təhlili əsasında göstərilmişdir ki, stansiyadakı aqreqatlardan gələn bütün siqnalların müvafiq (rəqəmsal) formalı siqnallara çevrildikdən sonra yeni sistemə daxil edilməsi məsələlərinin həlli stansiyaya məsafədən “on-line” rejimdə nəzarət və idarəetməni, həmçinin qazın anbara vurulması üzrə göstəriciləri təmin edərək, sistemin zəruri səmərəliliyinə nail olmağa imkan verir.
3. Qazın anbara vurulması və götürülməsi proseslərinə nəzarət zamanı istifadə edilən ölçmə cihazları və qurğularının, eləcə proqram vasitələrinin təhlili nəticəsində həmin aparat-proqram vasitələrinin, eləcə də işlənilmiş və təklif edilmiş emal alqoritmlərinin, yəni bütün alqoritmik-proqram və aparat hissələrinin qarşılıqlı təsirinin struktur sxemi tərtib olunmuş, informasiya-ölçmə sisteminin təkmilləşdirilməsi üçün imitasiya modelləşdirilməsinin tətbiq olunması tövsiyə olunmuşdur.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. İnformasiya-ölçmə sistemi üçün sərfölçən qurğularının seçilməsi məsələsinin qoyuluşu və həlli yolları nəzərdən keçirilmiş, ekspertlərin rəyi əsasında müəyyən olunmuş seçim meyarlarının müqayisəli təhlili əsasında müəyyən edilmişdir ki, sərt emal və nəzarət alqoritmləri ilə yanaşı, bütün mümkün variantları nəzərdə tutmağa imkan verən qeyri-səlis emal alqoritmlərinin tətbiqi sistemin səmərəliliyinin yüksəldilməsi yollarından biridir.
2. Mövcud sərfölçən cihaz və qurğuların təhlili əsasında göstərilmişdir ki, qazın sərfinin məqbul (verilmiş, tələb olunan) xəta ilə ölçülməsi onun uçotu və eləcə də nəqli proseslərinin avtomatlaşdırılması sistemlərində zəruri əməliyyatlardan biridir.
3. Müəyyən olunmuşdur ki, informasiya-ölçmə və idarəetmə-nəzarət sistemlərində qazın ölçülməsi üçün əsasən ultrasəs, təzyiq düşküsü prinsiplərinə əsaslanan, eləcə də turbinli və koriolis sərfölçənlərindən istifadə olunur.
4. Müəyyən edilmişdir ki, ölçmə cihazlarının bəzi parametrləri və göstərişlərində qeyri-müəyyənlik üstünlük təşkil edir, yəni onlar ümumi halda qeyri-səlis xarakterə malikdir, informasiya-ölçmə sistemləri üçün tələb olunan parametr və xarakteristikalara malik, bu sistemlərin optimal çıxış xarakteristikalarını, informasiyanın dolğunluğu və dürüstlüyünü təmin edən cihazların uyğun seçim meyarları əsasında seçilməsində determinik üsullarla yanaşı, qeyri-səlis seçim üsullarından istifadə etmək, onların çıxış siqnallarının emalında da qeyri-səlis alqoritmləri tətbiq etmək məqsədəuyğundur.
5. Təbii qazın sərfini ölçən və uçotunu təmin edən informasiya-ölçmə sisteminin qurulma prinsipləri təhlil edilmiş və göstərilmişdir ki, sistemin səmərəliliyi onun strukturundan, əsaslandığı hesablama texnikası və tətbiq edilən cihaz, qurğu və çeviricilərin cəldliyi, məsələlərin həllində istifadə edilən riyazi modellərin adekvatlığından, ölçmə kanallarının xarakteristikalarından asılıdır.
6. Müəyyən olunmuşdur ki, ekspertlərin sərfölçənin seçilməsi üçün verilmiş 4 əsas meyar – dəqiqlik, etibarlılıq, dözümlülük və qiymət meyarları əsasında seçdiyi dörd alternativ həllə uyğun göstəricilər AHP və TOPSİS metodlarına əsaslanan təklif

edilmiş alqoritmlə emal edilməklə yekun qərarın qəbul olunması münasib alternativ həlli asanlıqla təyin etməyə, müvafiq qərar qəbuletmə prosedurunun avtomatlaşdırma səviyyəsini yüksəltməyə imkan verir.

7. Müəyyən olunmuşdur ki, kompressor qurğuları və kompressor stansiyalarında nəzarət və idarəetmə funksiyalarının avtomatlaşdırılması, Özünü diaqnostika və nəzarət funksiyalarının olması nasazlığın səbəbini tez bir zamanda müəyyənləşdirmək və sistemin modulla qurulma prinsipi isə həmin nasaz komponentlərin tez bir zamanda yenisi ilə əvəz etmək, yaranan problemlərin erkən xəbərdarlıq altsistemi isə onların vaxtında aradan qaldırmaq və qəza səbəbindən KQ-yə xidmət-təmir işlərini xeyli sürətləndirəcəkdir.

8. Qazın nəqli zamanı müxtəlif qaz boru kəmərlərindən axınlar qarışdırılarkən təbii qazın parametrlərinə nəzarət etmək üçün qərar qəbulunun avtomatlaşdırılması zəruriliyi ilə əlaqədar qeyri-səlis implikasiya operatorlarının müqayisəli təhlili aparılmış və daha təsirli implikatorlar kimi Zade, Lukasevich, Klin-Dayns, Klin-Dayns-Lukasevich operatorlarından istifadə etməyin məqsədəuyğun olması müəyyən olunmuşdur.

9. Qaradağ qaz-kompressor stansiyasında sınaq-təcrübə rejimlərində aparılmış nəticələrinin təhlili göstərir ki, stansiyadan və aqreqatlardan gələn bütün siqnalların müvafiq (rəqəmsal) formalı siqnallara çevrildikdən və müəyyən vericilərin çıxış siqnallarının qeyri-səlis alqoritmlərlə emalından sonra, stansiyanın iş prosesinə məsafədən - “on-line” rejimdə nəzarət və idarəetmə tələb olunan meyarları ödəyir. Kompressor stansiyası isə qazın anbara vurulmasının müəyyən edilmiş göstəricilərinə uyğun zəruri səmərəliliyi təmin edir.

İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYATIN SİYAHISI

1. Allahverdiyev E.N. Müasir sərfölçənlərin quruluşu və iş prinsipi // – Bakı: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti “Tikintinin iqtisadiyyatı və menecment” elmi-praktiki jurnalı, –2018. №5, – s. 153-158.

2. Allahverdiyev E.N. Qaz sərfini ölçən cihazların texnoloji tələblərə uyğun seçilməsi./ Qasımov V.Ə. // Azərbaycan Hava Yolları QSC Milli Aviasiya Akademiyasının “Elmi məcmuələr”, – Bakı: – 2019. – Cild 21, № 2, – s .84-87.

3. Allahverdiyev E.N. Qaz sərfini ölçən qurğuların seçilməsi problemləri. // First International Scientific-Practical Conference: Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives, – Baku: – 1 June – 2 June – 2019. – p.202.

4. Allahverdiyev E.N. Qaz sərfini ölçən sistem üçün ölçmə qurğularının seçilməsi. // International Scientific-Practical Conference: The roll of Engineering in Innovative Development of Azerbaijan: Aims and Perspectives, – Baku: – 29 November – 30 November, – 2019, p.168-172.

5. Allahverdiyev E.N. Qaz sərfini ölçən sistem üçün ölçmə qurğularının seçilməsi // ADNSU-nun Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – Bakı: – 2020 – Cild 22, – №5, – s.74-78.

6. Allahverdiyev E.N. Qaz sərfinin ölçmə proseslərinin avtomatlaşdırılması. Şəxsiyyət, cəmiyyət, dövlət: qarşılıqlı münasibətlərə müasir yanaşmalar // Respublika elmi konfransının materialları. – Bakı: – 6 dekabr – 7 dekabr – 2019. – s. 645-646.

7. Allahverdiyev E.N. Kompressor stansiyasının idarəetmə nəzarət sistemi. // ADNSU-nun 100 illiyinə həsr olunmuş ADNSU gənc alim və tədqiqatçıların elmi-praktiki Konfransı.

8. Allahverdiyev E.N. Qaz sərfi vericisinin seçilməsində qeyri-səlis üsulların tətbiqi // ADNSU 100 il, MIMC. – Bakı: –2020.

9. Allahverdiyev E.N. Solution of the gas flow meter selection problems for information-measuring system // The 7th International conference on Control and

optimization with Industrial Applications. COİA-2020 – Baku: – Volume II – p.95-97.

10. Allahverdiyev E.N. Algorithm for Selecting a Flow Meter with optimal parameters // Технології та інжиніринг, Київ- N2- 07.2022- p.9-20

11. Aliev R.A. Fuzzy Process Control and Knowledge Engineering / Aliev F.T., and Babaev M.D. // Verlag TUV Rheinland, – Koln: – 1991 – p.148.

12. Aliev R.A. Soft Computing / Bonfig K.W., and Aliev F.T. // Technik Verlag, – Berlin: – 2000, – p. 448.

13. Aliev R.A. Soft Computing and its Application / Aliev R.R. // World Scientific, – New Jersey – London – Singapure – Hong Kong: – 2001, – p.444.

14. Baha H. Modeling of a Gas Sensor / Dibi Z. // ANN. Journal of Electrical Engineering & Technology. – 5(3) – 2010, – p.493-496.

15. Baker R.C. Flow Measurement Handbook // Cambridge University Press, – UK: – 2000, – p. 524.

16. Bandler W. Fuzzy power sets and fuzzy implication operators / Kohout L. // Fuzzy Sets and Systems. – 1980 – Vol. 4 – Issue 1. – p.13–30.

17. Benyounes, A. “Takagi Sugeno models identification based on fuzzy data construction: Gas turbine investigation,” / Hafaifa A., Daoudi A. // Proceedings of the 1st International Conference on Applied Automation and Industrial Diagnostics (ICAAID 2015). – Djelfa – Algeria: – 29 March –30 March –2015, –p. 29-30.

18. Bilbao-Terol A. Using TOPSIS for assessing the sustainability of government bond funds / Arenas-Parra M., Carnal-Fernandez V., Antomil-Ibias J. // – Omega: – 2014. -49. – p.1-17.

19. Bohl W. Technische Strömunslehre. Vogel Fachbuch / – Würzburg, Germany: – 12th Edition. – 2002 – p.504.

20. Economides M.J. The state of natural gas / Wood D.A. // J. of Natural Gas Science and Engineering. – 2009. – Vol. 1 – Issue 1. – p.1-13.

21. Hafaifa, A. “Vibration supervision in gas turbine based on parity space approach to increasing efficiency” / M. Guemana and A. Daoudi // Journal of Vibration and Control. – June – 2015 – Vol. 21. – p.137-146.

22. Harper, R. Inside the Smart Home // Springer, – London: – 2003 – p.275.

23. Herzog M. Establishing a Balanced Maintenance Strategy for Field İnstrumentation / Van Kasteren R., Salusbury J. // – 2002 – p.38-45.

24. https://krohne.com/en/.../flow-measurement/flowmeters/altosonic-v12/

25. http://www.staroruspribor.ru/articles/view/56.htm.

26. https://vuzlit.ru/755356/vybor_tehnicheskih_sredstv_izmereniya_normirovanie_tehnologicheskih_parametrov («Endress+Hauser»).

27. Design Guide for Heating, Ventilating and Air Conditioning Systems. February 29, 2000. 166p.

28. Ewins, D.J. “Control of vibration and resonance in aero engines and rotating machinery - An overview” // International Journal of Pressure Vessels and Piping, – 2010, – Vol. 87 – №9 – p.504-510

29. Hwang, C.L. Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications / Yoon, K. // Springer, – Berlin – Heidelberg – 1981 – p.350.

30. Chen, C-T. Extension of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment // Fuzzy Sets and Systems – 2000 – 114, – p.1-9

31. Corrente S. Multiple criteria hierarchy process with ELECTRE and PROMETHEE / Greco S., Slowinski R. // Omega. – 2013. – 41, Issue 5. – p.820-846.

32. Chang D. Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP // Eur. J. Oper. Res. – 1996 – 95 – №3. – p.649-655.

33. Chen, X. “A Novel PF-LSSVR-based framework for failure prognosis of nonlinear systems with time-varying parameters,” / J. Yu, D. Tan, Y. Wang // Chinese Journal of Aeronautics, – 2012 – Vol. 25 – №.

34. Cuffaro, V. “Advanced life assessment methods for gas turbine engine components,” / F. Curà, R. Sesana // Procedia Engineering, – Vol. 74 – 2014, – p.129-135.

35. Figueira J, Multiple Criteria Decision Analysis: The State of the Art Surveys / Mousseau V., Roy B., J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (eds.) // Springer Science+Business Media, Inc., – New York: – 2005. – p.133-162.

36. Forbes, G. L. “Simulated gas turbine casing response to rotor blade pressure excitation,” / R. B. Randall // Proceedings of the 5th Australasian Congress on Applied Mechanics, ACAM. – Brisbane – Australia: – 2007, – p.414-419.

37. Grondahl, C.M. “Performance and reliability improvements for MS3002 and MS5001 turbines in pipeline applications,” / Guiler M.E., Jurczynski G.E. and Zell R. // Proceedings of the 37th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference, Industry Applications Society. – Houston – Texas: – 1990.

38. Guemana, M. “Use a new calibration method for gas pipelines: An advanced method improves calibrating orifice flowmeters while reducing maintenance costs,” / S. Aissani and A. Hafaifa // Hydrocarbon Processing. – 2011. – Vol. 90. – №8. – p.63-68.

39. Halimi, D. “Use modeling as part of a compressor maintenance program,” / A. Hafaifa, E. Bouali and M. Guemana // Gas Processing – September – October – 2014. – p.55-59.

40. Hafaifa, A. “Modeling of surge phenomena in a centrifugal compressor: Experimental analysis for control,” / B. Rachid and G. Mouloud // Systems Science and Control Engineering. – 2014.– Vol. 2. – №1.

41. Hafaifa, A. “Application of fuzzy diagnosis in fault detection and isolation to the compression system protection,” / A. Daoudi and K. Laroussi // Control and Intelligent Systems. – 2011. – Vol. 39. – №3. – p. 151-158

42. Hafaifa, A. “Fuzzy modeling and control of centrifugal compressor used in gas pipeline systems,” / G. Mouloud and B. Rachid // Multiphysics Modeling and Simulation for Systems Design and Monitoring (series), Applied Condition Monitoring. – 2015. – Vol. 2.

43. Kanoglu, M. “Understanding energy and exergy efficiencies for improved energy management in power plants,” / Dincer I. and Rosen M.A. // Energy Policy. – 2007. – Vol. 35. – №1. – p. 3967-3978.

44. Kapoor V. Fuzzy application to the analytic hierarchy process for robot selection / Tak S.S. // Fuzzy Optimization and Decision Making. – 2005. – 4. – №2. – p.209-234.

45. Kessentini, S. “Modeling and dynamics of a horizontal axis wind turbine,” / S. Choura, F. Najar and M. A. Franchek // Journal of Vibration and Control. – 2010. – Vol. 16. – №13. – p.2001-2021.

46. Mohamed, B.R. “Vibration modeling improves pipeline performance, costs,” / Hafaifa A. and Mouloud G. // Oil & Gas Journal. – 2015. – Vol. 113. – №3. – p.22-24.

47. Li, D. “Enhanced fuzzy-filtered neural networks for material fatigue prognosis,” / W. Wang and F. Ismail // Applied Soft Computing. – 2013. – Vol. 13. – No. 1.

48. Liu, Q. “A novel method using adaptive hidden semiMarkov model for multi-sensor monitoring equipment health prognosis,” / M. Dong, W. Lu, X. Geng and Y. Li. // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2015. – Vol. 64-65.

49. Mikhailov L . Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements // Fuzzy Sets and Systems. – 2003. – 134. – №3. – p.365-385.

50. Marichal J.L. An axiomatic approach of the discrete choquet integral as a tool to aggregate interacting criteria // IEEE Transac. on Fuzzy Systems. – 2000. – 8. – №6. – p. 800-807.

51. Morsi N.N. The logic of tied implications, part 1: Properties, applications and representation / Lotfallah W., El-Zekey M.S. // Fuzzy Sets and Systems. – 2006. – Vol. 157. – Issue 5. – p.647-669.

52. Opricovick, S. Compromise Solution by MCDM Methods A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. / Tzeng, G.H. // European Journal of Operational Research. – 2004. – 156. – p. 445-455.

53. Olcer. A.I. A New Fuzzy Multiple Attributive Group Decision Making Methodology and its Application to Population/Maneuvering System Selection Problem / Odabasi. A.Y. // European Journal of Operational Research. – 2005. – 166. – p. 93-114

54. Pankratova N. Method for processing fuzzy expert information in prediction problems. Part I / Nedashkovskaya N // J. Automation and Inform. Sci. – 2007. – 39. – Issue 4. – p.22-36.

55. Pan, Y. “Machine health condition prediction via online dynamic fuzzy neural networks,” / M.J. Er, X. Li, H. Yu and R. Gouriveau // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2014. – Vol. 35.

56. Pankratova N. Method for processing fuzzy expert information in Prediction problems. Part II / Nedashkovskaya N. // J. Automation and Inform. Sci. – 2007. – 39. – Issue 6. – p.30-44.

57. Pankratova N. Spectral coefficient of consistency of fuzzy ekspert information and estimation of its sensitivity to fuzzy scales when solving foresight problems / Nedashkovskaya N. // Inform. Theories and Applicat. – 2012. – 6. – №4. – p.316-329.

58. Ruan D. Fuzzy implication operators and generalized fuzzy method of cases / Kerre E.E. // Fuzzy Sets and Systems. – 1993. – Vol. 54. – Issue 1. – p.23-37.

59. Saadat, B. “Modélisation des vibrations appliquée à la prise de décision pour le diagnostic d’une turbine à gaz,” / A. Hafaifa and K. Abdallaha // Proceedings of the 1st Colloque International sur les Hydrocarbures, Energies et Environnement (HCEE). – Ouargla. – Algeria: – 2014. – 23 November – 24 November.

60. Saadat, B. “Analyse des vibrations dans les turbines à gaz par une approche d’optimisation basée sur un système expert,” / A. Hafaifa and K. Abdallaha // Proceedings of the 1st International Conference on Applied Automation and Industrial Diagnostics (ICAAID). – Djelfa. – Algeria: – 2015. – 29 March. – 30 November. – p. 16.

61. Saaty T.L. An exposition of the AHP in reply to the paper “Remarks on the analytic hierarchy process”// Management Sci. – 1990. – 36. – №3. – p.259-268.

62. Saaty T.L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary // Eur. J. Oper. Res. – 2003. – 145. – №1. – p.85-91.

63. Salo A. Preference programming through approximate ratio comparisons // Euro. J. Oper. Res. – 1995. – 82. – №3. – p.458-475.

64. Sait Ü. “SERA OTOMOSYON SİSTEMİ” / Veli D. // – Turkey: – 2016. – p. 23.

65. Sica, F. C. “A cognitive system for fault prognosis in power transformers,” / F. G. Guimarães, R. Duarte and A. J. R. Reis // Electric Power Systems Research. – 2015. – Vol. 127.

66. Spitzer D.W. Flow Measurement – Practical Guide for Measument and Control // ISA North Caroline. – USA: – 2001. – p. 646.

67. Stetter, R. “Intelligent Systems for the Prognosis of Energy Consumption in Manufacturing and Assembly,” / Witczak P., Spindler C., Hertel J.and Witczak M. // Procedia CIRP. – 2015.– Vol. 33. – p.370-375.

68. Steven Richard Orifice plate meter wet gas flow performance / Hall Andrew // Flow Measurement and Instrumentation. – 2009. – 20 (5). – p.141-151.

69. Steven Richard. Horizontally installed cone differential pressure meter wet gas flow performance // Flow Measurement and Instrumentation. – 20(5). – p.152-167.

70. Tran, V.T. “Multi-step ahead direct prediction for the machine condition prognosis using regression trees and neuro-fuzzy systems,” / B.S. Yang and A.C.C. Tan // Expert Systems with Applications. – 2009. – Vol. 36. – №5.

71. Tsai, G.C. “Rotating vibration behavior of the turbine blades with different groups of blades,” // Journal of Sound and Vibration. – 2004. – Vol. 271. – №3-6.

72. Turksen I.B. A new class of fuzzy implications. Axioms of fuzzy implication revisited / Kreinovich V., Yager R.R. // Fuzzy Sets and Systems. – 1998. – Vol. 100. – Issue 1-3. – p.267-272.

73. Wang, Y.M. Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets with an Application to Bridge Risk Assessment. Elhag, T.M.S. // Expert Systems with Applications. – 2006. – 31. – p. 309-319.

74. Wang, W.Q. “Prognosis of machine health condition using neuro-fuzzy systems,” / Golnaraghi M.F. and Ismail F. // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2004. – Vol. 18. – №4.

75. Yorucu V., Bahramian P. Price modelling of natural gas for the EW-12 countries: Evidence from panel cointegration // J. of Natural Gas Science and Engineering. – 2015. – Vol. 24, Issue 4. – p. 464–472.

76. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – p.338-353.

77. Аллахвердиев Э.Н. Принципы построения ИИС для измерения и учёта расхода газа // “Elmi əsərlər”. Azərbaycan Texniki Universiteti. – 2018. – № 4. – с.130-134.

78. Ацюковский В.А. Основы организации системы цифровых связей в сложных информационно-измерительных комплексах // – Москва: – Энергоатом-издат. – 2001. – с. 97.

79. Бутусов О.Б. Компьютерное моделирование нестационарных потоков в сложных трубопроводах / Мешалкин В.П. // – Москва: – ФИЗМАТ-ГИЗ. – 2005. – с.550.

80. Волкова В.Н. Теория систем / Денисов А.А. // – Москва: – Высшая школа. – 2006. – с.511.

81. Джексон Р.Г. Новейшие датчики // – Москва: – Техносфера. – 2007. – с. 384.

82. Жаркин А.Ф. Многокритериальная оценка альтернативных вариантов интеграции источников распределенной генерации в распределенные сети. / Попов В.А. // – ISSN 0204-3572. – Electronic Modeling. – 2016. – V.38. – №1. – с. 99-112

83. Информационно-измерительная техника и технологии / В.И. Калашников, С.В. Нефедов, А.Б. Путилин и др. под ред. Г.Г. Ранеева. // – Москва: – Высшая школа. – 2002. – с.454.

84. Копысицский Т.И. Методология учета нефти и нефтепродуктов. / Рзаев Ю.Р. // – Баку: – Организационно-метрологический аспект.– OCAQ. – 2006. – с.288.

85. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление: пер. с англ. // – Москва: – Бином. – Лаборатория знаний. – 2013. – с.798.

86. Работа с пакетом PCS-7 Siemens A&D AS PAS // – 2001.

87. Руководство по выбору расходомера. // https://rusautomation.ru/stati /rukovodstvo-po-vyboru-rashodomera-part1, part2, part3.

88. Руководство по обучению АЗЕРПАЙП ГТ ТНМ 1304-11 МАН ТУРБО // – Германия: – 2003.

89. Сафин А.Х. Тенденции в технико-экономической структуре производства и развитии компрессорного оборудования // – Компрессорная техника и пневматика. – 2002. – №2. – с.4-9.

90. Сухарев М.Г. Технологический расчет и обеспечение надежности газо- и нефтепроводов. / Красевич А.М. // – М. ГУП Изд. «Нефть и газ» РГУ НГ им. И.М. Губкина. – 2000. – с.270.

91. В.П. Бабак Теоретические основы информационно-измерительных систем: Учебник / И741 С.В. Бабак, В.С. Еременко и др.; под ред. чл.-корр. НАН Украины В.П. Бабака// – Киев: – 2014. – с.832.

92. Трушников М.А. Автоматизированные системы управления в промышленности: учеб. пособие. // – Волгоград: – Волг.ГТУ. – 2010. – с.97.

93. Трушников М.А. Основы автоматизации типовых технологических процессов в химической промышленности и в машиностроении. // учеб. Пособие. – Волгоград: – Волг ГТУ. – 2012. – с.107.

ƏLAVƏLƏR

Dissertasiya işinin nəticələrinin tətbiqi aktı

"TƏSDİQ EDİRƏM"
SOCAR "Qaz İxrac" İdarəsi
rəisin birinci müavini
_____ N.Səmədzadə
"16" 05 2022-ci il

Allahverdiyev Elsevər Nəbi oğlunun texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim etdiyi "Qeyri-səlis məntiq əsasında qazın sərfiyyatının ölçmə sisteminin işlənilməsi" mövzusunda dissertasiya işinin nəticələrinin tətbiq edilməsi barədə

A K T

Tərkibində SOCAR "Qaz İxrac" İdarəsinin Kompressor və qaz avadanlıqları şöbəsinin rəis müvini Kamil Məmmədov, "Qaz İxrac" İdarəsinin İstehsalat proseslərinin avtomatlaşdırılması şöbəsinin rəis müavini Elmir Yaqubov, "Qaz İxrac" İdarəsinin Qaradağ kompressor stansiyasının rəisi Vidadi Əbilov, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "İnformasiya texnologiyaları və idarəetmə" fakultəsinin dekanı t.e.n., dosent Fərid Ağayev, ADNSU-nun "Cihaz mühəndisliyi" kafedrasının müdiri t.e.d., dosent Bəkirova Lalə Rüstəm qızı olan elmi-texniki komissiya Allahverdiyev Elsevər Nəbi oğlunun texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim etdiyi "Qeyri-səlis məntiq əsasında qazın sərfiyyatının ölçmə sisteminin işlənilməsi" mövzusunda dissertasiya işinin nəticələrinin tətbiq edilməsi barədə hazırki aktı tərtib etmişdir:

- qaz sərfölçənlərinin seçilməsinin qeyri-səlis qərar qəbuletmə alqoritmi;
- qazın sərfinə nəzarəti təmin edən informasiya-ölçmə sisteminin strukturu;

Bu nəticələrin tətbiqi "Qaz İxrac" İdarəsinin Qaradağ kompressor stansiyasında olan sərfölçənlərin informasiya-ölçmə altsistemini təkmilləşdirməyə və sərfiyyata nəzarət funksiyalarını genişləndirməyə imkan vermişdir.

"Qaz İxrac" İdarəsinin Kompressor və qaz avadanlıqları şöbəsinin rəis müvini	Kamil Məmmədov
"Qaz İxrac" İdarəsinin İstehsalat proseslərinin avtomatlaşdırılması şöbəsinin rəis müavini	Elmir Yaqubov
"Qaz İxrac" İdarəsinin Qaradağ kompressor stansiyasının rəisi	Vidadi Əbilov
ADNSU-nun "İnformasiya texnologiyaları və idarəetmə" fakultəsinin dekanı t.e.n., dosent	Fərid Ağayev
ADNSU-nun "Cihaz mühəndisliyi" kafedrasının müdiri t.e.d., dosent	Lalə Bəkirova

«RAZILAŞDIRILIB»

ADNSU-nun Elmi işlər üzrə
prorektoru, t.e.n., dosent

_____ L. Qardaşova

"23" sentyabr 2022-ci il

«TƏSDİQ EDİRƏM»

ADNSU-nun tədris işləri üzrə
prorektoru, t.e.n., dosent

_____ O.Ə.Məmmadov

"23" 09 2022-ci il

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasının sabiq dissertantı Allahverdiyev Elsevər Nəbi oğlunun "Qeyri-səlis məntiq əsasında qazın sərfiyyatının ölçmə sisteminin işlənilməsi" mövzusunda dissertasiya işində hazırladığı təkliflərin, tövsiyyələrin və metodiki işləmələrin tədris prosesində və elmi-tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsində istifadəsi haqqında

A K T

Biz, aşağıda imza edənlər, ADNSU-nun «İnformasiya texnologiyaları və idarəetmə» fakultəsinin dekanı, t.e.n., dosent Ağayev Fərid Hacı oğlu və «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasının müdiri, t.e.d., dosent Bəkirova Lalə Rüstəm qızı - bu aktı ondan ötrü tərtib edirik ki, həqiqətən Allahverdiyev Elsevər Nəbi oğlunun dissertasiya işində aldığı elmi nəticələr tədris prosesində və elmi-tədqiqat işlərində istifadə olunur:

1. Dissertasiya işi «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasında 2015-2020-ci illərdə yerinə yetirilən elmi tədqiqat işləri əsasında yerinə yetirilmişdir.

2. «Difmanometrlə təzyiqlər fərqinin ölçülməsi və onun yoxlanılması», «Miqdar ölçən sayğacların öyrənilməsi», «Normalaşdırıcı çeviricilərin öyrənilməsi» adlı laboratoriya işləri ADNSU-nun «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasında bakalavr pilləsində tədris edilən «Texnoloji ölçmələr-1" fənnindən laboratoriya dərslərində istifadə edilir.

3. «İnformasiya-ölçmə sistemlərinin funksional blokları və əlaqələndirmə strukturları», «Ölçmə sistemləri», «Maye və qazların sərfinin ölçülməsi. Dəyişən təzyiq düşgülü sərfölçənlər» mövzuları ADNSU-nun «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasında magistrant və bakalavrlara tədris edilən «Texnoloji ölçmələr-1", «Texnoloji proseslərin parametrlərinə nəzarət», «İnformasiya-ölçmə sistemləri» fənlərinin mühazirə materiallarında, kurs və buraxılış işlərinin yerinə yetirməsində istifadə olunur.

TMŞ-in müdiri, dosent — L.R.Məmmədova

«İnformasiya texnologiyaları və idarəetmə» fakultəsinin dekanı, dosent — F.H.Ağayev

«Cihaz mühəndisliyi» kafedrasının müdiri, t.e.d., dosent — L.R.Bəkirova

İmzaları təsdiq edirəm:

ADSU-nun Elmi katibi, dosent — N.T.Əliyeva