

MÜNDƏRİCAT

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENT

GEOLOGIYA VƏ GEOFİZİKA

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА /
GEOLOGY AND GEOPHYSICS

- 4 **Abbasov C.S., Abuzərova A.H., Kərimova Y.H., Hübətov Ə.S.**
Anomal məsamə təzyiqinin süxurların petrofiziki xassələrinə təsirinin tədqiqi (Səngəçal–Bulla-dəniz antiklinal qurşağı timsalında)
Аббасов Дж.С., Абузарова А.Г., Керимова Е.Г., Гумбатов А.С.
Изучение влияния аномального порового давления на петрофизические свойства породы (на примере антиклинального пояса Сангачал-Булла-дениз)
Abbasov J.S., Abuzarova A.G., Kerimova Y.G., Humbatov A.S.
Study of the effect of anomalous pore pressure on the petrophysical properties of rocks (on the example of the Sangachaly-Bulla-Sea anticlinal belt)

QUYULARIN QAZILMASI

БУРЕНИЕ СКВАЖИН /
WELL DRILLING

- 11 **Ibrahimov R.S., Baxşəliyeva Ş.O., Mahmudova V.Z.**
Üfüqi və şaquli üsulla qazılan neft-qaz quyularının istismar göstəricilərinin müqayisəli analizi
Ибрагимов Р.С., Бахшалиева Ш.О., Махмудова В.З.
Сравнительный анализ эксплуатационных показателей при бурении горизонтальных и вертикальных нефтяных и газовых скважин
Ibrahimov R.S., Bakshaliyeva Sh.O., Mahmudova V.Z.
Analysis of differences in the performance properties of horizontal drilling of oil and gas wells compared to vertical wells

NEFTQAZÇIXARMANIN TEXNİKA VƏ TEXNOLOGİYASI

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ /
TECHNIQUE AND TECHNOLOGY OF OIL-GAS PRODUCTION

- 16 **Məmmədov K.Ə., Daşdiyeva T.K., Qaziyeva R.Q., İbrahimova G.B., Məmmədova N.K.**
Quyuların və mədəndaxili nəql sistemlərinin istismar göstəricilərinə təsir edən amillərin tədqiqi
Мамедов К.А., Дашдиева Т.К., Газиева Р.Г., Ибрагимова Г.Б., Мамедова Н.К.
Исследование факторов, влияющих на эксплуатационные показатели скважин и внутрипромысловых транспортных систем
Mammadov K.A., Dashdiyeva T.K., Qaziyeva R.Q., Ibrahimova G.B., Mammadova N.K.
Study of factors influencing the performance of wells and in-field transport systems

Redaksiya
"Azərbaycan neft təsərrüfatı"

Baş redaktor
İ.S.Quliyev

Baş redaktorun müavinləri
E.Q.Şahbazov
M.N.Şixiyev

Məsul katib
S.F.Əbdülsalamlı

Referent
K.T.Səfərova

Baş mühasib
A.A.Yusifova

Aparıcı mühasib
Ş.N.Məmmədova

İqtisadçı
M.H.Cavadova

Redaksiya şöbəsinin rəhbəri
X.A.Qədimova

Redaksiya şöbəsi rəhbərinin müavini
A.R.Muradova

Böyük elmi redaktor
L.Ə.Şixiyeva

Böyük redaktor
L.M.Şükürova

Tərcüməçi
Ş.N.Hacıadə

Xüsusi müxbir
A.Q.Əhmədov

Tərtibat şöbəsinin rəhbəri
V.V.Şorkin

Tərtibat şöbəsinin mütəxəssisləri
Ə.Z.Abdullayev
Z.R.Əsgərov
E.Ə.Seyfullayeva

Редакция

"Азербайджанское
нефтяное хозяйство"

Главный редактор

И.С.Гулиев

Заместители главного редактора

Э.Г.Шахбазов
М.Н.Шихиев

Ответственный секретарь

С.Ф.Абдулсаламлы

Референт

К.Т.Сафарова

Главный бухгалтер

А.А.Юсифова

Ведущий бухгалтер

Ш.Н. Мамедова

Экономист

М.Г.Джавадова

Руководитель редакционного отдела

Х.А.Гадимова

Заместитель руководителя редакционного отдела

А.Р.Мурадова

Старший научный редактор

Л.А.Шихиева

Старший редактор

Л.М.Шукюрова

Переводчик

Ш.Н.Гаджизаде

Специальный корреспондент

А.Г.Ахмедов

Руководитель отдела оформления

В.В.Шоркин

Специалисты отдела оформления

А.З.Абдуллаев
З.Р.Аскеров
Э.А.Сейфуллаева

NEFT-MƏDƏN AVADANLIĞI

НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ /
OIL FIELD EQUIPMENT

24

Kərimov V.X., Məmmədov P.H., Alquluyev V.A.

Qənaətcil sənaye istehsalı və yeni 8S metodologiyasının tətbiqi
Керимов В.Х., Мамедов П.Х., Алгулуев В.А.

Бережливое промышленное производство и внедрение новой методологии 8S

Kerimov V.H., Mammadov P.H., Alquluyev V.A.

Lean production and implementation of new 8s methodology

İSTEHSALAT PROSESLƏRİNİN AVTOMATLAŞDIRILMASI

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ /
AUTOMATION OF INDUSTRIAL PROCESSES

39

İsayev M.M., Rzayev H.S., Xasayeva N.M., Baxşəliyeva N.E.

Neft çənlərində maye səthinin kiçik dalğalanmaların yüksək dəqiqliklə skan edilməsi üsulu və sistemi

Исаев М.М., Рзаев Г.С., Хасаяева Н.М., Бахшалиева Н.Э.

Метод и система высокоточного сканирования малых колебаний поверхности жидкости в нефтяных резервуарах

İsayev M.M., Rzayev G.S., Xhasayeva N.M., Baxshaliyeva N.E.

Method and system for high-accuracy scanning of small fluctuations of the liquid surface in oil tanks

NEFTİN, QAZIN HAZIRLANMASI VƏ NƏQLİ

ТРАНСПОРТ И ПОДГОТОВКА НЕФТИ И ГАЗА /
PREPARATION AND TRANSPORTATION OF OIL AND GAS

45

İmanov S.E.

Forecasting natural gas demand using support vector machine (SVM) method

İmanov Ş.E.

Təbii qaz tələbatının dəstəkləyici vektor maşını (SVM) metodu vasitəsilə proqnozlaşdırılması

Иманов Ш.Э.

Прогнозирование спроса на природный газ методом опорных векторов (SVM)

DƏNİZ HİDROTEKHNİKİ QURĞULARI

МОРСКИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ /
OFFSHORE HIDROTECHNICAL FACILITIES

50

Əhmədov Y.E., Hüseynov İ.Q., İsmayılova A.T.

Xəzər dənizində hidrotexniki qurğuların seysmik və digər dinamik təsirlərə təhlükəsizliyinin bəzi aktual məsələləri haqqında

Ахмедов Я.Э., Гусейнов И.Г., Исмаилова А.Т.

О некоторых актуальных вопросах безопасности гидротехнических установок от сейсмических и других динамических воздействий в Каспийском море

Akhmedov Ya.E., Quseynov I.Q., Ismailova A.T.

On some topical issues of safety of hydraulic installations from seismic and other dynamic impacts in the Caspian Sea

NEFT EMALI VƏ NEFT KİMYASI

НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА И НЕФТЕХИМИЯ /
OIL REFINING AND PETROLEUM CHEMISTRY

Qurbanov H.N., Şərifov A.T.

2.2-dimetilolpropanın mürəkkəb efirləri yeni sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi

Гурбанов Г.Н., Шерифов А.Т.

56 Сложные эфиры 2.2-диметилпропана в качестве основы и компонентов для разработки новых масел

Gurbanov H.N., Sharifov A.T.

Esters of 2.2-dimethylolpropane as a base and component of new lubricating oils

YUBİLYARI TƏBRİK EDİRİK

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА /
CONGRATULATIONS TO ANNIVERSARY CELEBRANT

62 | Şirinzadə Alçın Əlsəftər oğlu – 75!

İNFORMASIYA

ИНФОРМАЦИЯ /
INFORMATION

63 | Müəlliflərin nəzərinə

Yığılmağa verilib 15.04.2026. Çapa imzalanıb 18.05.2026.
Format 60 x 84 1/8. Tabaşirli kağız.
Ofset çap üsulu. Şərti çap vərəqi 8.8 Hes.-nəş.vərəqi 9.2
Tirajı 500 nüsxə. Sifariş
Qiymət sərbəstdir. Qeydiyyat №-si 256.

Redaksiyanın ünvanı: Bakı, AZ1112,
Həsən bəy Zərdabi prospekti, 88a.
Telefon: +(99412) 521-15-48.
Telefon / faks: +(99412) 433-89-64.
www.ant.socar.az
e-mail: office.aoi@socar.az

"Neftqazəlmətdəqiqatlayihə" İnstitutu,
Mərkəzləşdirilmiş Mətbəə.
Ünvan: Bakı, AZ1112,
Həsən bəy Zərdabi prospekti, 88a.

EDITORIAL STAFF

"Azerbaijan Oil Industry"

Editor-in-Chief

I.S.Guliyev

Deputy Editors-in-Chief

E.G.Shahbazov

M.N.Shikhiyev

Executive secretary

S.F.Abdulsalamly

Referent

K.T.Safarova

Chief accountant

A.A.Yusifova

Senior accountant

Sh.N.Mammadova

Economist

M.G.Javadova

Chief of Editorial department

Kh.A.Gadimova

Deputy Chief of Editorial department

A.R.Muradova

Senior science editor

L.A.Shikhiyeva

Senior editor

L.M.Shukurova

Translator

Sh.N.Hajizadeh

Special correspondent

A.G.Ahmadov

Chief of Formatting department

V.V.Shorkin

Formatting department specialists

A.Z.Abdullayev

Z.R.Asgerov

E.A.Seyfullayeva

Anomal məsamə təzyiqinin süxurların petrofiziki xassələrinə təsirinin tədqiqi (Səngəçal–Bulla-dəniz antiklinal qurşağı timsalında)

C.S. Abbasov, y.e.ü.f.d, A.H. Abuzərova, Y.H. Kərimova, Ə.S. Hübətov

“Neftqazəlimtədqiqatlayihə” İnstitutu

e-mail: c_abbasov1977@mail.ru

Açar sözlər: anomal məsamə təzyiqi, hidrostatik təzyiq, anomaliya əmsalı, gərginlik, gil süxurları, məsaməlik, sıxlıq.

Məqalədə anomal məsamə təzyiqinin süxurların petrofiziki xassələrinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Bunun üçün ilk növbədə quyu kəsilişlərində anomal təzyiqlərin əmələ gəlməsi və artması ilə əlaqədar baş verən lokal proseslərin inkişaf xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Daha sonra onların qeyri xətti səciyyəsi, qarşılıqlı təsiri, bu prosesləri tənzimləyən parametrlərin say çoxluğu və quyu divarlarında müxtəlif geotektonik gərginlik şəraitlərində dəyişmə xüsusiyyətləri öyrənilmişdir.

Tədqiqat sahələri üzrə əldə olunmuş nəticələrdən məlum olur ki, dərinlikdən asılı olaraq məsaməlik əmsalının azalan, sıxlığın isə artan qradiyent sürətləri anomal məsamə təzyiqinin artması ilə azalır. Bu proses 4000 m-dən dərin qatlarda və 70 MPa-dan yüksək təzyiq şəraitində daha intensiv xarakter alır. Ən böyük dəyişiklik Bulla-dəniz yatağında müşahidə olunur. Burada 5509 m dərinlik kəsilişində məsamə təzyiqinin 110.2 MPa qiymətində məsaməlik əmsalı 2.730 dəfə artır, sıxlıq isə 0.880 dəfə azalır.

Изучение влияния аномального порового давления на петрофизические свойства породы (на примере антиклинального пояса Сангачал-Булла-дениз)

Дж.С. Аббасов, д.ф.н.з., А.Г. Абузарова, Е.Г. Керимова, А.С. Гумбатов
НИПИнефтегаз

Ключевые слова: аномальное поровое давление, гидростатическое давление, коэффициент аномальности, напряжение, глинистые породы, пористость, плотность.

Рассмотрено влияние аномального порового давления на петрофизические свойства горных пород. Для этого, прежде всего, исследовались особенности развития локальных процессов, связанных с формированием и ростом аномальных давлений в разрезах скважин. Затем изучались их нелинейный характер, взаимовлияние, количество параметров, регулирующих эти процессы, и особенности их изменения в стенках скважин при различных геотектонических напряжениях.

Из полученных на исследуемых участках результатов следует, что градиентные скорости снижения коэффициента пористости и роста плотности в зависимости от глубины уменьшаются с ростом аномального порового давления. Этот процесс становится более интенсивным в слоях глубже 4000 м и при давлениях выше 70 МПа. Наибольшее изменение наблюдается на месторождении Булла-дениз. Здесь, на глубине 5509 м, коэффициент пористости увеличивается в 2.730 раза при поровом давлении 110.2 МПа, а плотность уменьшается в 0.880 раза.

Study of the effect of anomalous pore pressure on the petrophysical properties of rocks (on the example of the Sangachaly-Bulla-Sea anticlinal belt)

J.S. Abbasov, PhD in Soil Sc., A.G. Abuzarova, Y.G. Kerimova, A.S. Humbatov
"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute

Keywords: anomalous pore pressure, hydrostatic pressure, anomaly coefficient, tension, clay rocks, porosity, density.

The article studies the effect of anomalous pore pressure on the petrophysical properties of rocks. For this purpose, first of all, the development characteristics of local processes occurring in connection with the formation and increase of anomalous pressures in well sections were investigated. Then, their nonlinear nature, mutual influence, the number of parameters regulating these processes, and the characteristics of their changes in the well walls under various geotectonic stress conditions were studied.

From the results obtained in the study areas, it is clear that the gradient velocities of the porosity coefficient decreasing and the density increasing depending on the depth decrease with increasing anomalous pore pressure. This process becomes more intensive in layers deeper than 4000 m and at pressures higher than 70 MPa. The greatest change is observed in the Bulla-Deniz field. Here, at a depth of 5509 m, the porosity coefficient increases by 2.730 times at a pore pressure of 110.2 MPa, and the density decreases by 0.880 times.

Hazırda Azərbaycanda neftqazlılığın gələcək inkişafı əsasən çökmə qatın dərin qatlarında yerləşən kollektor layların məhsuldarlığının düzgün qiymətləndirilməsi və istismarı ilə bağlıdır. Bu nöqteyi-nəzərdən çoxsaylı tədqiqatların nəticələrinə görə çöküntü süxurlarının qalınlığı böyük olan Cənubi Xəzər çökəkliyində yerləşən yataqların dərin qatları daha perspektivli sayılır. Bu yataqları təşkil edən məhsuldar qatlar 6–7 km və daha böyük dərinliklərdə yüksək məsamə təzyiqi və temperatur şəraitində yerləşir.

Ekspərimental və nəzəri tədqiqatlar, həmçinin neft-qaz yataqlarının açılması və işlənilməsi təcrübəsi göstərir ki, anomal termobarik şəraitdə yerləşən kollektor laylar nəzərəcarpacaq dərəcədə deformasiyaya uğrayır. Belə ki, geoloji proseslərin təsirindən məsamə təzyiqi və temperaturun qiymətlərinin anomal dəyişməsi (artması və yaxud azalması) kollektor layların petrofiziki xüsusiyyətlərinə və həmçinin onları dolduran flüidın fiziki xassələrinə ciddi təsir göstərir. Ona görə də belə layların istismarının texnoloji layihələrin tərtibində və işlənmənin zaman daxilində dəyişməsi xüsusiyyətlərinin təhlilində təzyiq və temperatur amilinin nəzərə alınmasının həm təcrübə, həm də nəzəri cəhətdən böyük əhəmiyyəti var [1].

Böyük dərinliklərdə çöküntü süxurlarının toplanması və çöküntütoplanma hövzələrinin formalaşması zamanı burda təzyiq və temperaturun da tədricən artdığı məlum olur. Çöküntü süxurların sıxlaşması, təzyiq və temperatur amilinin artması və yaxud azalması hətta onun məsamə boşluğunda toplanan məhlulun epigenetik çevrilmələri nəticəsində də mümkün olur.

Çöküntü süxurlarında məsamə təzyiqinin öy-

rənilməsində gil laylarını geoloji manometr hesab etmək olar. Çünki məsamə təzyiqinin gil süxurları ilə əlaqəsi yüksəkdir. Eyni zamanda məsamə təzyiqinə malik gil süxurları dərinlik boyu fiziki, kimyəvi parametrlərinin dəyişkənliyi ilə xarakterizə edilir. Bu dəyişkənlik məsamə təzyiqini qiymətləndirə bilən bütün parametrlər üçün (xüsusən elektrik müqaviməti, məsaməlik əmsalı, sıxlıq, elastik dalğanın yayılma sürəti və s.) müşahidə olunur [2].

Hər bir yatağın geoloji inkişaf tarixinə görə yaşı, çöküntütoplanma sürəti, mineraloji tərkibi və xüsusən də təzyiq şəraiti dəyişdiyindən burada gil çöküntülərinin sıxlaşması və məsaməlik əmsalı da dəyişir. Məsamə təzyiqli zonalarında bu parametrlərin dəyişmə xüsusiyyətlərinin öyrənilməsində metodik yanaşmalardan istifadə edilir. Bunun üçün əvvəlcə tərkibində qum və karbonat materiallarının miqdarı az olan və nisbətən təmiz gil süxurları seçilir. Çünki geostatik və anomal məsamə təzyiqinin mütləq qiymətləri təmiz gil süxurlarının fiziki xassələrinə görə təyin olunur. Belə gillərdə məsaməlik əmsalının dəyişməsi xüsusiyyətləri və yatma dərinliyindən asılı olaraq onun sıxlaşma qanunauyğunluğunun məsamə təzyiqi ilə əlaqəsi yüksəkdir və neft-qaz yataqlarında müqayisəli şəkildə öyrənilməsinin böyük əhəmiyyəti var [3, 4].

Anomal və normal hidrostatik təzyiqin qiymətləndirilməsi

Adətən sənaye əhəmiyyətli neft-qaz yataqlarının süxur kəsilişlərində anomal məsamə təzyiqi hidrostatik təzyiqdən 30 % çox olur. Belə yataqlarda məsamə təzyiqinə malik zonanı proqnozlaşdırmaq zamanı ilk növbədə onun dəyişən qradiyen-

tinin aşağı və yuxarı sərhədlərini bilmək lazımdır. Azərbaycanda sənaye əhəmiyyətli neft-qaz yataqlarını örtən gillərdə məsamə təzyiq qradientinin ən aşağı qiyməti $p_{a,\min} = 0.012$ MPa/m-ə, ən yuxarı qiyməti isə $p_{a,\max} = 0.02$ MPa/m, bəzi hallarda isə 0.023 MPa/m-ə yaxın olur. Normal hidrostatik təzyiqin qradienti isə $p_n = 0.015\text{--}0.011$ MPa/m arasında dəyişir. Bu qiymətlər məlum olduqda onların müqayisəsini aşağıdakı kimi vermək olar:

$$p_n \leq 0.012 \text{ MPa/m} \leq p_a \leq 0.02 \text{ MPa/m}.$$

Quyu kəsilişlərində anomal (p_a) və normal (p_n) məsamə təzyiqinin qradientləri süxurların yatma dərinliyindən (H) və anomaliya əmsalından (K_a) asılı olaraq dəyişir. Bunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$p_a - p_n = p_n (K_a - 1) = 0.11(K_a - 1)H,$$

burada $p_a - p_n$ – qalıq lay təzyiqidir.

Anomal və normal məsamə təzyiqinin qradient qiymətləri məlum olduqda, qalıq lay təzyiqinin maksimum və minimum qiymətləri aşağıdakı kimi hesablanacaq:

$$(p_a - p_n)_{\min} = 0.12H - 0.11H = 0.01H$$

$$(p_a - p_n)_{\max} = 0.20H - 0.11H = 0.09H$$

Dərinlik kəsilişlərində petrofiziki parametrlərin, xüsusən də onun məsaməlik və sıxlığının dəyişməsi xüsusiyyətlərinin qalıq lay təzyiqi ($p_a - p_n$) ilə əlaqəsi böyükdür.

Əgər süxur kəsilişlərində qalıq lay təzyiqinin maksimum və minimum qiymətləri arasındakı fərq çox böyükdirsə $(p_a - p_n)_{\min} \leq (p_a - p_n)_{\max}$, onda süxurlarda məsaməlik əmsalının qiyməti həmin məsamələrdə toplanan flüidın təzyiqindən asılı olacaq [5].

Anomal məsamə təzyiqinin petrofiziki parametrlərə təsiri

Süxur məsamələrində toplanan flüidal təzyiqin anomal aşağı olması məsamə həcmimin azalması və struktur quruluşunun kiçilməsinə, anomal yüksək olması məsamələrin həcmi genişlənməsinə və struktur quruluşunun böyüməsinə şərait yaradır.

Müxtəlif geoflüidal təzyiqlərdə məsaməlik əmsalının dəyişmə xüsusiyyətlərini qiymətləndirmək üçün aşağıdakı asılılıqdan istifadə edilmişdir:

$$\frac{K_{m,a}}{K_{m,n}} = \frac{\exp[\beta_{\text{süx}}(\tau, t)(p_a - p_n)]}{1 - K_{m,n} [1 - \exp(\beta_{\text{süx}}(\tau, t)(p_a - p_n))]},$$

burada $K_{m,a}$, $K_{m,n}$ – anomal və normal hidrostatik təzyiqli süxurlarda məsaməlik əmsalı; $\beta_{\text{süx}}(\tau, t)$ – plastik gil süxurlarının sıxılma əmsalı; p_a – anomal yüksək məsamə təzyiqi; p_n – normal hidrostatik təzyiq; $(p_a - p_n)$ – qalıq lay təzyiqidir.

Məlumdur ki, süxurların sıxlığı normal şəraitlərdə ümumi qanunauyğunluq üzrə dərinlikdən asılı olaraq artır. Təbii sıxlaşma prosesinə yuxarıda yatan süxurların təsirdən, yəni geostatik təzyiqdən başqa, süxurlarda gedən epigenetik proseslər, sıxlaşma prosesinin davamiyyət müddəti və konkret olaraq geotektonik və geodinamik proseslər də böyük təsir göstərir. Mexaniki qüvvələrin təsiri nəticəsində süxurların həcmi azalır, yəni sıxlaşma baş verir, bu da çöküntülərin məsaməlik və keçiriciliyinin azalmasına səbəb olur. Bu zaman çöküntü süxurlar içərisində ən çox sıxlaşma gilli süxurlarda baş verir. Gil süxurlarının həcmi qravitasiya qüvvəsinin təsiri nəticəsində 70 %-dək, bəzi hallarda isə daha çox azalır. Sıxlaşma prosesində artan qravitasiya təzyiqi nəticəsində gilli süxurlar bir neçə sıxlaşma mərhələsi keçir: mexaniki, yəni qruplaşma, su itirmə və s. Lakin anomal məsamə təzyiqli zonalarda bu qanunauyğunluq pozulur.

Məlumdur ki, çökmə süxurlarında və eyni yaşlı çöküntülərdə məsaməliklə (K_m), süxurların sıxlığı ($\delta_{\text{süx}}$) arasında həmişə qarşılıqlı əlaqə var və bunlar aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\delta_{\text{süx}} = K_m \delta_m + (1 - K_m) \delta_{\text{bf}}$$

burada K_m – məsaməlik; δ_m – süxur məsamələrində olan mayenin sıxlığı; δ_{bf} – bərk fazalı süxurun sıxlığıdır, q/sm³. Bütün bunlar onu göstərir ki, hər bir halda eyni yaşlı çöküntülərdə gillərin məsaməlik əmsalı ilə yanaşı onun sıxlığı da dərinlikdən asılı olaraq dəyişir.

Quyu kəsilişlərində məsamə təzyiqli zonalarda gil süxurlarının sıxlığının dəyişmə xüsusiyyətlərini qiymətləndirmək üçün aşağıdakı asılılıqdan istifadə edilmişdir:

$$\frac{\delta_{\text{süx,a}}}{\delta_{\text{süx,n}}} = \frac{\frac{\delta_{\text{bf}}}{K_{m,a}} - \frac{K_{m,a}}{K_{m,n}} (\delta_{\text{bf}} - \delta_m)}{\frac{\delta_{\text{bf}}}{K_{m,n}} - (\delta_{\text{bf}} - \delta_m)},$$

burada $\delta_{\text{süx,a}}$, $\delta_{\text{süx,n}}$ – anomal və normal hidrostatik təzyiqli süxurlarda gil süxurlarının sıxlığıdır. Hesablamalarda $\delta_{\text{süx,a}}/\delta_{\text{süx,n}}$ qiymətlərinə uyğun olaraq süxur məsamələrində olan mayenin sıxlığı $\delta_m = 1100$ kq/m³, bərk fazanın sıxlığı isə $\delta_{\text{bf}} = 2700$ kq/m³ götürülmüşdür [6].

Bəzən anomal və normal məsamə təzyiqli gillərin petrofiziki parametrlərində yaranan dəyişikliklər oxşar xüsusiyyətlərə malik olur. Belə olduqda məsamə təzyiqli zonalarda məsaməlik əmsalı və sıxlığın öyrənilməsi üçün kern nümunələrinin analiz nəticələrindən istifadə olunması daha uyğun

| Sahə | H, m | $K_{\text{mas}}, \%$ | $K_{\text{mas.a}}/K_{\text{mas.n}}$ | $\gamma_{\text{six.a}}/\gamma_{\text{six.n}}$ | $\gamma_{\text{six}}, \%$ | p_a, MPa |
|----------------|------|----------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Səngəçal-dəniz | 2394 | 16 | 1.538 | 0.943 | 5.699 | 47.9 |
| «-» | 2446 | 15.4 | 1.558 | 0.943 | 5.695 | 48.9 |
| «-» | 2479 | 13.4 | 1.588 | 0.944 | 5.649 | 49.6 |
| «-» | 2480 | 15.2 | 1.569 | 0.949 | 5.126 | 49.6 |
| «-» | 2619 | 14 | 1.620 | 0.943 | 5.686 | 52.4 |
| «-» | 2893 | 18.6 | 1.638 | 0.920 | 7.989 | 57.9 |
| «-» | 3086 | 15.6 | 1.731 | 0.925 | 7.533 | 61.7 |
| «-» | 3170 | 12.9 | 1.799 | 0.933 | 6.685 | 63.4 |
| «-» | 3184 | 19.9 | 1.694 | 0.906 | 9.386 | 63.7 |
| «-» | 3222 | 10.2 | 1.862 | 0.944 | 5.606 | 64.4 |
| «-» | 3236 | 14.3 | 1.796 | 0.926 | 7.45 | 64.7 |
| «-» | 3263 | 12.7 | 1.832 | 0.932 | 6.841 | 65.3 |
| «-» | 3268 | 12.9 | 1.830 | 0.931 | 6.943 | 65.4 |
| «-» | 3295 | 12.6 | 1.844 | 0.931 | 6.881 | 65.9 |
| «-» | 3445 | 21.8 | 1.729 | 0.891 | 10.944 | 68.9 |
| «-» | 3500 | 10.4 | 1.954 | 0.937 | 6.334 | 70.0 |
| «-» | 3510 | 6.63 | 2.040 | 0.957 | 4.298 | 70.2 |
| «-» | 3532 | 10.3 | 1.968 | 0.936 | 6.358 | 70.6 |
| «-» | 3548 | 7.6 | 2.033 | 0.951 | 4.922 | 70.9 |
| «-» | 3558 | 8.65 | 2.009 | 0.945 | 5.51 | 71.0 |
| «-» | 3656 | 16.1 | 1.888 | 0.905 | 9.474 | 73.1 |
| «-» | 3952 | 12.6 | 2.061 | 0.913 | 8.654 | 79.0 |
| «-» | 4093 | 10.8 | 2.159 | 0.920 | 8.009 | 81.9 |
| «-» | 4143 | 11.5 | 2.158 | 0.914 | 8.559 | 82.9 |
| «-» | 4166 | 10.2 | 2.204 | 0.922 | 7.829 | 83.3 |
| «-» | 4185 | 9.1 | 2.245 | 0.928 | 7.17 | 83.7 |
| «-» | 4493 | 10.1 | 2.336 | 0.914 | 8.593 | 89.9 |
| «-» | 4516 | 9.6 | 2.362 | 0.917 | 8.306 | 90.3 |
| «-» | 4584 | 7.6 | 2.467 | 0.930 | 6.989 | 91.7 |
| «-» | 4784 | 10.08 | 2.455 | 0.907 | 9.343 | 95.7 |
| Duvannı-dəniz | 2413 | 15.3 | 1.550 | 0.945 | 5.543 | 48.3 |
| «-» | 2812 | 16.4 | 1.644 | 0.930 | 7.015 | 56.2 |
| «-» | 2927 | 12.1 | 1.736 | 0.943 | 5.748 | 58.5 |
| «-» | 3467 | 7.2 | 2.011 | 0.954 | 4.551 | 69.3 |
| «-» | 4821 | 8.24 | 2.547 | 0.920 | 8.028 | 96.4 |
| «-» | 4953 | 5.7 | 2.729 | 0.939 | 6.108 | 99.1 |
| Xara-Zirə | 1155 | 26 | 1.204 | 0.962 | 3.757 | 23.1 |
| «-» | 1435 | 24 | 1.265 | 0.955 | 4.451 | 28.7 |
| «-» | 1505 | 20 | 1.298 | 0.959 | 4.057 | 30.1 |
| «-» | 1515 | 14 | 1.331 | 0.970 | 3.023 | 30.3 |
| «-» | 1785 | 20 | 1.360 | 0.951 | 4.893 | 35.7 |
| «-» | 2800 | 15.5 | 1.653 | 0.933 | 6.674 | 56 |
| «-» | 4053 | 15.1 | 2.032 | 0.897 | 10.256 | 81.1 |
| «-» | 4069 | 9.09 | 2.198 | 0.931 | 6.896 | 81.4 |

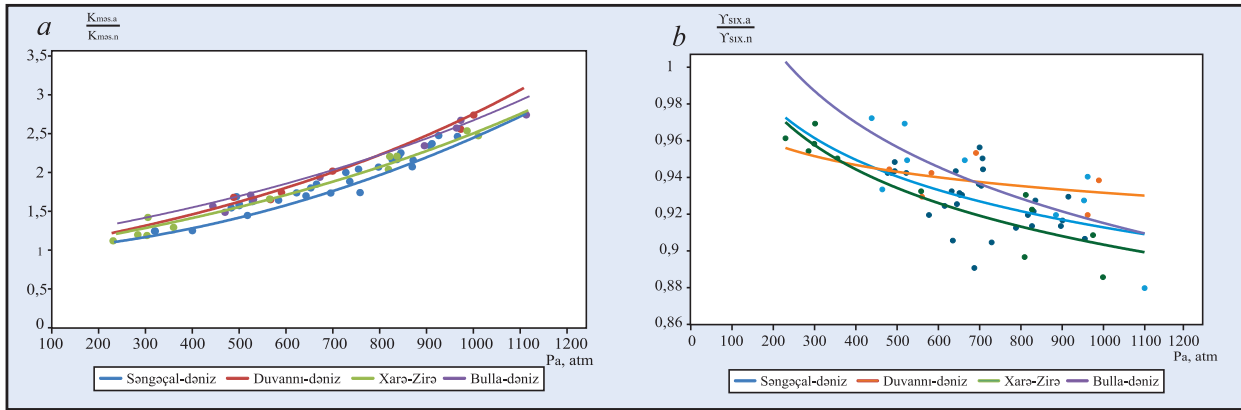
| | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|-------|--------|-------|
| «-» | 4143 | 10.02 | 2.200 | 0.923 | 7.658 | 82.9 |
| «-» | 4884 | 9.4 | 2.526 | 0.909 | 9.096 | 97.7 |
| «-» | 5006 | 12.1 | 2.463 | 0.886 | 11.422 | 100.1 |
| Bulla-dəniz | 2198 | 7.5 | 1.565 | 0.973 | 2.653 | 44 |
| «-» | 2328 | 20.2 | 1.482 | 0.934 | 6.633 | 46.6 |
| «-» | 2599 | 6.8 | 1.703 | 0.970 | 2.981 | 52 |
| «-» | 2629 | 11.9 | 1.648 | 0.950 | 4.972 | 52.6 |
| «-» | 3328 | 8.5 | 1.931 | 0.950 | 4.992 | 66.6 |
| «-» | 4436 | 9.4 | 2.337 | 0.920 | 7.968 | 88.7 |
| «-» | 4777 | 7.4 | 2.563 | 0.928 | 7.245 | 95.5 |
| «-» | 4821 | 5.7 | 2.661 | 0.941 | 5.869 | 96.4 |
| «-» | 5509 | 10.8 | 2.730 | 0.880 | 11.957 | 110.2 |

sayılır. Çünki müxtəlif illərdə aparılmış tədqiqatlardan da məlum olur ki, petrofiziki parametrlərin təyininə görə təcrübi və kern məlumatlarının nəticələri çox vaxt üst-üstə düşür.

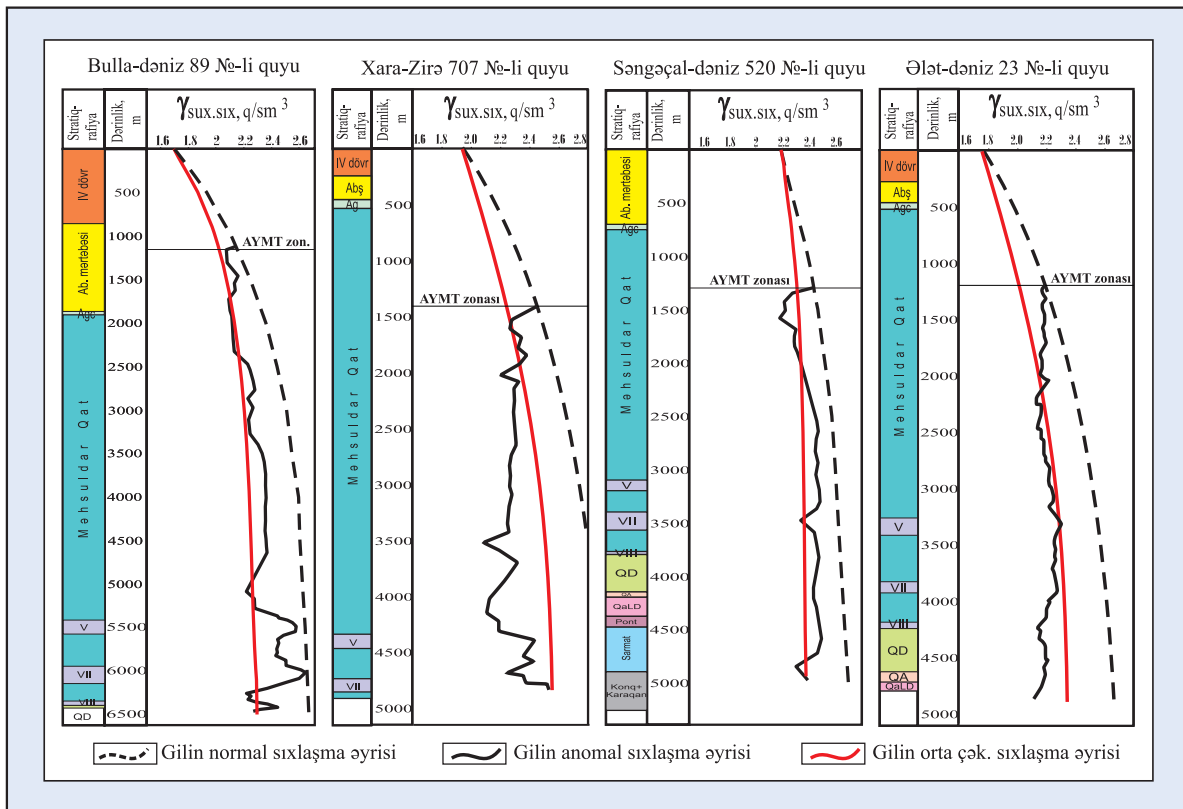
Yuxarıda qeyd edilmiş asılılıq düsturlarından və kern məlumatlarının analiz nəticələrindən istifadə edərək gil çöküntülərində məsamə təzyiqinin məsaməlik əmsalı və sıxlığa təsiri Səngəçal-Bulla-dəniz antiklinal qurşağı təmsalında öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr cədvəl və asılılıq qrafiklər formasında verilmişdir (cədvəl, şəkil 1). Tədqiqat nəticələrindən məlum olur ki, sahə anomal yüksək məsamə təzyiqinə malikdir. Məsamə təzyiqi bu yataqların ən çox Abşeron və Məhsuldar Qat (MQ) çöküntülərində keçiriciliyi zəif olan gil süxurlarında da geniş yayılmışdır. Burada aparılan tədqiqatlar və nəzəri hesablamalar onların kəsilişlərində məsamə təzyiqinin təsirindən gil süxurlarının dərinlikdən asılı olaraq sıxlaşmasının və məsaməlik əmsalının vahid qanunauyğunluğa tabe olmadığını göstərir. Yəni burada örtük süxurlar yüksək təzyiqli flüidın şaquli yükə müqavimət göstərməsinə imkan verdiyindən süxurların sıxlaşma, məsaməliyin isə azalma sürətləri zəifləyir. Ona görə də, dərinlikdən asılı olaraq gil çöküntülərində məsamə təzyiqinin anomal artması onların sıxlaşma əmsalının azalmasına, məsaməlik əmsalının isə artmasına səbəb olur. Yataqların hər 1000 m-də bu parametrlərin dəyişməsinə nəzər yetirsək görərik ki, Səngəçal-dəniz yatağının 2394 m dərinlik kəsilişində, 47.9 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 1.538 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.943 dəfə azalıb. 3086 m dərinlik kəsilişində 61.7 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 1.731 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.925 dəfə azalıb. 4093 m dərinlik kəsilişində 81.9 atm təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.158 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.920 dəfə azalıb. 4784 m dərinlik kəsilişində 95.7 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.455 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.907 dəfə azalıb. Du-

vannı-dəniz yatağında 2413 m dərinlik kəsilişində, 48.3 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 1.549 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.945 dəfə azalıb. 3467 m dərinlik kəsilişində, 69.3 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.010 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.954 dəfə azalıb. 4953 m dərinlik kəsilişində, 99.1 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.729 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.939 dəfə azalıb. Xara-Zirə yatağında 1155 m dərinlik kəsilişində, 23.1 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 1.203 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.962 dəfə azalıb. 2800 m dərinlik kəsilişində, 56 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 1.652 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.933 dəfə azalıb. 4053 m dərinlik kəsilişində, 81.1 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.032 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.897 dəfə azalıb. 5006 m dərinlik kəsilişində, 100.1 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.462 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.886 dəfə azalıb. Bulla-dəniz yatağında 2198 m dərinlik kəsilişində, 44 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 1.564 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.973 dəfə azalıb. 3328 m dərinlik kəsilişində, 66.6 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 1.93 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.950 dəfə azalıb, 4436 m dərinlik kəsilişində, 88.7 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.336 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.920 dəfə azalıb, 5509 m dərinlik kəsilişində, 110.2 MPa təzyiqdə məsaməlik əmsalı 2.730 dəfə artıb, sıxlıq isə 0.880 dəfə azalıb və s. [1].

Ümumilikdə götürüldükdə Səngəçal-dəniz yatağında dərinlikdən asılı olaraq məsamə təzyiqinin 47.9–95.7 MPa qiymətlərində məsaməlik əmsalının artan qiymətləri 1.538–2.455 intervalında, sıxlığın azalan qiymətləri isə 0.957–0.905 intervalında dəyişir. Duvannı-dəniz yatağında məsamə təzyiqinin 48.3–99.1 MPa qiymətlərində məsaməlik əmsalının artan qiymətləri 1.549–2.729, sıxlığın azalan qiymətləri 0.957–0.920 intervalında, Xara-Zirə yatağında məsamə təzyiqinin 23.1–100.1 MPa qiymətlərində məsaməlik əmsalının artan qiymətləri 1.203–2.525, sıxlığın azalan qiy-



Şəkil 1. Anomal məsamə təzyiqinin təsirindən gil süxurlarında məsaməlik əmsalının (a) və gil süxurlarının sıxlığının (b) dəyişməsi



Şəkil 2. Gil süxurlarının sıxlığının dərinlik üzrə dəyişməsi

mətləri 0.970–0.886 intervalında, Bulla-dəniz yatağında məsamə təzyiqinin 44–100.2 MPa qiymətlərində məsaməlik əmsalının artan qiymətləri 1.564–2.730, sıxlığın azalan qiymətləri isə 0.973–0.880 intervalında dəyişir.

Əldə olunmuş nəticələr dərinlikdən asılı olaraq məsaməlik əmsalının azalan, sıxlığın isə artan qradient sürətlərinin məsamə təzyiqinin anomal artması ilə azaldığını göstərir. Bu proses 4000 m-dən dərin qatlarda 70 MPa-dan yüksək təzyiq şəraitində daha intensiv xarakter alır. Ən böyük dəyişiklik Bulla-dəniz yatağında müşahidə olunur. Burada 5509 m dərinlik kəsilişində məsamə təzyiqinin 110.2 MPa qiymətində məsaməlik əmsalı 2.730 dəfə artır, sıxlıq isə 0.880 dəfə azalır. Analoji və

ziyyət quyu geofiziki tədqiqatlarının (QGT) məlumatlarına əsasən ayrı-ayrı quyular üzrə qurulmuş sıxlığın dərinlikdən asılı dəyişmə əyriələrində də izlənilir (şəkil 2). Bu quyularda məsamə təzyiqinin yüksək olması gil süxurlarının dərinlik üzrə anomal sıxlaşmasına səbəb olmuşdur. Dərinlikdən asılı olaraq məsamə təzyiqinin artması nəticəsində anomal sıxlaşmanın qiyməti də artır [6].

Nəticə

Beləliklə, Səngəçal-dəniz, Bulla-dəniz, Xara-Zirə, Ələt-dəniz və Duvanni-dəniz neft-qaz yataqlarında süxurların petrofiziki xassələrini xarakterizə edən parametrlərin hipsometrik kəsilişlər və sahə boyu dəyişmə xüsusiyyətlərinin riyazi, statis-

tik üsullarla tədqiqi, aralarındakı əlaqələrin müqayisəli təhlilləri göstərir ki, dərinlikdən asılı olaraq

gil çöküntülərində yüksək məsamə təzyiqinin təsiri altında məsaməlik əmsalı artır, sıxlıq isə azalır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Бураковской Л.А., Джеванишир Р.Д., Алиаров Р.Ю. Геофизические методы изучения геофлюидальных давлений. – Баку: ЭЛМ, 1986, 148 с.
2. Итенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. – М.: Недра, 1987.
3. Добрынин В.М., Серебряков В.А. Методы прогнозирования аномально высоких пластовых давлений. – М.: Недра, 1978, 232 с.
4. Мартынов В.Г., Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Рачинский М.З. Геофлюидальные давления и их роль при поисках и разведке месторождений нефти и газа: монография. – М.: ИНФРАМ, 2013, 347 с.
5. Abbasov C.S. Aşağı Kür çökəkliyinin kəsilişlərində anomal yüksək lay və məsamə təzyiqlərinin dəyişmə xüsusiyyətləri // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2016, № 10, s. 60-64.
6. Аббасов Дж.С. Зависимость аномально высокого пластового давления от удельного электрического сопротивления глубоко-залегающих глинистых пластов // Научно-технический вестник, "Каротажник". – Тверь: Изд. АИС., 2013, № 11, с. 53-58.

References

1. Buryakovskiy L.A., Ddzhevanshir R.D., Aliyarov R.Yu. Geofizicheskie metody izucheniya geoflyuidal'nykh davleniy. – Baku: Elm, 1986, 148 s.
2. Itenberg S.S. Interpretatsiya rezul'tatov geofizicheskikh issledovaniy skvadzhin. – M.: Nedra, 1987.
3. Dobrynin V.M., Serebryakov V.Ya. Metody prognozirovaniya anomal'no visokikh plastovykh davleniy. – M.: Nedra, 1978, 232 s.
4. Martynov V.G., Kerimov V.Yu., Shilov G.Ya., Rachinskiy M.Z. Geoflyuidal'nyye davleniya i ikh rol' pri poiskakh i razvedke mestorodzhdeniy nefi i qaz: monografiya. – M.: INFRAM, 2013, 347 s.
5. Abbasov C.S. Ashaghi Kur chokekliyinin kesilishlerinde anomal yuksek lay ve mesame tezyiglerinin deyishme xususiyyetleri // Azerbaijan neft teserrufati, 2016, № 10, s. 60-64.
6. Abbasov Dzh.S. Zavismost' anomal'no visokovo plastovogo davleniya ot udel'nogo elektricheskogo soprotivleniya gluboko-zalegayushikh glinistyx plastov // Nauchno-texnicheskiy vestnik, "Karotadzhnik". – Tver': Izd. AIS., 2013, № 11, s. 53-58.

Üfüqi və şaquli üsulla qazılan neft-qaz quyularının istismar göstəricilərinin müqayisəli analizi

R.S. İbrahimov, t.e.n., Ş.O. Baxşəliyeva, t.ü.f.d., V.Z. Mahmudova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

e-mail: rafiq.ibrahimov@yahoo.com

Açar sözlər: üfüqi lülə, lay flüidi, qərarlaşmış axın, şaquli quyular, zenit bucağı, drenaj.

Məqalədə şaquli quyu ilə üfüqi lüləsi olan böyük zenit bucağına malik quyunun qazılmasına sərf edilən maddi vəsaitlər və həmin quyulardan çıxarılaçaq maye yanacaq miqdarı müqayisə edilir.

Göstərilir ki, ikincilərin qazılmasına sərf edilən maddi vəsait bir qədər artıq olsa da quyu məhsulunun kəskin surətdə artması əlavə xərcləri ödəməkdən başqa gələcəkdə yataqda qazılması nəzərdə tutulan quyuların sayını da bir neçə dəfə artırmağa imkan verir. İstismar xassələrinin müqayisəsi də üfüqi lüləsi olan, böyük zenit bucağına malik quyuların böyük üstünlüklərə malik olduğunu göstərir.

Eyni zamanda analiz nəticəsində göstərilir ki, üfüqi quyulara nisbətən şaquli quyularda istismar avadanlığının yerləşdirilməsi və onlarla işləmək asandır.

Сравнительный анализ эксплуатационных показателей при бурении горизонтальных и вертикальных нефтяных и газовых скважин

Р.С. Ибрагимов, к.т.н., Ш.О. Бахшалиева, д.ф.т.н., В.З. Махмудова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: горизонтальный ствол, пластовый флюид, установившийся поток, вертикальные скважины, зенитный угол, дренирование.

В статье сравниваются материальные ресурсы, затрачиваемые на бурение скважины с вертикальным стволом и горизонтальной скважиной с большим зенитным углом, а также объёмы добычи из этих скважин.

Показано, что, хотя материальные ресурсы, затрачиваемые на бурение последней, несколько выше, резкое увеличение дебита скважин позволяет, помимо покрытия дополнительных затрат, в несколько раз увеличить количество планируемых к бурению скважин на месторождении. Сравнение эксплуатационных характеристик также показывает, что скважины с горизонтальным стволом и большим зенитным углом обладают большими преимуществами.

При этом анализ показывает, что в вертикальных скважинах проще размещать и эксплуатировать оборудование, чем в горизонтальных.

Analysis of differences in the performance properties of horizontal drilling of oil and gas wells compared to vertical wells

R.S. Ibrahimov, Cand. in Tech. Sc., Sh.O. Bakshaliyeva, PhD in Tech. Sc., V.Z. Mahmudova

Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: horizontal well, formation fluid, settled flow, vertical wells, zenith angle, drainage.

The article shows that the material resources spent on drilling a well with a vertical well and a horizontal well with a large zenith angle and the amount of liquid fuel to be extracted from these wells are compared.

It is shown that although the material resources spent on drilling the latter are slightly higher, the sharp increase in well production allows, in addition to covering additional costs, to increase the number of wells planned to be drilled in the field several times. A comparison of operational properties also shows that wells with a horizontal well and a large zenith angle have great advantages.

At the same time, the analysis shows that it is easier to place and work with production equipment in vertical wells than in horizontal wells.

Məlumdur ki, üfüqi quyuların qazılması üsulu, quyunun şaquli istiqamətdən əhəmiyyətli bucaq altında müəyyən bir dərinlikdən sonra əyərək üfüqi istiqamətdə uzanmasını təmin edən qazma texnologiyasıdır. Üfüqi quyuların qazılması qiymətli enerji ehtiyatlarının çıxarılmasında mühüm rol oynayır. Bu texnologiya çətin əldə edilə bilən və mürəkkəbləşmiş laylardan neft hasilatının artırılmasına imkan verir. Qazma zamanı üfüqi quyunun şaquli quyu oxundan müəyyən böyük zenit bucağı altında qazılması ən sürətli və məhsuldar neft hasilatına imkan yaradır.

Neft və qazın olduğu layın quyu lüləsi ilə təmas sahəsini artırmaq yolu ilə istehsalı xeyli artırmağın mümkünlüyü fərz edilir və bu məqsədlə, çoxdibli quyuların və quyu lüləsinin məhsuldar laya daxil olmasının şaxəli şəkildə qazılması təklif edilir [1–3].

Məqalədə biz üfüqi lüləsi olan quyuları çox böyük zenit bucağına malik quyuların çoxdibli xüsusi halı kimi qəbul edə bilərik, çünki belə quyuların lüləsi məhsuldar laya daxil olmaqla kifayətlənməyərək, onun içərisi ilə xeyli irəliləməklə, məhsuldar laydan neft və qazın quyuya daxil olması üçün kanalların sayının, sahəsinin və süzülmə səthinin xeyli artmasına, nəticədə isə quyu məhsuldarlığının xeyli çoxalmasına səbəb olduğu məlum olur.

Şaquli quyularla müqayisədə üfüqi lüləsi olan böyük zenit bucağına malik quyuların bir çox inkaredilməz üstünlükləri var [4].

Bunlar təbii yarıqlarda qalmış neft və qazı çıxarmağa imkan verir; linza şəkilli yataqlarda quyu lüləsinin trayektoriyasını idarə etməklə layın verim əmsalını xeyli yüksəltməyə nail olmaq mümkündür; istismar dövründə lay təzyiqinin düşmə intensivliyinin azaldılması, quyu lüləsinin lay ilə təmas sahəsinin artması hesabına quyunun debitinin artırılması, bununla yanaşı quyudibi axın sürətinin azalması və müntəzəm olması, qum tıxaclarının, qaz və su dillərinin konuslarının əmələ gəlməsi ehtimalını xeyli azaltmağa imkan verir.

Material və metodlar

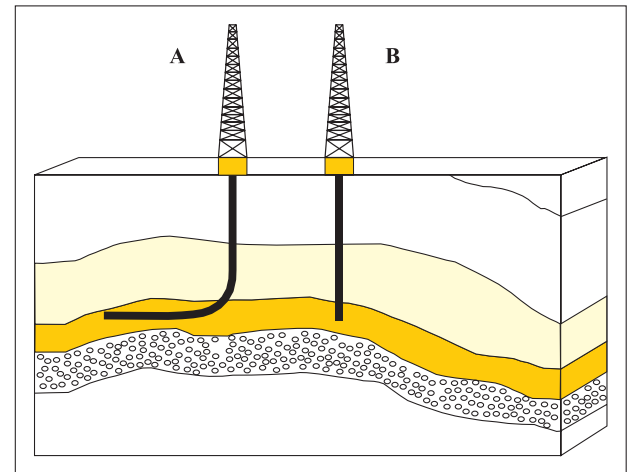
Məlumdur ki, məhsuldar horizontun içərisində yerləşdirilmiş quyudibi süzgecin təmas sahəsi şaquli quyulardan dəfələrlə çox olduğu üçün qum tıxaclarının əmələgəlmə müddətini və quyunun istismar müddətini xeyli artırmağa şərait yaradır. Şaquli quyularda süzülmə nəticəsində qazma məhlulunun bərk hissəcikləri quyudibi zonadakı kanalları çirkləndirdiyi üçün bəzən layın həqiqi

verimini təyin etmək çətin olur. Eyni laya qazılmış üfüqi və şaquli quyuların xarakteristikalarını müqayisə edək [5, 6].

Qəbul edək ki, lay flüidinin axını məhsuldar lay boyunca baş verir, başqa sözlə desək, quyular ya açıq lülə şəklində qurtarır, ya da səthində çox sıx dəliklərlə yerləşdirilmiş quyuruq kəməri ilə qurtarır. Məsələnin həllini sadələşdirmək məqsədilə quyudibi zonanın çirklənməsini nəzərə almırıq. Müqayisənin daha inandırıcı olması üçün axın rejimlərinin həm keçid, həm də psevdostasionar olması hallarını nəzərdən keçirmək labüddür.

Məlumdur ki, lay flüidinin axını şaquli quyuya nəzərən radial istiqamətdə qəbul edilir və məhsuldar layın istismarı üzrə aparılan mühəndis hesablamalarda geniş istifadə edilir [7].

Həqiqətdə isə quyu məhsuldarlığı quyu lüləsi yaxınlığında məhsuldar layın xarakteristikası ilə müəyyən edilir. Axının radial xarakter daşması məhsuldar layın işləyən hissəsini daha düzgün və dəqiq qiymətləndirməyə imkan vermir. Əgər şaquli quyular üçün bu cür yanaşmanı və həlli sadələşdirməni qəbul etmək mümkündürsə, üfüqi lüləsi olan böyük zenit bucağına malik quyular üçün bu şərtləri qəbul etmək çox çətindir, çünki məlumatların dəqiqliyinə zəmanət çox azdır [6, 8] (şəkil).



Üfüqi (A) və şaquli (B) quyuların laya daxilolma sxemi

Şəkildən göründüyü kimi, istismar zamanı maliyyə quyunun neftverimi çox ola bilər. Məhsuldarlığı hesablamaq üçün hazırda istifadə edilən empirik formul təcrübə məhdudiyyətlərə malikdir. Belə ki, şaquli və üfüqi quyular üçün həm xarakter, həm də davam etmə müddətinə görə müxtəlif olan keçid axın rejiminin davam etmə müddəti nəzərə alınmır (şaquli quyular üçün çox qısa müddət, Məhsuldar Qatın daha böyük sahəsini əhatə edən üfüqi quyular üçün isə çox uzun müddət). Bu hal kiçik keçiriciliyə malik laylar üçün daha əhəmiyyətlidir.

Bütün bu deyilənlərə baxmayaraq uzun müddət istismar edilən quyuların iş göstəricilərini müqayisə edən zaman lay flüidinin axın rejimini stasionar qəbul edib, ilkin hesablamalar üçün artıq sınaqdan keçirilib qəbul edilmiş empirik düsturlardan istifadə etmək məqsəddəmvafiqdir [9, 10].

Lay flüidinin üfüqi quyu lüləsinə axını bir sıra amillərdən asılıdır: lay flüidinin süzülməsi Darsinin xətti qanunundan; layda mayenin hərəkət sürəti və təzyiq potensialı Laplasın xətti tənliyi ilə ifadə edilir; quyuda “ölü” mayenin psevdostasionar axını təbii süzülmə prosesi zamanı baş verir (fontan istismar üsulu); məhsuldar lay, yarıqları olan anizotrop dağ süxurlarından təşkil edilmişdir; lay flüidi “özlülüyn” orta qiymətləri, layın həcmi amili və s. ilə xarakterizə edilir [11].

Beləliklə, bir üfüqi lüləsi olan quyunun debitini (Q_h) aşağıdakı ifadənin köməyilə tapmaq mümkündür [8, 12]:

$$Q_h = \frac{2\pi K_h \times}{\mu\beta \left[l_n \frac{a + \sqrt{a^2 - (0.5l_n)^2}}{0.5l_n} \right]} \times \frac{h\Delta p}{\left[\frac{\beta h}{l_n} l_n \frac{\beta h}{2\pi r_s} \right]}, \quad (1)$$

$$a = (0.5l_n) \sqrt{0.5 + \sqrt{0.25 + \left(\frac{R_k}{0.5l_n} \right)^4}},$$

burada K_h – təbəqələşmə müstəvisi üzrə kollektorun keçiriciliyi (üfüqi keçiricilik); h – layın qalınlığı; $\Delta p = p_{lay} - p_{qd} -$ təzyiq düşküsi; p_{lay} – quyudibi təzyiq (statik); p_{qd} – quyudibi təzyiq (dinamik); β – neftin həcmi faktoru; μ – neftin özlülüynü; l_n – lülənin üfüqi hissəsinin uzunluğu (drenaj hissə); R_k – dairəvi yatağın konturunun qida radiusu (drenaj hissəsinin radiusu); $\beta = \sqrt{\frac{K_h}{K_b}}$ – keçiriciliyə görə layın anizotropluğu parametri (göstəricisi); K_b – təbəqələşmə müstəvisinə perpendikulyar müstəvi üzrə kollektorun keçiriciliyi (şaquli keçiricilik); r_s – quyunun radiusu; a – yatağın drenaj hissəsindən asılı olan əmsaldır.

Qərarlaşmış axın rejimi zamanı bütövlüklə hidrodinamik şaquli quyunun debiti (Q_s) aşağıdakı ifadədən tapılır [10, 13]:

$$Q_s = \frac{2\pi K_h h\Delta p}{\mu\beta l_n \frac{R_k}{r_s}}. \quad (2)$$

(1) və (2) ifadələrinin nisbəti üfüqi quyuların istismar xarakteristikasının şaquli quyulara nisbətən nə dərəcədə yaxşılaşdığını göstərməklə bərabər üfüqi quyuların debitinin şaquli quyulara nisbətən neçə dəfə artdığını da göstərir. Bu göstəricini φ ilə işarə etməklə alırıq:

$$\varphi = \frac{Q_h}{Q_s} = \frac{l_n \frac{R_k}{r_s}}{l_n \frac{a + \sqrt{a^2 - (0.5l_n)^2}}{0.5l_n} + \frac{\beta h}{l_n} l_n \frac{\beta h}{2\pi r_s}}. \quad (3)$$

$\varphi < 1$ vəziyyəti bizi maraqlandırmır. Bir qədər fərqli də olsa oxşar (1) və (2) ifadələri (yuxarıda qeyd edilmiş ehtimallarla) bir üfüqi və bir şaquli quyu debitlərini hesablamaq üçün yararlıdır. Ona görə aralıq çevrilmələri buraxıb debitin neçə dəfə artmasını göstərən son ifadəni qəbul edək, yəni (3) ifadəsi belə şəkildə alır [14]:

$$\varphi^* = \frac{Q_h}{Q_s} = \frac{l_n \frac{R_k}{r_s}}{l_n \frac{4R_k}{l_n} + \frac{\beta h}{l_n} l_n \frac{\beta h}{2\pi r_s}}. \quad (4)$$

(3) və (4) ifadəsi bir-birindən kəsirin məxrəcindəki birinci toplanana nəzərən fərqlənir. Sadə riyazi hesablamalar göstərir ki, bu fərq olduqca kiçikdir. Hətta $l_h = R_k$ olan halda (3) ifadəsindəki birinci toplanan (4) ifadəsindən 0.14 % çox alınır. $l_h = 0.1R_k$ olan halda isə bu fərq 0.03 % təşkil edir, başqa sözlə bu fərq sifira yaxınlaşır. Beləliklə, aydın olur ki, (3) və (4) ifadələri quyuların istismar xarakteristikasını əks etdirməkdə eyni gücə malikdir. Lakin (3) ifadəsi daha çox riyazi hesablamalar tələb edir. Odur ki, gələcəkdə (3) ifadəsinin əvəzinə (4) ifadəsindən istifadə etmək tövsiyə olunur. Əlavə olaraq, məsələnin qoyuluşunda $l_{hmin} \ll R_k$ bərabərsizliyinin ödənilməsi şərti daxilində quyu lüləsinin üfüqi hissəsinin minimal uzunluğunu l_n bu ifadədən asanlıqla tapmaq olur [15].

(4) ifadəsinin təhlili göstərir ki, debitin artma əmsalının φ ($\varphi^0 = \varphi$) olduğu üçün gələcəkdə φ – dən istifadə ediləcək qiymətinə qida konturunun radiusu (R_k) lülənin üfüqi hissəsinin uzunluğu l_n , anizotropiya göstəricisi β və layın qalınlığı h daha ciddi təsir göstərir. Quyu radiusunun təsiri isə çox zəifdir. Qeyd etmək lazımdır ki, debitin artma əmsalı φ ilə, lülənin üfüqi hissəsinin uzunluğu l_n arasında düz, φ ilə başqa amillər (R_k , β , h) arasında

isə tərs mütənasiblik mövcuddur. Normal anizotropiya və keçiriciliyə ($\beta \approx 3$) malik laylarda φ çox kiçik qiymət alır ki, bu da apardığımız hesabatların düzgünlüyünü təsdiq edir. Şaquli təbii yarıqları olan laylarda ($\beta < 1$) isə φ -nin qiyməti çox yüksək ola bilər. Bu isə maye axınının istiqaməti ilə edilə bilər (radial, yaxud quyu lüləsinə paralel) [16, 17].

Drenaj radiusunun R_k artması ilə φ -nin azalması mayenin hərəkətinə olan xarici müqavimətin daxili müqavimətə üstün gəlməsi ilə əlaqədardır. Layın qalınlığının h artması ilə φ -nin azalması isə şaquli quyu lüləsinin kiçik qalınlığa malik layları

açması nəticəsində drenaj zonasının kəskin azalması ilə izah edilir.

Nəticə

1. Eyni şəraitdə üfüqi lüləsi olan quyular, şaquli quyulara nisbətən neftveriminə görə üstünlüyə malikdir.

2. Üfüqi quyulara nisbətən şaquli quyularda istismar avadanlığının yerləşdirilməsi və onlarla işləmək asandır.

3. Azərbaycanda üfüqi quyu əvəzinə küt quyuların qazılması tövsiyə olunur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Александров В.М., Ягафаров А.К., Закиров Н.Н. и др. Определение коэффициентов продуктивности при получении водонефтяных притоков из сложнопостроенных пород-коллекторов с текстурной неоднородностью // Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия, Филиал ООО “ЛУКОЙЛ-Инжиниринг”.
2. Бакиров Д.Л., Фаттахов М.М., Бондаренко Л.С. Строительство многоствольных и многозабойных скважин на месторождениях ОАО “ЛУКОЙЛ” в Западной Сибири // Инженерная практика, 2015, № 3, с. 24-26.
3. Бакиров Д.Л., Фаттахов М.М., Баранников Я.И. Исследования на стенде осложнений, полученных при формировании многоствольных стыков // Нефтепромысловое дело, 2017, № 10, с. 39-45.
4. Бакиров Д.Л., Ковалев В.Н., Бондаренко М.С. и др. Эволюция конструкций горизонтальных скважин в Западной Сибири // Бурение и нефть, 2022, № 10, с. 48-53.
5. Лядова Н.А., Ильясов С.Е., Окроелидзе Г.В. Опыт строительства многоствольных скважин // Нефтяное хозяйство, 2014, № 3, с. 58-60.
6. Коровин И.Ю., Гилаев Г.Г., Коваль М.Е. и др. Применение скважин малого диаметра для повышения рентабельности добычи остаточных извлекаемых запасов // Бурение и нефть, 2022, № 1, с. 22-27.
7. Овчинников В.П., Валитов Р.Р., Хафизов А.Р. и др. Требования по управлению процессами строительства скважин: Тюмень, Тюменский индустриальный университет, 2021, с. 235.
8. Овчинников П.В. Строительство сверхглубоких скважин на месторождениях Оренбургского НГК // Бурение и нефть, 2004, № 3, с. 2-5.
9. Овчинников В.П., Вяхирев В.И., Бастриков С.Н. и др. Современные технические средства для строительства скважин с различными геологическими условиями: уч. пособие – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020.
10. Рекин С.А., Нургалеев А.Р., Агишев А.Р. и др. Современные технические решения для строительства скважин в трубной промышленности // Бурение и нефть, 2021, № 4, с. 27-28.
11. Овчинников В.П., Овчинников П.В., Аксенова Н.А. и др. Геолого-технические особенности залегания баженосских отложений месторождений Западной-Сибири и оптимизация свойств буровой промывочной жидкости для их вскрытия // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, 2018, № 3 (129), с. 104-112.
12. Овчинников В.П., Рожкова О.В., Бастриков С.Н. и др. Технологические решения для строительства скважин на месторождениях высоковязких сланцевых углеводородов // Известия высших учебных заведений // Нефть и газ, 2021, № 3 (147), с. 26-36.
13. Окроелидзе Г.В., Предеин А.А., Кучевасов С.И. и др. Современный подход к проектированию строительства скважин и обустройства месторождений за счет оптимизации размещения кустовых площадок и профилей скважин на примере месторождений Пермского края // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2019, № 6, с. 61-65.
14. Фаттахов М.М. Исследование и разработка технологии бурения разветвленных многозабойных скважин. дисс. работа. УГНТУ, 2020, с. 185.
15. Позднышев С.В., Оганов А.С. и др. Многозабойное бурение скважин развитие, проблемы и успехи. – М.: ВНИИОЭНГ, 2001, с. 59-60.
16. Халикова Э.А., Якубов Р.Н., Тимиров Р.М. Сравнительная оценка экономической эффективности использования различных технологий бурения при освоении участков нефтяных месторождений // Евразийский юридический журнал, 2021, № 7, с. 506-507.
17. Щербаков А.В. Применение нестандартных методов проектирования траектории скважин сложной пространственной конфигурации // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2022, № 5(353), с. 17-20.

References

1. *Aleksandrov V.M., Yagafarov A.K., Zakirov N.N. i dr.* Opredeleniye koeffitsiyentov produktivnosti pri poluchenii vodoneftyanykh pritokov iz slozhnopostroyennykh porod-kollektorov s teksturnoy neodnorodnostyu // Tyumenskiy industrial'nyy universitet, Tyumen', Rossiya, Filial OOO "LUKOYL-Inzhiniring".
2. *Bakirov D.L., Fattakhov M.M., Bondarenko L.S.* Stroitel'stvo mnogostvol'nykh i mnogozaboynykh skvazhin na mestorozhdeniyakh OAO "LUKOYL" v Zapadnoy Sibiri // "Inzhenernaya praktika", 2015, № 3, s. 24-426.
3. *Bakirov D.L., Fattakhov M.M., Barannikov YA.I.* Issledovaniya na stende oslozhneniy, poluchennykh pri formirovaniy mnogostvol'nykh stykov // Neftepromyslovoye delo, 2017, № 10, s. 39-45.
4. *Bakirov D.L., Kovalev V.N., Bondarenko M.S. i dr.* Evolyutsiya konstruksiy gorizontal'nykh skvazhin v Zapadnoy Sibiri // Bureniye i nef't', 2022, № 10, s. 48-53.
5. *Lyadova N.A., Ilyasov S.Ye., Okromelidze G.V.* Opyt stroitel'stva mnogostvol'nykh skvazhin // Neftyanoye khozyaystvo, 2014, № 3, s. 58-60.
6. *Korovin I.YU., Gilayev G.G., Koval' M.Ye. i dr.* Primeneniye skvazhin malogo diametra dlya povysheniya rentabel'nosti dobychi ostatochnykh izvlekayemykh zapasov // Bureniye i nef't', 2022, № 1, s. 22-27.
7. *Ovchinnikov V.P., Valitov R.R., Khafizov A.R. i dr.* Trebovaniya po upravleniyu protsessami stroitel'stva skvazhin: Tyumen', Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2021, s. 235.
8. *Ovchinnikov P.V.* Stroitel'stvo sverkhglubokikh skvazhin na mestorozhdeniyakh Orenburgskogo NGK // Bureniye i nef't', 2004, № 3.
9. *Ovchinnikov V.P., Vyakhirev V.I., Batrikov S.N. i dr.* Sovremennyye tekhnicheskiye sredstva dlya stroitel'stva skvazhin s razlichnymi geologicheskimi usloviyami: uch. pos. Tyumen': Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2020.
10. *Rekin S.A., Nurgaleyev A.R., Agishev A.R. i dr.* Sovremennyye tekhnicheskiye resheniya dlya stroitel'stva skvazhin v trubnoy promyshlennosti // Bureniye i nef't', 2021, № 4, s. 27-28.
11. *Ovchinnikov V.P., Ovchinnikov P.V., Aksenova N.A. i dr.* Geologo-tekhnicheskiye osobennosti zaleganiya bazhenovskikh otlozheniy mestorozhdeniy Zapadnoy-Sibiri i optimizatsiya svoystv burovoy promyvochnoy zhidkosti dlya ikh vskrytiya // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz, 2018, № 3 (129), s. 104-112.
12. *Ovchinnikov V.P., Rozhkova O.V., Batrikov S.N. i dr.* Tekhnologicheskiye resheniya dlya stroitel'stva skvazhin na mestorozhdeniyakh vysokovyazkikh slantsevykh uglevodorodov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy // Neft' i gaz, 2021, № 3 (147), s. 26-36.
13. *Okromelidze G.V., Predein A.A., Kuchevasov S.I. i dr.* Sovremennyy podkhod k proyektirovaniyu stroitel'stva skvazhin i obustroystva mestorozhdeniy za schet optimizatsii razmeshcheniya kustovykh ploshchadok i profiley skvazhin na primere mestorozhdeniy Permskogo kraya // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy, 2019, № 6, s. 61-65.
14. *Fattakhov M.M.* Issledovaniye i razrabotka tekhnologii bureniya razvetvlennykh mnogozaboynykh skvazhin. dissertatsionnaya rabota. UGNTU.2020, s. 185.
15. *Pozdnyshev S.V. Oganov A.S. i dr.* Mnogozaboynoye bureniye skvazhin razvitiye, problemy i uspekhi. – Moskva: VNIIOENG, 2001, s. 59-60.
16. *Khalikova E.A., Yakubov R.N., Timirov R.M.* Sravnitel'naya otsenka ekonomicheskoy effektivnosti ispolzovaniya razlichnykh tekhnologiy bureniya pri osvoyenii uchastkov neftyanykh mestorozhdeniy // Yevraziyskiy yuridicheskiy zhurnal, 2021, № 7, s. 506-507.
17. *Shcherbakov A.V.* Primeneniye nestandartnykh metodov proyektirovaniya trayektorii skvazhin slozhnoy prostranstvennoy konfiguratsii // Stroitel'stvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more, 2022, № 5 (353), s. 17-20.

Quyuların və mədəndaxili nəql sistemlərinin istismar göstəricilərinə təsir edən amillərin tədqiqi

K.Ə. Məmmədov, t.ü.f.d.^{1,2}, T.K. Daşdiyeva, t.ü.f.d.¹, R.Q. Qaziyeva¹,
G.B. İbrahimova¹, N.K. Məmmədova²

¹"Neftqazəlmətdəqiqatlayihə" İnstitutu,

²Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

e-mail: k.a.mammedov@gmail.com

Açar sözlər: çirklənmiş torpaq, kimyəvi, quyu, inhibitor, lay suyu, aqressiv mühit, korroziya aqressivliyi.

Məqalə quyuların və mədəndaxili nəql sistemlərinin istismar göstəricilərinə təsir edən amillərin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur.

Quyularda və mədəndaxili nəql sistemində boru kəmərlərinin fasiləsiz istismar müddətinin artırılması, nəql xərcələrinin, ümumilikdə məhsulun maya dəyərinin azaldılması və ətraf mühitin etibarlı mühafizəsi məqsədi ilə nəql olunan hasilat məhsullarının korroziya aqressivliyinin mütəmadi öyrənilməsi, eroziya və mexaniki yeyilmələrə səbəb olan amillərin araşdırılması, ondan mühafizə üsullarının təkmilləşdirilməsi aktual məsələlərdən biridir.

Lay suları ilə çirklənmiş torpaqların korroziya aqressivliyi öyrənilmişdir. Çirklənmiş torpaqların korroziya aqressivliyinin boru kəmərlərinin xarici səthinin korroziyasına təsirinin araşdırılması üçün "Bibiheybətneft" və Ə.C.Əmirov ad. NQÇİ-lərin mədəndaxili boru kəmərlərinin keçdiyi sahələrin ayrı-ayrı hissələrindən götürülmüş qrunnt nümunələrində mövcud olan aqressiv ionların miqdarını təyin etmək üçün kimyəvi analizlər aparılmışdır. Tədqiq olunan qrunnt sularının hər litrində sulfat və xlorid ionlarının 300 mq-dan artıq olması onun yüksək aqressivliyini göstərir. Bu qrunnt sularında sulfat ionlarının kifayət qədər çox olması kimyəvi aqressivlik yaratmaqla yanaşı, həm də sulfatreduksiyaedic bakteriyaların (SRB) da çoxalması üçün əlverişli şərait yaradır.

Tədqiqatlar göstərmişdir ki, qəzalar nəticəsində lay suyu ilə çirklənmiş mədən ərazisində olan torpaqlar çox yüksək korroziya aqressivliyi, çirklənmiş torpaqlarla müqayisədə 2 dəfə artmışdır. Buna səbəb lay suyu ilə çirklənmiş torpaqlarda olan aqressiv sulfat və xlorid ionlarının miqdarının çox olmasıdır. Bundan başqa, bu torpaqların mikrobioloji aqressivliyinin artması da müəyyən edilmişdir. Çirklənmiş torpaq sahələrindən keçən mədəndaxili boru kəmərlərinin korroziyaya uğraması sonda həmin kəmərlərlə nəql olunan məhsulun itkisinə gətirib çıxarır.

Исследование факторов, влияющих на эксплуатационные показатели скважин и внутрипромысловых транспортных систем

K.A. Мамедов, д.ф.т.н.^{1,2}, Т.К. Дашдиева, д.ф.т.н.¹, Р.Г. Газиева¹, Г.Б. Ибрагимова¹, Н.К. Мамедова²

¹НИПИнефтегаз,

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: загрязненный грунт, химикат, скважина, ингибитор, пластовая вода, агрессивная среда, коррозионная агрессивность.

Статья посвящена исследованию факторов, влияющих на эксплуатационные показатели скважин и внутрипромысловых транспортных систем.

В целях увеличения срока бесперебойной эксплуатации трубопроводов скважин и внутрипромысловых транспортных систем, снижения транспортных расходов, себестоимости продукции в целом и надежной защиты окружающей среды, систематическое изучение коррозионной агрессивности транспортируемой продукции, изучение факторов, вызывающих эрозию и механическую эрозию, и совершенствование методов защиты от них являются одними из актуальных задач.

Изучена коррозионная агрессивность грунтов, загрязненных пластовыми водами. С целью исследования влияния коррозионной агрессивности загрязненных грунтов на коррозию наружных поверхностей трубопроводов были проведены химические анализы для определения количества агрессивных ионов в пробах грунта, отобранных на отдельных участках внутрипромысловых трубопроводов "Бибиэйбатнефть" и НГДУ им. А.Дж. Амирова. Наличие более 300 мг сульфат и хлорид-ионов на литр исследуемых грунтовых вод свидетельствует об их высокой агрессивности. Достаточно высокое содержание сульфат-ионов в этих грунтовых водах не только создает химическую агрессивность, но и благоприятные условия для размножения сульфатредуцирующих бактерий (СРБ).

В результате исследований установлено, что грунты на территории шахты, загрязненные пластовыми водами в результате аварий, обладают очень высокой коррозионной агрессивностью, которая увеличилась в 2 раза по сравнению с незагрязненными грунтами. Это обусловлено избыточным содержанием агрессивных сульфат- и хлорид-ионов в грунте, загрязненном пластовыми водами. Кроме того, установлено увеличение микробиологической агрессивности этих грунтов. Коррозию промысловых трубопроводов, проходящих через загрязненные участки грунта, необходимо учитывать, поскольку она в конечном итоге приведет к потерям транспортируемого по этим трубопроводам продукта.

K.A. Mammadov, PhD in Tech. Sc.^{1,2}, T.K. Dashdiyeva, PhD in Tech. Sc.¹, R.Q. Qaziyeva¹,
G.B. Ibrahimova¹, N.K. Mammadova²
¹"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute,
²Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: contaminated soil, chemical, well, inhibitor, produced water, aggressive environment, corrosion aggressiveness.

The article is devoted to the study of factors affecting the operational performance of wells and intra-mine transportation systems.

In order to reduce the uninterrupted service life of pipelines in wells and intra-mine transportation systems, reduce transportation costs, the cost of the product in general, and reliably protect the environment, regular study of the corrosion aggressiveness of transported production products, investigation of factors causing erosion and mechanical erosion, and improvement of protection methods against it are among the urgent issues.

The corrosion aggressiveness of soils contaminated with produced waters has been studied. In order to investigate the effect of the corrosion aggressiveness of contaminated soils on the corrosion of the external surfaces of pipelines, chemical analyses were conducted to determine the amount of aggressive ions present in soil samples taken from separate parts of the areas where the intra-mine pipelines of "Bibiheybatneft" and A. Amirov Oil and Gas Production Department (OGPD) passed. The presence of more than 300 mg of sulfate and chloride ions per liter of the studied groundwater indicates its high aggressiveness. The sufficiently high content of sulfate ions in these groundwaters not only creates chemical aggressiveness, but also creates favorable conditions for the reproduction of sulfate-reducing bacteria (SRB).

As a result of the studies, it was determined that the soils in the mine area contaminated with produced water as a result of accidents have a very high corrosion aggressiveness, which has increased by 2 times compared to uncontaminated soils. This is due to the excess amount of aggressive sulfate and chloride ions in the soil contaminated with produced water. In addition, an increase in the microbiological aggressiveness of this soil was also determined. Corrosion of mine pipelines passing through contaminated soil areas should be considered as it will ultimately have a negative impact on the loss of the product transported by those pipelines.

Quyu və mədəndaxili nəql sistemlərinin etibarlı mühafizəsi məqsədi ilə hasilat məhsullarının korroziya aqressivliyinin mütəmadi öyrənilməsi, korroziya-eroziya və mexaniki yeyilmələrə səbəb olan amillərin araşdırılması və onlardan mühafizə üsullarının təkmilləşdirilməsi aktualdır.

Neft və qaz sənayesində istismarda olan quyularda, eyni zamanda texnoloji boru kəmərlərində korroziya-eroziya amillərinin təsiri nəticəsində baş verən qəzalar yalnız ekoloji deyil, həm də iqtisadi itkilərə səbəb olur [1, 2]. Belə ki, qəza nəticəsində nəqlin dayandırılması bütövlükdə NQÇİ-lərin məhsuldarlığına mənfi təsir etdiyindən texnoloji boru kəmərlərinin istismar etibarlılığının təmin edilməsi son dərəcə ciddi bir problem olaraq qalır. Bu baxımdan boru kəmərləri ilə neftin və suyun birgə nəqlinin istismar səmərəliliyinin artırılmasına yeni yanaşma tətbiq edilməlidir. Bundan başqa magistral qaz kəmərlərində texnoloji çətinliklərin yaranma səbəbləri aradan qaldırılmalıdır [3–5].

Mədəndaxili nəql olunan quyu məhsulunun yüksək korroziya aqressivliyi boru kəmərlərini (daxili korroziya səbəbindən) vaxtından əvvəl sıradan çıxardaraq qəzalara səbəb olur. Bu isə sonda məhsul itkisi və ətraf mühitin çirklənməsi ilə nəticələnir. Boru kəmərlərinin xarici səthinin korroziyaya uğraması torpağın tərkibində duzların, mikroorqanizmlərin miqdarından, rütubət faizindən, elektrik potensialından) və s. amillərdən asılıdır. Bundan başqa, korroziyaya həm də lay və qrunt

sularının minerallığı, metalın markası, deformasiya, gərginlik və s. amillərin də təsiri var [6].

Nəql sistemində istismar olunan boru kəmərlərinin layihələndirilməsi müasir tələblərə cavab verməli, onlar korroziya, eroziya və mexaniki yeyilməyə davamlı olmalıdır. Bu da sonda yaranmış qəzaların qarşısını almaqla, ətrafa atılan zərərli maddələrlə torpağın və yeraltı suların çirklənməsinin, ekoloji tarazlığının pozulmasının qarşısını alar. Boru xətlərinin korroziya və mikrobioloji aşınmalardan mühafizəsini təmin etmək üçün kompleks təsirli inhibitorların, bakterisid təsirli reagentlər işlənmiş və tədqiq edilmişdir [7–12]. Mədəndaxili nəql sistemində boru kəmərlərinin həm daxili, həm də xarici səthlərinin korroziyasına səbəb olan amillərin – etibarlı mühafizə üçün qoruyucu örtüklərdən, qalvanik anodlardan və katod mühafizə üsulundan düzgün istifadə olunmalıdır.

Quyu məhsulunun tərkibində korroziya aqressivliyinə malik həll olmuş mineral duzların və mexaniki qarışıqların mövcud olması quyularda və mədəndaxili boru kəmərlərində daxili korroziya və eroziya proseslərini xeyli dərəcədə artırır [13]. Həmçinin, daxili korroziya prosesinə metalın markası, nəql olunan quyu məhsulunun hərəkət rejimi, axın sürəti, təzyiqi, temperaturu və s. amillər də təsir edir [14]. Boru kəmərinə nəql olunan quyu məhsullarının tərkibində mexaniki qarışıqlar metal səthində əmələ gələn oksid örtüklərinin dağılması ilə korroziya-eroziya prosesləri-

ni sürətləndirir. Bu baxımdan, borularda korroziya intensivliyini stimullaşdıran faktorlardan biri olan eroziya prosesinin tədqiqi də paralel olaraq öyrənilməlidir. Quyularda və nəql sistemində avadanlıqların dağılma intensivliyinin tədqiqi üçün mühitin fiziki-kimyəvi xassələrinin həm laboratoriyada, həm də bilavasitə mədən şəraitində təyin olunması məqsəduyğundur [15].

Aqressiv mühitdə istismar olunan nasos-kompressor borularında (NKB) və mədəndaxili boru kəmərinin əyri hissələrində korroziya prosesi düz hissələrə nisbətən daha intensiv baş verir [16]. Boru kəmərinin əyriliyindən, mayenin tərkibindəki mexaniki qarışıqların növü və miqdarından, axın sürətindən asılı olaraq yeyilmə çoxalır. Məhsulun tərkibində mexaniki qarışıqların qum şəklində çox olduğu zaman eroziya, yeyilmə təhlükəsi baş verir. Quyuların istismarı zamanı yer səthinə xeyli miqdarda lay qumunun çıxması səbəbindən mədəndaxili boru kəmərləri ilə nəql olunan məhsulda mexaniki qarışıqlar mürəkkəbləşmələr yaradır. Bu isə quyu məhsulunun mədəndaxili yığımını və nəqlini xeyli dərəcədə çətinləşdirməklə yanaşı, ayrı-ayrı hallarda atqı xətlərinin tutulması ilə əlaqədar olan qəzaların baş verməsi ilə nəticələnir. Mədəndaxili nəql xətlərinin tutulması ilə əlaqədar quyuların dayanması isə öz növbəsində dərinlik nasoslarının pərçimlənməsi nəticəsində quyuların yeraltı təmirə saxlanması səbəb ola bilər. Mədəndaxili yığım kollektor və rezervuarlarda çökən qumun təmizlənməsi isə əlavə material xərclərinə və vaxt sərfinə səbəb olur. Bundan başqa quyulardan çıxarılan mayelərin tərkibində olan mexaniki qarışıqlar nasosların dağılmasını sürətləndirir. Bu baxımdan yığım-nəql sistemində mexaniki qarışıqların tutulması və təmizlənməsi tələb olunur [17].

Quyularda və boru kəmərlərində qəzaların baş verməsinin qarşısını almaqdan ötrü nəql olunan mayenin axın sürəti, temperatur rejimi, mexaniki qarışıqların mühitdə olmasının öyrənilməsi mürəkkəb məsələlərdən biridir. Boruların istismar səmərəliliyini artırmaq üçün istismar zamanı bu amillərin nəzər alınması çox önəmlidir.

Boru kəmərlərinə örtük tətbiq etməklə korro-

ziyadan mühafizəsi iqtisadi cəhətdən baha başa gəlir. Buna görə də istismar şəraitinə uyğun örtüklərin seçimi və tətbiqi çox vacibdir. Həm də digər konstruksiyalardan fərqli olaraq yeraltı borulara çəkilmiş örtükləri qısa müddətdə dəyişdirmək mümkün deyil. Bu səbəbdən boru kəmərlərinə çəkilmiş örtüklər 20 il istismara davamlı olmalıdır [18].

Qrunt suları minerallığına görə 4 qrupa bölünür – minerallığı 200 mq/l-ə qədər olan az minerallıqlı şirin sular, minerallığı 200–500 mq/l-ə qədər olan orta minerallıqlı, minerallığı 500 mq/l-dən 1000 mq/l-ə qədər olan yüksək minerallıqlı sular, mineralların miqdarı 1000 mq/l-dən çox olan çox yüksək minerallı duzlu sular [19]. Bundan başqa korroziya aqressivliyinə təsir edən bir çox maddələr isə lay və qrunt sularında həll olmuş və ya kolloid məhlul şəklində olur. Lay və qrunt sularının kimyəvi tərkibindən asılı olaraq korroziya aktivliyinin dəyişməsi cədvəl 1-də verilmişdir [20].

Cədvəldən görünür ki, sulfat və xlorid ionları 100 mq/l olarsa, mühit zəif korroziya aqressivlikli hesab olunur. Əgər xlorid ionlarının miqdarı 0.05–0.1 %, kükürdün miqdarı 0.2–0.3 %-ə qədər olarsa qrunt suları yüksək korroziya aktivliyinə malik olur. Həll olan karbon qazının miqdarı 5 mq/l, sulfat və xlorid ionları 300 mq/l-dən artıq olarsa, mühit çox yüksək korroziya aqressivli hesab olunur. Bu mühitdə metalın səthində korroziya yaraları tez bir zamanda əmələ gəlir.

Lay suları ilə çirklənmiş torpaqların korroziya aqressivliyi laboratoriya şəraitində öyrənilmişdir. Çirklənmiş torpaqların korroziya aqressivliyinin boru kəmərlərinin xarici səthinin korroziyasına təsirinin araşdırılması üçün “Bibiheybətneft” və Ə.C.Əmirov ad. NQÇİ-lərin mədən ərazisinin ayrı-ayrı hissələrindən torpaq nümunəsi götürülmüşdür. Çirklənmiş torpaq (tərkibində lay suyu olmayan) və lay suyu ilə çirklənmiş torpaq nümunələrində mövcud olan aqressiv ionların miqdarı və tərkibini təyin etmək üçün kimyəvi analiz aparılmışdır.

Suların analizi üçün götürülmüş torpaq nümunələri yaxşı havalandırılmış otaqda quru-

Cədvəl 1

| Mühitin korroziya aktivlik dərəcəsi | pH | Tərkibində miqdarı | | | |
|-------------------------------------|-----------|--------------------|-------------|--|------------------------|
| | | Kükürd, % | Xlor, % | SO ²⁻ ₄ – Cl, mq/l | CO ₂ , mq/l |
| Zəif | 6.5 – 8.5 | < 0.1 | < 0.02 | < 100 | 0 |
| Orta | 8.5 – 14 | 0.1 – 0.2 | 0.02 – 0.05 | 100 – 200 | 0 |
| Yüksək | 6 – 6.5 | 0.2 – 0.3 | 0.05 – 0.1 | 200 – 300 | < 5 |
| Çox yüksək | 6 | ≥ 0.3 | ≥ 0.1 | ≥ 300 | > 5 |

dularaq 2–3 mm diametrlı hissəciklərə qədər xırdalanır, gözlə görünən böyük hissəciklər kənarlaşdırılır. Tam quruduqdan sonra ələkdən keçirilən nümunə quru otaqda nəm keçirməyən qabda saxlanılır. Kimyəvi analiz aparmaq üçün nümunə kağız üzərinə tökülərək qarışdırılır və 0.5–1 sm qalınlığında bərabər yayılaraq kiçik kvadrlara bölündükdən sonra şahmat qaydasında nümunə götürülür. Kimyəvi analizi aparmaq üçün 100 q torpaq nümunəsi kolbaya yerləşdirilir və üzərinə 600 ml distillə suyu əlavə olunur. Kolbanın ağız tıxacla bağlanaraq 5 dəq. müddətində çalxalanır. Alınmış suspenziya filtr kağızından süzülür. Əgər ilkin süzülmə bulanıqdırsa, yenidən süzülür. Hazırladığı gün analizi aparılan suların pH-ı laboratoriya şəraitində Hanna HI 3512 tipli pH-metr vasitəsi ilə təyin edilmişdir. Analizlərin nəticələri cədvəl 2 və 3-də verilmişdir.

Cədvəldən görüldüyü kimi, lay suları ilə çirklənməmiş torpağın tərkibində ionların miqdarı aşağıdakı kimi olmuşdur: kalsium – 150–390 mq/dm³, maqnezium 6–18 mq/dm³, natrium və kalium – 563.5–907.8 mq/dm³, xlorid - 354.5–709 mq/dm³, sulfat – 13.2–64.1 mq/dm³, hidrokarbonat – 2074–3355 mq/dm³. Tədqiq etdiyimiz lay suları ilə çirklənməmiş nümunələr qüvvədə olan rəhbər sənədə əsasən orta aqressivlikli

hesab edilir.

Cədvəldən görüldüyü kimi, lay suları ilə çirklənmiş torpaq nümunəsinin tərkibində mövcud olan kalsium və natrium kationlarının miqdarı onların korroziya xüsusiyyətlərinə ciddi təsir göstərir. Tədqiq olunan çirklənmiş torpaq nümunəsinin tərkibində Ca²⁺ ionlarının miqdarı 160.3–400.8 mq/dm³, natrium və kalium ionlarının miqdarı (Na⁺+K⁺) isə 1941.5–2516.6 mq/dm³ arasında dəyişir.

Görüldüyü kimi, çirklənmiş torpaq nümunəsində kimyəvi aqressivlik sulfat və xlorid ionları hesabına yaranır, xlorid ionlarının qatılığı 2836–3545 mq/dm³, sulfat ionlarının qatılığı 571.1–1193.3 mq/dm³ arasında dəyişir. Tədqiq olunan torpaqlardan ayrılmış suların hər litrində sulfat və xlorid ionlarının 300 mq-dan artıq olması, torpağın yüksək aqressivlikli olduğunu göstərir (bax: cədvəl 3). Tədqiq olunan nümunələrdə həmin göstərici 7–10 dəfədən çoxdur. Ona görə də bu torpaqlar çox yüksək aqressivlikli mühit hesab edilir. Torpaq nümunələrində sulfat ionlarının kifayət qədər çox olması kimyəvi aqressivlik yaratmaqla yanaşı, həm də sulfatreduksiyaedici bakteriyaların (SRB) da çoxalması üçün əlverişli şərait yaradır. Beləliklə, xlorid və sulfat ionlarının bu dərəcədə çox olması həmin torpaqlardan keçən

Cədvəl 2

| Sahə | Sıxlıq, kq/m ³ | pH | Kationların miqdarı, mq/dm ³ | | | Anionların miqdarı, mq/dm ³ | | | |
|------------------------------|---------------------------|-----|---|------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ²⁻ |
| <i>“Bibiheybətneft” NQÇİ</i> | | | | | | | | | |
| 1 | 997 | 6.5 | 390 | 18 | 807.2 | 709 | 30.45 | 3355 | 0 |
| 2 | 997 | 6.5 | 260 | 6 | 778.1 | 709 | 64.1 | 2196 | 0 |
| 3 | 997 | 6.7 | 230 | 18 | 563.5 | 354.5 | 23.1 | 2379 | 0 |
| <i>Ə.C.Əmirov ad. NQÇİ</i> | | | | | | | | | |
| 1 | 996 | 6.2 | 170 | 6 | 918.6 | 709 | 13.2 | 2196 | 0 |
| 2 | 999 | 6.6 | 180 | 18 | 816.3 | 354.5 | 48.6 | 2684 | 0 |
| 3 | 996 | 6.2 | 150 | 12 | 907.8 | 709 | 39.5 | 2074 | 0 |

Cədvəl 3

| Sahə | Sıxlıq, kq/m ³ | pH | Kationların miqdarı, mq/dm ³ | | | Anionların miqdarı, mq/dm ³ | | | |
|------------------------------|---------------------------|-----|---|------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ²⁻ |
| <i>“Bibiheybətneft” NQÇİ</i> | | | | | | | | | |
| 1 | 1.005 | 7.8 | 160.3 | 97.2 | 2059.8 | 2836 | 759.6 | 366 | 0 |
| 2 | 1.011 | 7.4 | 320.6 | 24.3 | 1999.8 | 2836 | 735.7 | 366 | 0 |
| 3 | 1.012 | 7.2 | 400.8 | 48.6 | 2516.6 | 3545 | 1193.3 | 244 | 0 |
| <i>Ə.C.Əmirov ad. NQÇİ</i> | | | | | | | | | |
| 1 | 1.011 | 7.6 | 240.4 | 72.9 | 2101.8 | 2836 | 987.6 | 305 | 0 |
| 2 | 1.008 | 7.4 | 280.5 | 24.3 | 2422.9 | 3190.5 | 1102 | 244 | 0 |
| 3 | 1.016 | 7.6 | 360.7 | 24.3 | 1941.5 | 2836 | 571.1 | 549 | 0 |

boru kəmərlərində elektrokimyəvi korroziya ilə yanaşı, güclü mikrobioloji korroziyanın da yaranmasına səbəb olur.

Mədəndaxili boru kəmərlərinin keçdiyi lay suları ilə cirkələnmiş ayrı-ayrı hissələrdən götürülmüş torpaq nümunələrinin mikrobioloji aqressivliyi tədqiq edilmişdir. Başlanğıc məhlul kimi istifadə edilməsi üçün ayrı-ayrı hissələrdən götürülmüş torpaq nümunələrinin orta miqdarından I_q götürülərək 9 ml distillə olunmuş su ilə qarışdırılır. Boru kəmərlərinin keçdiyi ayrı-ayrı hissələrdən götürülmüş torpaq nümunələrinin mikrobioloji analizinin nəticələri eyni olmuşdur. Götürülmüş torpaq nümunələrinin tərkibində SRB və onunla biosenoz yaradaraq fəaliyyətdə olan KOB və dəmir bakteriyaları mövcuddur. Sularda SRB-lərin miqdarı 102–103 hüc/ml, KOB-ların miqdarı 106–107 hüc/ml, dəmir bakteriyalarının miqdarı 106–107 hüc/ml arasında dəyişir. Aparılan laboratoriya təcrübələrinin nəticələri tədqiq olunan torpaq nümunələrinin yüksək mikrobioloji aqressivliyə malik olmasını göstərir. Bu tədqiqatlardan alınan nəticələri, həmin torpaqların laboratoriya şəraitində qravimetrik üsulla korroziya aqressivli-

rin mədəndaxili boru kəmərlərinin keçdiyi ayrı-ayrı sahələrdən lay suları ilə cirkələnmiş torpaq nümunələri götürülərək rəhbər sənədə əsasən korroziya aqressivliyi təyin edilmişdir. Sabit cərəyan altında 24 saat saxlandıqdan sonra boru nümunəsi torpaqdan çıxarılaraq onun korroziya vəziyyəti qiymətləndirilmişdir. Bu məqsədlə metalı zədələnməmək şərti ilə onun üzərindən korroziya məhsulları təmizlənmiş və hərtərəfli vizual müayinə aparılmışdır. Nümunələrin səthinin vizual müayinəsi zamanı 40–70 %-nin korroziya məhsulları ilə örtüldüyü və ümumi korroziya yaraları ilə yanaşı piting yeyilmələri müşahidə olunmuşdur. Tədqiqatların nəticələri cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, boru kəmərlərinin keçdiyi sahələrin ayrı-ayrı hissələrindən götürülmüş torpaqlarda tədqiq olunan metal nümunələrində kütlə itkisi kifayət qədər (3.39–4.35) çoxdur. Bu isə onu göstərir ki, tədqiq olunan torpaqlar çox yüksək korroziya aqressivliyinə malikdirlər.

Torpaqların elektrik keçiriciliyi, korroziya aqressivliyini xarakterizə edən göstəricilərdən biridir. Elektrik keçiriciliyi torpağın mineral tərkibindən (ionların miqdarı), nəmlik faizindən,

Cədvəl 4

| Korroziya aktivliyi | Xüsusi elektrik müqaviməti, Om · m | Standart nümunənin kütlə itkisi, Δm, q | Katod cərəyanının orta sıxlığı, A/sm ² |
|---------------------|------------------------------------|--|---|
| Aşağı | > 100 | ≤ 1 | ≤ 0.05 |
| Orta | 20 ÷ 100 | 1 ÷ 2 | 0.05 ÷ 0.20 |
| Yüksək | 10 ÷ 20 | 2 ÷ 3 | 0.20 ÷ 0.30 |
| Çox yüksək | 5 ÷ 10 | 3 ÷ 4 | 0.30 ÷ 0.40 |
| Daha yüksək | ≤ 5 | > 4 | > 0.40 |

yinin təyini zamanı əldə olunan nəticələr də təsdiq edir. Qüvvədə olan rəhbər sənədə əsasən torpağın korroziya aktivliyi cədvəl 4-ə görə təyin olunur [20, 21].

Təcrübənin aparılması üçün qüvvədə olan rəhbər sənədə əsasən müəyyən ölçüdə Ст. 20 markalı polad nümunə götürülərək səthi pas və çirəkdən təmizlənmiş, izopropil spirtlə yağsızlaşdırılmış və qurudulduqdan sonra kalsium-xlorid duzu olan eksikator mühitində saxlanılmışdır. 24 saat sonra 0.1 q dəqiqliklə tərəzidə nümunənin kütləsi təyin edildikdən dəmir qaba yerləşdirilir. Dəmir qab yuxarı hissədən 5 mm aşağı olmaqla tədqiq olunan torpaqla doldurulur. Sabit cərəyan mənbəyinin mənfə qütbü sıxac vasitəsi ilə qaba, müsbət qütbü isə nümunəyə birləşdirilir. Təcrübələr 24 saat müddətində 6V gərginlik altında saxlanılmaqla aparılmışdır. Təcrübə bitdikdən sonra nümunə distillə suyu ilə yuyularaq kütlə itkisi təyin edilir.

“Bibiheybətneft” və Ə.C. Əmirov ad. NQÇİ-lə-

Cədvəl 5

| Nümunələr götürülmüş sahə | Nümunənin kütlə itkisi, Δm, q | |
|---------------------------|-------------------------------|------|
| “Bibiheybətneft” NQÇİ | I | 3.39 |
| | II | 4.15 |
| | III | 4.35 |
| Ə.C. Əmirov ad. NQÇİ | I | 3.78 |
| | II | 4.01 |
| | III | 4.08 |

Cədvəl 6

| Nümunələr götürülmüş sahə | Xüsusi elektrik müqaviməti, ρ, Om · m | |
|---------------------------|---------------------------------------|------|
| “Bibiheybətneft” NQÇİ | I | 2.14 |
| | II | 2.46 |
| | III | 1.92 |
| Ə.C. Əmirov ad. NQÇİ | I | 2.32 |
| | II | 2.61 |
| | III | 3.10 |

məsamələrdə yerləşən həll olmuş aqressiv qazların tərkibi və qatılığında, temperatur və təzyiq kimi bir çox kompleks amillərdən asılıdır. Xüsusi elektrik müqavimətinin qiyməti yuxarıda sadalanan amillərin təsirindən dəyişə bilər. Torpaqların aqressivliyini xarakterizə etmək üçün laboratoriyaya şəraitində onların xüsusi elektrik müqaviməti təyin olunmuşdur. Torpağın xüsusi müqavimətini təyin etmək üçün SR-2 meqaometr elektron ölçü cihazından istifadə edilmişdir. Torpağın xüsusi müqavimətinin hesablanması aşağıdakı düsturla aparılır.

$$\rho = 2\pi aR,$$

burada a – elektrodlararası məsafə, sm; R – torpağın elektrik müqavimətidir, Om.

Sonra nümunənin səthi təmizlənərək kütlə itkisi təyin edilmişdir. Torpaqların elektrik müqaviməti R-2 meqaometr elektron cihazı vasitəsilə qüvvədə olan rəhbər sənəddə göstərilən üsuldan istifadə etməklə təyin edilir. Elektrik müqavimətinin təyini üçün cihaz torpağa düz xətt boyunca eyni məsafədə yerləşdirilən dörd kontakt (C-1, P-1, P-2 və C-2) elektroddan istifadə etməklə sabit cərəyan altında təyin edilmişdir. Torpaqdan gərginlik C-1 və C-2 elektrodlar arasından keçdiyi zaman P-1 və P-2 elektrodlar arasında gərginlik ölçülür. Hər təcrübədən əvvəl elektrodlar təmizlənir, yağsızlaşdırılır, distillə suyu ilə yuyulur, filtr kağızı ilə qurudulur. Tədqiq ediləcək torpaq nümunəsi

torpaq qutusunda doldurulur. Torpaqların elektrik müqaviməti cədvəl 6-da verilmişdir.

Cədvəldən görünür ki, ayrı-ayrı hissələrdə torpaqların xüsusi elektrik müqaviməti 2.14–3.10 Om · m arasında dəyişir. Alınan nəticələri təhlil edərək bu qənaətə gəlirik ki, tədqiq olunan torpaqların xüsusi elektrik müqavimətinin qiymətləri müəyyən qədər fərqlənsə də, ümumilikdə daha yüksək aqressivli olmuşdur.

Nəticə

Lay suları ilə çirklənmiş torpaqların korroziya aqressivliyi “Bibiheybətneft” və Ə.C. Əmirov ad. NQÇİ-lərin mədəndaxili boru kəmərlərinin keçdiyi sahələrin ayrı-ayrı hissələrindən götürülmüş qrunnt nümunələrində öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, qəzalar nəticəsində lay suyu ilə çirklənmiş mədən ərazisində olan torpaqların korroziya aqressivliyi, çirklənməmiş torpaqlarla müqayisədə 2 dəfə artmışdır. Buna səbəb lay suyu ilə çirklənmiş torpaqda olan aqressiv sulfat və xlorid ionlarının miqdarının 300 mq-dan artıq olmasıdır. Bu qrunnt sularında sulfat ionlarının kifayət qədər çox olması kimyəvi aqressivlik yaratmaqla yanaşı, həm də SRB-lərin də çoxalması üçün əlverişli şərait yaradır. Çirklənmiş torpaq sahələrindən keçən boru kəmərlərinin korroziyadan mühafizəsində bu amillər nəzərə alınmalıdır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Mammadov K.A., Aliyev S.T., Nurullayev V.H. Application of new corrosion inhibitor for gathering pipelines for improving the ecological // News of The National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan series chemistry and technology, 2021, vol. 4, № 448, pp. 32-39.
2. Mammadov K.A., Hamidova N.S., Huseynova U.K. Diagnosis of the corrosion state of hydraulic structures in the Caspian Sea to prevent environmental damage // Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020, vol. 3, № 385, pp. 111-118.
3. İsmayilov Q.Q., Ələkbərov Y.Z., Seyfullayev Q.H. və b. Magistral qaz kəmərlərində texnoloji çətinliklərin yaranma səbəbləri və aradan qaldırılması yolları // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2017, № 6, s. 37-42.
4. İsmayilov Q.Q., Quliyev M.M. Sualtı boru kəmərləri ilə neftin və suyun birgə nəqlinin bəzi məsələləri // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2010, № 9, s. 50-54.
5. İsmayilov Q.Q., Səfərov N.M., Quliyev V.K. və b. Su-neft emulsiyalarının yığılımı və nəqli zamanı onların anomaliyalarının tədqiqinə yeni yanaşma // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2012, № 3, s. 36-39.
6. Əliyev S.T., Məmmədov K.Ə. Mədəndaxili boru kəmərlərində korroziya-eroziya və mexaniki yeyilmənin qarşısını almaqla ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılması // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2019, № 8, s. 37-41.
7. Mamedov K.A., Hamidova N.S., Aliyev T.S. Development of new resource-saving technologies to improve the efficiency of the oil product transportation system // “Problems of collecting, preparing and transporting oil and oil products”, 2019, No. 1 (117), pp. 82-88.
8. Mamedov K.A., Hamidova N.S. Prevention of corrosion damage to oil field equipment with a composition based on technical phosphatides // SOCAR Proceedings, 2021, No. 4, pp. 96-101.
9. Mamedov K.A., Hamidova N.S., Aliyev T.S. Development of a new multifunctional inhibitor for the protection of oilfield equipment // Chemical and Petroleum Engineering, 2019, 55 (3), pp. 340-346.

10. *Mammadov K.A., Hamidova N.S.* Development of a multifunctional corrosion inhibitor, possessing the properties of a microemulsion // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences, 2020, vol. 1, № 439, pp. 64-72.
11. *Mammadov K.A.* Study of the effect of a new combined inhibitor and a permanent magnetic field on corrosion and salt deposition // News of The National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan series chemistry and technology, 2020, vol. 2, № 440, pp. 145-152.
12. *Mamedov K.A., Kyazimov F.K., Seyfiyev F.G.* Corrosion Inhibitor for the Protection of Oilfield Equipment Operated in Various Aggressive Environments // Steel in Translation, 2024, vol. 54, No. 11, pp. 1130-1133.
13. *Mirələmov H.F., İsmayilov Q.Q.* Neftin, qazın boru kəmərləri ilə nəqli. Dərslik. – Bakı: NQETLİ, 2010, s. 505.
14. *Мамедов К.А., Сафаров Н.М., Алиев С.Т.* Об изучении основных факторов, вызывающие коррозионно-эрозионные износы в трубопроводах // Международной научно-практической конференции “Казахстанская нефть: прошлое, настоящее и будущее”, Алматы: 2019, 1 сентября, с. 276-280.
15. *Məmmədov K.Ə., Şixiyeva L.Ə.* Neft quyularında yeraltı avadanlıqların işləmə müddətinin qiymətləndirilməsi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2008, № 2, s. 45-47.
16. *Orynbayev S., Amanbayev E., Alimbayev B. et al.* Internal corrosion propagation in curved sections of steel pipes // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences, 2019, vol. 4, № 436, pp. 213-221.
17. *Bayratov S.B., Abbasov H.F., Hüseynov Ş.Ş. və b.* Neft quyularının yığım-nəql sistemində mexaniki qarışıqların tutulması // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2017, № 3, s. 40-42.
18. *Samini A., Zarinabadi S.* An analysis of polyethylene coating corrosion in oil and gas pipelines // Journal of American Science, 2011, № 7(1), pp. 1032-1036.
19. *Гареев А.Г., Насибуллина О.А.* Изучение агрессивности пластовой воды с помощью индекса насыщения // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов, Уфа: 2017, № 3 (109), с. 89-96.
20. *ГОСТ 9.602-2016.* Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Опубликованная в ИУС № 1, Москва: 2021.
21. *Стрижевский И.В., Зиневич А.М., Никольский К.К.* Защита металлических сооружений от подземной коррозии. – Москва: Недра, 1981, 292 с.

References

1. *Mammadov K.A., Aliyev S.T., Nurullayev V.H.* Application of new corrosion inhibitor for gathering pipelines for improving the ecological // News of The National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology, 2021, vol. 4, № 448, pp. 32-39.
2. *Mammadov K.A., Hamidova N.S., Huseynova U.K.* Diagnosis of the corrosion state of hydraulic structures in the Caspian Sea to prevent environmental damage // Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020, vol. 3, № 385, pp. 111-118.
3. *Ismayilov Q.Q., Alakbarov Y.Z., Seyfullayev Q.H. ve b.* Magistral qaz kemerlerinde texnoloji cetinliklerin yaranma sebepleri ve aradan qaldirilmasi yollari // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2017, № 6, s. 37-42.
4. *Ismayilov Q.Q., Quliyev M.M.* Sualti boru kemerleri ile neftin ve suyun birge neqlinin bezi meseleleri // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2010, № 9, s. 50-54.
5. *Ismayilov Q.Q., Seferov N.M., Quliyev V.K. ve b.* Su–neft emulsiyalarının yigimi və negli zamanı onların anomal xüsusiyyətlərinin tədqiqinə yeni yanaşma // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2012, № 3, s. 36-39.
6. *Aliyev S.T., Memmedov K.E.* Medendaxili boru kemerlerinde korroziya–eroziya və mexaniki yeyilmənin qarşısını almaqla ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılması // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2019, № 8, s. 37-41.
7. *Mamedov K.A., Hamidova N.S., Aliyev T.S.* Development of new resource-saving technologies to improve the efficiency of the oil product transportation system // Problems of Collecting, Preparing and Transporting Oil and Oil Products, 2019, № 1 (117), pp. 82-88.
8. *Mamedov K.A., Hamidova N.S.* Prevention of corrosion damage to oil field equipment with a composition based on technical phosphatides // SOCAR Proceedings, 2021, № 4, pp. 96-101.
9. *Mammadov K.A., Hamidova N.S., Aliyev T.S.* Development of a new multifunctional inhibitor for the protection of oilfield equipment // Chemical and Petroleum Engineering, 2019, 55 (3), pp. 340-346.

10. *Mammadov K.A., Hamidova N.S.* Development of a multifunctional corrosion inhibitor possessing the properties of a microemulsion // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 2020, vol. 1, № 439, pp. 64-72.
11. *Mammadov K.A.* Study of the effect of a new combined inhibitor and a permanent magnetic field on corrosion and salt deposition // News of The National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology, 2020, vol. 2, № 440, pp. 145-152.
12. *Mamedov K.A., Kyazimov F.K., Seyfiyev F.G.* Corrosion Inhibitor for the Protection of Oilfield Equipment Operated in Various Aggressive Environments // Steel in Translation, 2024, vol. 54, № 11, pp. 1130-1133.
13. *Miralamov H.F., Ismayilov Q.Q.* Neftin, qazın boru kemerleri ile negli. Derslik. – Baku: NQETLI, 2010, 505 p.
14. *Mamedov K.A., Safarov N.M., Aliyev S.T.* Ob izuchenii osnovnykh faktorov, vyzyvayushchikh korroziionno-errozionnye iznosy v truboprovodakh // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Kazakhstanskaya neft: proshloe, nastoyashchee i budushchee”, Almaty, 1 sentyabr 2019, s. 276-280.
15. *Mammadov K.E., Shikhiyeva L.E.* Neft quyularında yeralti avadanlıqların işleme müddetinin qiymetlendirilməsi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2008, № 2, s. 45-47.
16. *Orynbayev S., Amanbayev E., Alimbayev B. et al.* Internal corrosion propagation in curved sections of steel pipes // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 2019, vol. 4, № 436, pp. 213-221.
17. *Bayramov S.B., Abbasov H.F., Huseynov Sh.Sh. ve b.* Neft quyularının yigim-neql sistemində mexaniki qarışıqların tutulması // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2017, № 3, s. 40-42.
18. *Samini A., Zarinabadi S.* An analysis of polyethylene coating corrosion in oil and gas pipelines // Journal of American Science, 2011, № 7(1), pp. 1032-1036.
19. *Gareev A.K., Nasibullina O.A.* Izuchenie agressivnosti plastovoy vody s pomosh'chyu indeksa nasyshcheniya // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov, Ufa, 2017, № 3 (109), s. 89-96.
20. *GOST 9.602-2016.* Yedinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Sooruzheniya podzemnye. Obshchie trebovaniya k zashchite ot korrozii. Opublikovana v IUS № 1, Moskva, 2021.
21. *Strizhevskiy I.V., Zinevich A.M., Nikol'skiy K.K.* Zashchita metallicheskich sooruzheniy ot podzemnoy korrozii. – Moskva: Nedra, 1981, s. 292.

Qənaətcil sənaye istehsalı və yeni 8S metodologiyasının tətbiqi

V.X. Kərimov, P.H. Məmmədov, i.ü.f.d., V.A. Alquluyev

Bakı Mühəndislik Universiteti

e-mail: vkerimov@beu.edu.az

Açar sözlər: 8S, JIT (Just-In-Time), Kaizen, Kanban, Poka-Yoke, SDS, TPM.

Müasir dövrdə qənaətcil sənaye istehsalının (Lean manufacturing) məqsədi bu istehsalın müəssisələrdə tətbiq edilməsi ilə ətraf mühitə, insanların sağlamlığına və təhlükəsizliyinə zərər vurmadan minimum tullantı ilə maksimum səmərəliyə nail olmaqdır.

Tədqiqatın metodologiyası – qənaətcil sənaye istehsalında 7S metodlarından istifadə edilir və bu üsul Yaponiyanın Toyota firmasının metodologiyasıdır. Lakin son olaraq yeni 8S metodu Qənaətcil istehsalatda yaranan keyfiyyət xərclərinin azaldılması məqsədi daşıyır.

Tədqiqatın tətbiqi əhəmiyyəti – müəssisələrdə istehsalat zamanı yaranan keyfiyyət xərclərinin müəyyən edilməsi və bu xərclərin minimuma endirilməsidir.

Tədqiqatın nəticələri – metal boru və profil istehsal edən müəssisədə məhsul keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması zamanı yaranan xərclər bu xərclərin minimuma endirilməsidir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi – müəssisələrdə müasir istehsalat metodlarının tətbiq edilməsi ilkin olaraq xammal ehtiyatlarına qənaət edilməsinə səbəb olur. Müasir dövrdə geosiyasi vəziyyət ölkə xaricindən təchiz edilən xammal resurslarının vaxtli-vaxtında çatdırılmaması və qiymət məsələsi yeni istehsal metodlarının istifadəsini vacib sayır. Bu baxımdan xammal ehtiyatlarına qənaət etmək üçün istehsal zamanı yaranan xərclərə daxil olan keyfiyyət xərclərinin əhəmiyyətini göstərir.

Бережливое промышленное производство и внедрение новой методологии 8S

V.X. Керимов, П.Х. Мамедов, д.ф.э.н., В.А. Алгулуев
Бакинский инженерный университет

Ключевые слова: 8S, JIT (точно в срок), Кайдзен, Канбан, Пока-Йоке, SDS, TPM.

Целью бережливого промышленного производства (Lean manufacturing) в современную эпоху является достижение максимальной эффективности при минимальных потерях без вреда для окружающей среды, здоровья и безопасности человека путем применения этого подхода в производстве на предприятиях.

Методология исследования – в бережливом промышленном производстве используются методы 7S, разработанные японской компанией Toyota. Однако, в конечном итоге, новый метод 8S направлен на снижение затрат на качество в бережливом производстве.

Прикладная значимость исследования – определение затрат на качество, возникающих в процессе производства на предприятиях, и минимизация этих затрат.

Результаты исследования – минимизация затрат, возникающих в процессе улучшения качества продукции на предприятии, производящем металлические трубы и профили.

Научная новизна исследования – применение современных методов производства на предприятиях в первую очередь направлено на экономию сырьевых ресурсов. В современной геополитической ситуации проблема несвоевременной поставки сырья из-за рубежа и ценовая проблема делают использование новых методов производства важным. В данном контексте это демонстрирует важность учета затрат на качество в составе производственных расходов с целью экономии сырьевых ресурсов.

V.H. Kerimov, P.H. Mammadov, PhD in Ec. Sc., V.A. Alquluyev
Baku Engineering University

Keywords: 8S, JIT (Just-In-Time), Kaizen, Kanban, Poka-Yoke, SDS, TPM.

The purpose of lean industrial production in modern times (Lean manufacturing) is to achieve maximum efficiency with minimum waste without any damage to the environment, human health and safety by applying it in enterprises.

Methodology of the study – 7S methods are used in lean industrial production, and this method is the methodology of the Japanese company Toyota. However, finally, the new 8S method aims to reduce quality costs in lean production.

Applied significance of the study – determining quality costs incurred during production in enterprises and minimizing these costs.

Results of the study – minimizing the costs incurred during product quality improvement in an enterprise producing metal pipes and profiles.

Scientific novelty of the study – the application of modern production methods in enterprises is primarily due to saving raw materials. The current geopolitical situation, the lack of timely delivery of raw materials from abroad and the issue of price make it necessary to use new production methods. In this regard, it shows the importance of quality costs included in the costs incurred during production in order to save raw materials.

Qənaətcil sənaye istehsalının hədəfi minimum tullantı ilə müştərinin tələb etdiyi məhsul və xidməti təhlükəsiz (işçinin sağlamlığı qorunmaqla və avadanlığın təhlükəsiz idarə olunması çox vacib şərt sayılır) şəkildə yüksək məhsuldarlıq və səmərəliliklə istehsal edərək zamanında təhvil verməkdir. Qənaətcil istehsal sistemində diqqət mərkəzində olan əsas aspektlər bunlardır: tullantıların idarə olunması, istehsalat zamanı işçi əməyinin mühafizəsi, avadanlığın təhlükəsiz işləməsi, zamanında təmir-baxımın olması, məhsuldarlıq, səmərəlilik və keyfiyyətə nəzarət. Bu mövzular qənaətcil istehsal anlayışının mənimsənilməsi və icrasını təşkil edir [1–13]. Lakin bu məqalədə sadəcə istehsalat zamanı yaranan tullantıların mahiyyəti və 7S üsulu, həmçinin sonuncu 8S üsulu ilə onların idarə edilməsi, azaldılması və keyfiyyətin yaxşılaşdırılması məsələlərinə toxunulur [1].

Yaponiyanın Toyota İstehsal Sistemindən yaranan qənaətcil, fasiləsiz axın yaratmağa, müştəri tələbi ilə idarə olunan “çəkmə” sisteminin qurulmasına, işçilərin səlahiyyətlərinin artırılmasına və davamlı təkmilləşdirmə mədəniyyətinin təşviqinə diqqət yetirilir. Əlavə olaraq mövcud iqtisadi, siyasi, ekoloji vəziyyət və həmçinin logistika problemləri və xammalın qıtlığı bütün müəssisələri daha da qənaətcil olmağa məcbur edir.

Qənaətcil sənaye istehsalında istifadə edilən texniki vasitələr

7S: lazımsız olan nə varsa iş yerindən uzaqlaşdırmaq səliqə-sahman yaratmaq, təmizlik işləri sağlamlıq və təhlükəsizlik müəssisədə işə həvəsi və motivasiyanın yaradılması strategiya plan proseduru

və təlimatların olması və bunların davamlı olaraq icrasındadır [1].

Kaizen: kiçik və həmçinin artan dəyişikliklər etməklə davamlı təkmilləşdirmə.

Kanban: iş axını və inventarı idarə etməyə kömək edən planlaşdırma sistemi.

Dəyər axınının xəritəçəkmə əsaslı idarəsi: bir məhsulu müştəriyə çatdırmaq üçün tələb olunan xammal-ehtiyat hissələri və məlumat axınının xəritəsini tərtib və təhlil etmək üçün vizual vasitə.

JIT (Just-In-Time): istehsal olunacaq məhsulun sadəcə sifariş olunan miqdarda istehsal edərək səmərəliliyi artırmaq strategiyası. Nəzərə almaq lazımdır ki müasir dövrdə xammal qıtlığı var və xammalın səmərəli istifadəsi tələb olunur.

Poka-Yoke: istehsal prosesində səhvlərin qarşısını almaq üçün hazırlanmış səhvin yoxlanma üsulu.

TPM (Total Productive Maintenance) texniki-təmir işlərinin səmərəliyin ümumi olaraq artırılması: avadanlıq, texnoloji proseslər, idarəetmə və işçilər vasitəsilə istehsalatda keyfiyyətin yaxşılaşdırılması üçün müasir yanaşma.

Qənaətcil sənaye istehsalının prinsipləri

Qənaətcil istehsalın bir neçə əsas prinsipi mövcuddur: məhsulun dəyərinin təyin edilməsi.

Müştərinin məhsul və ya xidmətdə həqiqətən nəyi qiymətləndirdiyini, mövcud və gələcəkdə nəyi tələb etdiyinin müəyyən edilməsidir.

– Dəyər axınının xəritəsi: xammaldan hazır məhsula qədər olan prosesin bütün mərhələlərinin qrafikə salınması, hansı fəaliyyətlərin dəyər əlavə etdiyini və hansının israfçı olduğunun müəyyənəndirilməsi.

– İstehsalat prosesinin (axının) yaradılması: prosesdə (texnoloji avadanlıqlar) olan hər bir addımın (proses daxili) fasilələr və maneələr olmadan irəliləməsinə əmin olunması. Misal olaraq – istehsalat zamanı avadanlığın hər bir hissəsinin istehsalatın planlaşdırılmış zamanı daxilində dayanmadan işləməsidir [2].

– Çəkmə sisteminin yaradılması: tələbat gözləyərək istehsal etməkdənsə, yalnız müştərinin ehtiyac duyduğu məhsulu, ehtiyac duyduğu zaman müddətində istehsal edilməsi vacibdir.

– Mükəmməlliyə nail olmaq: davamlı təkmilləşdirmə (kaizen) mədəniyyətinin inkişaf etdirilməsi, burada hər kəsin davamlı olaraq prosesləri təkmilləşdirməyə və tullantıların yaranmaması yollarını axtarmağa cəlb olunmasıdır.

Qənaətcil sənaye istehsalının üstünlükləri

Artan səmərəlik və məhsuldarlıq: tullantıları aradan qaldırmaqla şirkətlər daha az resursla daha çox istehsal edə bilirlər.

Azaldılmış xərclər: materiallarda, vaxtda və hərəkətdə tullantıların minimuma endirilməsi əhəmiyyətli xərclərə qənaət edir.

Yüksək keyfiyyət: standartlaşdırılmış xüsusiyyətə sahib olan istehsalat proseslərinə və davamlı təkmilləşdirməyə diqqət yetirilməsi səhv və qüsurları azaltmağa kömək edir.

Təkmilləşdirilmiş müştəri məmnuniyyəti: istehsal olunmuş keyfiyyətli məhsulların daha az xərclə, vaxtında və daha yüksək həssaslıqla müştəriyə çatdırılması.

Ətraf mühitin qorunması üçün faydalar: istehsalat zamanı ətraf mühitə buraxılan təhlükəli maye və qaz tullantılarının sıfıra endirilməsi məhz ən vacib məsələ sayılır.

Təkmilləşdirilmiş işçilərin iştirakı: qənaətcil istehsalat anlayışı və tətbiqi – problemlərin həllinə və istehsalat prosesinin təkmilləşdirilməsinə işçiləri cəlb edərək, səlahiyyətləndirmə və davamlı öyrənmə mədəniyyətini yaradır və davamlı olaraq təkmilləşdirir [3].

Azaldılmış tullantılar: istehsalda tullantıların səviyyəsinin aşağı olması, xərclərə qənaətə gətirib çıxarır. Xüsusilə də həm istehsalatda yaranan, həm xammal, həm də hazır məhsulun yaratdığı tullantılardan əlavə olaraq istehsalatdan yaranan və ətraf mühitə atılan zərərli tullantıların da azaldılması (sıfıra endirilməsi) qənaətcil istehsalatın əsas hədəfidir.

Təkmilləşdirilmiş keyfiyyət: davamlı təkmilləşdirmə və səhvlərin azaldılması sayəsində yüksək keyfiyyətli məhsullar.

Artan səmərəlik: resurslardan daha səmərəli isti-

fadə və daha səlis istehsal prosesləri.

Daha çox çeviklik: müştəri tələbindəki dəyişikliklərə daha tez cavab vermək bacarığı.

Artırılmış işçi davranışı: davamlı təkmilləşdirmə proseslərində iştirak daha yüksək iş məmnuniyyətinə və mənaəviyyətinə səbəb ola bilər.

Qənaətcil istehsalat, daha az resursla müştərilər üçün daha çox dəyər yaratmağı, minimum tullantı, təhlükəsiz istehsalat sistemi, istehsal proseslərində səmərəlik və davamlı keyfiyyəti hədəfləyir.

Qənaətcil istehsalda əsas hədəf istehsalat zamanı bütün bilinən tullantıları təyin etmək və onları minimuma endirməklə daha səmərəli və yüksəkkeyfiyyətli məhsul və xidmət yaratmaqdır.

Burada ilk növbədə tullantılar haqqında məlumat verilir. Daha sonra tullantıların azaldılması üsulları verilir. Sonda məqalənin məqsədi olan minimum tullantı ilə keyfiyyətin yaxşılaşdırılması üsulu olan KAİZEN-in 7S üsulu və 6 Siqma üsulu haqqında məlumat verilir.

İstehsalatda tullantıların idarə olunması

Qənaətcil istehsalın prinsipi olan minimum tullantı ilə istehsalatın təşkili müasir dövrdə əsas problemlərdən biri sayılır. Tullantı müştəri baxımından əlavə dəyər yaratmayan hər hansı bir materialdır. Buraya artıq inventar, həddindən artıq istehsal, gözləmə müddətləri, lazımsız istehsalat və işçilik hərəkətləri, qüsurlar və s. aiddir. Tullantıların bu formaları əməliyyatları ləngidir və son istifadəçiyə heç bir fayda vermədən qiymətli resurslardan istifadəni artırır.

İstehsalda yaradılan dəyər axını – müxtəlif vasitələr və alətlər vasitəsilə tullantıların harada baş verdiyini müəyyən etməyə kömək edir. Tullantılar müəyyən edildikdən sonra, tullantıları yaranan problemləri aradan qaldırmaq hədəfə alınır. Məsələn, prosedür və standartlaşdırma proseslərdə olan dəyişkənliyi və səhvləri azaldır, iş yerlərinin təşkili isə alətlər və ya materialların axtarışına sərf olunan vaxtı minimuma endirir.

İstehsalda tullantı növünün müəyyən edilməsi

Səmərəliyi artırmaq və dəyəri maksimuma çatdırmaq üçün tullantıların azaldılması vacib sayılır. Yaranan müxtəlif növ tullantıları və onların yaranma səbəblərini müəyyən etmək böyük əhəmiyyət daşıyır.

Məhsulun istehsalı zamanı yaranan tullantılar və növləri

– Alıcıdan alınan xammal (hazır məhsula aid əsas giriş xammalıdır. Aşağıda bəzi məhsullara aid xammal siyahısı verilib) tullantıları.

– Alıcıdan alınan əlavə yardımçı materiallarda yaranan tullantılar (məsələn yardımçı materiallar – kimyəvi maddələr, yağlar və s.). Bu kimyəvi maddələr anbara daxil olan zaman çox vaxt onların keyfiyyəti yetərincə olmur. Həmçinin anbarda saxlanma şəraitinin yetərli olmaması əlavə maddələrin yararsız olmasına gətirib çıxarır və bu tullantıya səbəb olur. Hər bir kimyəvi maddənin SDS-i (Safety Data Sheet) və uyğunluq sertifikatı olmalı və SDS də verilən saxlanma şəraitinə əməl edilməlidir. SDS məhsulun təhlükəsizlik sənədidir.

– İstehsal olunan məhsulun istehsalı prosesində istifadə edilən əlavə materiallar. Aşağıda bəzi məhsullara aid əlavə materialların siyahısı verilib yaranan tullantılar. Onların yararsız olması və s.

– Ayar tullantısı: bir ölçü və digər xüsusiyyətləri olan məhsuldan başqa birinə keçən zaman yaranan tullantılar.

– Dayanmalardan yaranan tullantılar: materialları, məlumatları və ya növbəti proses addımını gözləməyə sərf olunan zaman yaranan tullantılar (məsələn bəzi avadanlıqlar müəyyən temperatur ilə işləyir). Avadanlıq dayanan zaman soyuma baş verir və istehsalat başlayan zaman müəyyən qədər tullantının yaranması ehtimalı olur. Məsələn avadanlıqlarda enerji kəsilməsi və ya enerjide zəifləmələr olarsa, o zaman avadanlıq dayana bilir və bu zaman istehsal olunan məhsul tullantısı yaranır.

– Müəssisədaxili daşımalar: materialların və ya məhsulların lazımsız yerdəyişməsi zamanı yaranan tullantılar.

– Anbarda yaranan tullantılar: xammal, ehtiyat hissələri, əlavə materiallar və hazır məhsulun saxlanması şəraitinin yetərli olmaması ilə əlaqədar yaranan tullantılar. Məsələn metal məhsulun paslanması, məhsulların istifadə müddətinin bitməsi, kimyəvi maddələrdə keyfiyyət problemləri və s.

– Lazımsız yerdəyişmə zamanı: insanların və ya avadanlıqların lazımsız yerdəyişməsi zamanı yaranan istehsalat tullantısı;

– Həddindən artıq istehsalat: məhsul üzərində müştərinin tələb etdiyindən daha çox iş görmək. Plandan kənar istehsalat.

– İşçi xətası ilə yaranan tullantılar – məhsulda yaranan qüsurlar: keyfiyyət standartlarına cavab verməyən məhsullar.

– İstehsalın son mərhələsi olan paketləmə və ya yığım zamanı yaranan məhsul tullantısı.

– İstehsal olunmuş hazır məhsulun müştəriyə daşınması zamanı yaranan tullantılar.

– Müştərinin məhsulu hansı şəraitdə saxlaması və istifadəsi (məsələn marketlərin məhsulu saxlaması və 3-cü müştəriyə satması öncəsi) zamanı yaranan

tullantı (bəzən bu məhsullar geri qayıdır).

– Avadanlıqda yaranan texniki qüsurlar səbəbindən yaranan tullantı.

– Təmir-xidmət zamanı yanlış avadanlıq hissələrinin quraşdırılması zamanı yaranan tullantılar.

– Hidden waste (gizlənmə tullantı) İstehsalat zamanı yaranan zərərli qaz və maye tullantıları. Bu tullantıların da ətraf mühitə buraxılması sifirə endirilməli və təkrar emal edilməlidir. Gələcəkdə avadanlıqların daha da təkmilləşdirilməsi bu tip tullantıların minimuma endirilməsini vəd edir və bu ümumi tullantıların yaranmasını minimuma endirməklə xərcləri də azaltmağa, məhsuldarlığı və səmərəliliyi artırmağa gətirib çıxarır. Bu tullantı xərcləri çox vaxt istehsalat xərclərinə əlavə edilmir. Lakin bu ümumi tullantı xərclərinə əlavə edilməli və nəticədə istehsalat xərçininin bir hissəsini təşkil etməlidir.

Həmçinin avadanlıqlarda istehsalat tullantılarını minimuma endirmək və səmərəliliyi artırmaq üçün nəzərdə tutulan məqsəd bir istehsalat strategiyasıdır. O, prosesləri sadələşdirmək, xərcləri azaltmaq və səmərəsizliyi aradan qaldırmaqla daha az resursla müştərilər üçün daha böyük dəyər yaratmağa hədəfləyir. Bu yanaşma davamlı təkmilləşdirməyə üstünlük verir, insanların iştirakını qiymətləndirir və standartlaşdırılmış iş prosedurlarını təşviq edir.

Tullantıları minimuma endirmək üçün istifadə olunan vasitələr:

– IoT sensorları (Internet of tools): qoşulmuş sensorlar yaranan tullantıları izləməyə, dövrü müddətlərini qeyd etməyə və rədd edilmiş hissələri müəyyən etməyə imkan verir. Aşağıdakı şəkildə sensorların internetlə əlaqəli işləyərək müəssisədə avadanlığa və həmçinin bütün fəaliyyətlərə nəzarət imkanı verir. Sensor növləri şəkil 1-də göstərilib.



Şəkil 1. Sensor növləri

– CMMS (Computerized maintenance management system) platformaları: kompüterləşdirilmiş texniki idarəetmə sistemi (CMMS) proqram təminatı – məlumatları mərkəzləşdirmək, təmir işinə olan sifarişləri avtomatlaşdırmaq və avadanlıqların performansını izləməklə onların texniki xidmət əməliyyatlarını idarə etməyə və sadələşdirməyə kömək edən proqramdır. Bu sistem səmərəliliyi artırır, dayanma müddətini azaldır və texniki

xidmət fəaliyyətləri ilə bağlı qərarların qəbulunu dəstəkləyir.

– İstehsalın icra sistemləri (MES – Manufacturing execution systems).

Bu, xammalın hazır məhsula çevrilməsini izləmək və sənədləşdirmək üçün istehsalda istifadə olunan kompüterləşdirilmiş sistemdir. MES istehsal məhsuldarlığını yaxşılaşdırmaq üçün mövcud şəraitin necə optimallaşdırıla biləcəyini anlamağa kömək edən məlumat təqdim edir. MES istehsal prosesinin çoxsaylı elementlərinə nəzarət etmək üçün real vaxt rejimində monitoring sistemi kimi işləyir və istehsalat göstəricilərinin real vaxt rejimində izlənməsini təmin edir.

– Edge computing + AI(Artificial intelligence-Süni İntellekt): kənar hesablama cihazları və Süni İntellekt-i birləşdirmək səmərəsizliyi izləməyə və düzəldici tədbirlər təklif edə bilər. Bu mərkəzləşdirilmiş və ya paylanmış olsun, məlumat mənbələrinə daha yaxın olan qəbul nöqtəsində məlumatları emal edən texnologiyadır.

– Vizual panellər (Visual dashboards): vizual panellər işçi briqadalarına tullantıları tez bir zamanda müəyyən etməyə və onun mənbəyini dəqiqləşdirməyə imkan verir. Vizual idarə panelləri məlumatları qrafik formatda göstərən alətlərdir və bir baxışda əsas performans göstəricilərini (KPI) və digər mühüm ölçüləri başa düşməyi və təhlil etməyi asanlaşdırır. Buraya mürəkkəb məlumatları sadələşdirilmiş və interaktiv şəkildə təqdim etmək üçün diaqram, qrafik və cədvəllər daxildir.

– 7S və yeni 8S metodu.

– Altı siqma üsulu.

Qənaətcil istehsalatda 7S və yeni 8S metodu

7S müəssisələrdə təhlükəsizlik mədəniyyətini və komanda ruhunu özündə birləşdirmək üçün yenilənmiş yeni metodologiyadır. Məqalədə həm 7S həm də 8S metodologiyasının tətbiqi müasir istehsalatda səmərəliliyin, keyfiyyətin və təhlükəsizlik göstəricilərinin artırılmasına sistemli yanaşma kimi təsvir edilir. 7S yanaşması səliqəli, təhlükəsiz və mütəşəkkil iş mühitini vurğulayaraq effektiv bir Qənaətcil istehsalat və davamlı təkmilləşdirmə səyləri üçün zəmin yaradır. 7S-in sistemlik tətbiqi işçilərin əməyinin sağlamlığı və təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq üçün OHSAS 18001 kimi beynəlxalq standartların tətbiqini tələb edir. Lakin 8S-in tətbiqi yaranan istehsalat xərclərinin bir hissəsi olan keyfiyyət xərclərinin azaldılmasını ifadə edir. Tədqiqatın nəticələri 7S-in hərtərəfli tətbiqi ilə gecikmələr, yetərsiz istifadə edilən istehsalat

ərazisi və təhlükəsizlik tədbirlərinə uyğunsuzluq kimi istehsalat problemlərinin aradan qaldırılmasını ifadə edir. 8S isə əməliyyat performansını ilə əlaqələndirilir – təşkilatın ümumi keyfiyyətinə, məhsuldarlığına və səmərəliliyinə təsir edən əməliyyat performansını açıq şəkildə ifadə edir.

7S KAIZEN (Yaponiyanın Toyota müəssisəsi tərəfindən tətbiq etdiyi keyfiyyətin ümumi idarə olunması metodudur) bir inkişaf metodikasidir və keyfiyyətin yaxşılaşdırılması istiqamətində mühüm rol oynayır. Qənaətcil istehsalatda keyfiyyətin ölçülməsi, məhsul və xidmətin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması, xüsusilə də keyfiyyətin qorunması tədbirləri tullantıların yaranmasını əngəlləyir və tullantıları minimuma endirir. Yeni 8S üsulu isə qənaətcil istehsalatda daha da irəli gedərək davamlı inkişafa sürət verir.

7S və 8S sistemi müəssisələrdə idarə etmənin effektiv təşkilinə diqqət yetirən əsas qənaətcil metodlarından biridir.

8S: müəssisələrdə sağlamlıq və təhlükəsizlik, iş həvəsi və motivasiyanın yaradılması, strategiya, plan, prosedur və təlimatların olması və bunların davamlı olaraq icrasındadır. O 8S addımını özündə birləşdirir və aşağıda hər bir S addımına nəzər yetirək.

1. **Sort** (lazımsız olan avadanlıq, əl alətləri və digər materiallar ərazidən uzaqlaşdırılmalıdır).

Bu, iş yerində lazımsız olan materialların kənarlaşdırılması olan 7S yanaşmasının ilk addımıdır. İstifadə edilməyən əl alətlərini, xammalları, ehtiyat hissələrini, zədələnmiş və istifadəyə yararsız avadanlıqları və hər hansı digər hissələri iş yerindən kənarlaşdırmaq mənasını ifadə edir.

2. **Set in Order** (hər alət və yardımçı avadanlıq səliqəli şəkildə və hər biri öz yerində prinsipi ilə yığılmalıdır).

Bu ikinci addım elementləri qaydaya salmaq, iş axınına yaxşılaşdırmaq, alətləri və materialları ən uyğun şəkildə yerləşdirməkdir. Bu addımın məqsədi işi nizamlı şəkildə təşkil etmək və əşyaların axtarışına sərf olunan vaxtı azaltmaqdır.

3. **Shine** (parıldamaq – yəni tam şəkildə ərazinin təmiz saxlanmasıdır).

Arzuolunmaz və ya istifadə olunmayan alətlər, xammallar, ehtiyat hissələri çıxarıldıqdan və iş yeri qaydaya salındıqdan sonra növbəti addım iş yerini səliqəyə salmaq və təmizləməkdir. Bu addım iş yerindən hər cür çirklənmənin və səliqəsizliyin aradan qaldırılmasını əhatə edir.

4. **Standardize** (1. Standartlaşdırmaq və hər bir iş üçün prosedur və təlimat hazırlamaq, onları müntəzəm olaraq təkmilləşdirmək. 2. Məhsul və

xidmətin keyfiyyət xüsusiyyətinin standartlaşdırılmasıdır).

Müəssisənin fəaliyyət siyasətləri, standart əməliyyat prosedurları (SOPs – Site Operation Procedure), sahənin istismarı təlimatı (SOI – Site Operation Instruction), önləyici təmir planı, texniki baxış planları, sağlamlıq, fəvqəladə hal planı, təhlükəsizlik və ətraf mühit planları və prosedurları olmadan, həmçinin başqa şöbə plan və prosedurları olmadan müəssisə xətalər və dəyişikliklərin baş verdiyini aşkar edə bilmir. Bu addım müəssisələrə ümumi keyfiyyətin yaxşılaşdırılması üçün iş yerində davamlı təkmilləşdirmə təşəbbüsünü gücləndirmək üçün standartlaşdırılmış siyasətlər, proseslər və prosedurlar yaratmağı tələb edir. Bundan əlavə, təhlillər, yoxlama sənədləri və fəaliyyəti izləmə qeydiyyatının olması da vacib sayılır. Burada həmçinin hazır məhsulun keyfiyyət xüsusiyyətinin standartlaşdırılması nəzərə alınır və bu müəssisənin strategiyasının təməli sayılır. Çünki müəssisənin rəqabətçi və dəyişən bazarda mövcudluğu məhz standartlaşdırılmış keyfiyyət xüsusiyyətlərinə sahib olmasıdır. Bu standartlar ilk növbədə insanların sağlamlığına və ətraf mühitə zərər vurmamalı və davamlı olaraq təkmilləşdirilməlidir.

5. **Sustain** (bütün qeyd edilən S-ləri davamlı olaraq qorumaq və tətbiq etmək).

Bu addım – iş yerinin səliqəli saxlanması və yuxarıda qeyd edilən addımların icrasını izləməlidir. Keyfiyyətə nəzarəti saxlamaq üçün bütün 7S addımları davamlı olmalıdır. İldə ən azı bir dəfə bütün işçilərin təhlükəsizlik və iş bilikləri yoxlanılmalı və təkmilləşdirilməlidir.

6. **Safety** (təhlükəsizlik və ya işçi əməyinin, avadanlığın və ətraf mühitin mühafizəsini yaratmaq və davamlı olaraq təmin edərək təkmilləşdirmək).

Personell safety, Process safety and Environmental Safety (İşçilərin təhlükəsizliyi, avadanlığın təhlükəsizliyi və ətraf mühitin təhlükəsizliyi).

Müasir qənaətçi istehsalat sistemində ilk növbədə işçi əməyinin mühafizəsi və avadanlıqların təhlükəsiz şəkildə istismar olunaraq ətraf mühitin qorunması önə çəkilir. Avadanlığın təhlükəsiz istismarı avadanlığın həm işçilərə həm də ətraf mühitə olan zərərini minimuma endirir.

Təhlükəsizlik – təhlükələrin, ölümlə nəticələnən qəzaların, xəsarətlərin və ölümlərin qarşısının alınması da daxil olmaqla, effektiv təhlükəsizliyin idarə edilməsi üçün bir vasitədir. Təhlükəsiz iş mühiti 7S-i əməyin mühafizəsi və təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsi seriyası

(OHSAS – Occupational Health and Safety Assessment) ilə inteqrasiya etməklə yaradılır.

Təhlükəsizlik, təşkilatın 1993-cü il tarixli 85 sayılı İş sağlamlığı və təhlükəsizliyi qanununun (OHS) qaydalarına riayət etməsini təmin etmək üçün çoxşaxəli yanaşmadır. Bu Akt 7S metodologiyası ilə əlaqələndirilir.

7. **Spirit**. Müəssisə işçilər arasında işə olan həvəsi artırmaq – müəssisənin ilk məqsədi və hədəfi hər bir işçinin məqsədi prinsipini həyata keçirmək.

Bu addım “hər bir işçidə ruh yüksəkliyi və ya işə həvəs”in yaranmasını vurğulayır. 7S metodologiyası kollektiv iş mədəniyyətini təşviq etmək və işçilərin ruh yüksəkliyini yaxşılaşdırmaq, bilik və bacarıqları bölüşmək üçün təşkilat tərəfindən qəbul edilir. Komanda ruhu mədəniyyəti yaradır.

8. **Save of Quality Cost** (yaranan keyfiyyət xərclərinin azaldılması). Müəssisə ilk növbədə yaranacaq keyfiyyət xərclərini müəyyən edir və bu xərcləri azaltmaq üçün tədbirlər icra edir. Məqalənin əsas prinsipi məhz bu üsulu açıqlamaq və bir praktiki hesablama təqdim etməkdir.

Keyfiyyət xərcləri

Keyfiyyət xərci (COQ-Cost of Quality) müəyyən edilmiş keyfiyyət tələblərinə cavab verməyən məhsul və ya xidmətlərin istehsalının ümumi maliyyə təsirini kəmiyyətcə qiymətləndirən anlayışdır. Bu müəyyən keyfiyyət səviyyəsinə nail olmaq üçün tələb olunan sərmayəni əks etdirən keyfiyyəti qiymətindən fərqləndirməkdir. Bu, həm aşağı keyfiyyət daxil olmaqla, keyfiyyətlə bağlı bütün fəaliyyətlərin hərtərəfli xərclərini əhatə edir. Keyfiyyət xərci əhəmiyyətli bir xərci təmsil edir və keyfiyyət məsələlərinə etinasız yanaşmanın maliyyə nəticələrini göstərir. Müəssisələr bütün fəaliyyət dövründə keyfiyyətə üstünlük verməklə çox ciddi səhvlərin qarşısını almaq və davamlı olaraq müştəri gözləntilərinə cavab verən məhsul və ya xidmətlər təqdim edə bilirlər. Əslində keyfiyyət xərci (COQ) məhsul və ya xidmətlərdə qüsurların qarşısının alınması, müəyyən edilməsi və aradan qaldırılması üçün nəzərdə tutulmuş fəaliyyətlərdə ümumi xərcləri ölçür. Bu müəssisə daxilində keyfiyyətsizliyin maliyyə nəticələrini qiymətləndirmək üçün dəyərli vasitədir. Bundan əlavə, o, müxtəlif keyfiyyət idarəetmə yanaşmalarının müqayisəli təhlilinə imkan verir, resursların bölüşdürülməsi və keyfiyyətin yaxşılaşdırılması strategiyaları ilə bağlı məlumatlı qərarların qəbulunu dəstəkləyir.

Keyfiyyət xərclərinin dörd növü

Keyfiyyətlə əlaqəli əsas xərclərin növləri var: qoruyucu və ya önləyici xərclər: Bunlar işçilərin təlimi və ya keyfiyyətə nəzarət metodlarına çəkilən xərclərdir və daha öncədən qüsurların qarşısını almaq üçündür.

Qiymətləndirmə xərcləri: bunlar məhsulların sınaqdan keçirilməsi və ya müştəri sorğularının aparılması kimi qüsurları müəyyən etmək üçün çəkilən xərclərdir.

Müəssisə daxilində yaranan məhsul qüsurları. Bunlar məhsul və ya xidmətin müştəriyə çatdırılmazdan əvvəl qüsurlar aşkar edildikdə, məsələn, yenidən işlənmə kimi çəkilən xərclərdir.

Müəssisə xaricində yaranan məhsul qüsurları. Bunlar məhsul və ya xidmətin müştəriyə çatdırıldıqdan sonra çəkilən xərclərdir. Keyfiyyətin dəyərini hesablamaq üçün bu dörd kateqoriyanın hamısı nəzərə alınmalıdır. Məqsəd müəssisənin gəlirliliyini artırmaq üçün keyfiyyətin ümumi dəyərini minimuma endirməkdir.

Keyfiyyətin xərci sadəcə maliyyə tədbirindən daha çox bir qərarvermə vasitəsidir. Müəssisələr xərcləri kateqoriyalara bölməklə, vəsaitlərinin hara xərcləndiyini və keyfiyyətin yaxşılaşdırılmasına qoyulan investisiyaların daha çox hansı istiqamətdə təsir edəcəyini görə bilirlər.

Keyfiyyət xərclərinin hesablanması əhəmiyyəti

Strateji üstünlük. COQ-ni aktiv şəkildə ölçən və idarə edən təşkilatlar keyfiyyəti rəqabət üstünlüyünə çevirir, israfı azaldır və gəlirliliyi artırır.

Resursların bölgüsü. COQ maksimum effekt əldə etmək üçün vəsaitin hara ayrılacağını müəyyən etməyə kömək edir. Qüsurların qarşısının alınması yaranan qüsurların sonradan aradan qaldırılmasından daha ucuz başa gəlir və bu xüsusilə xammal ehtiyatlarına qənaət etməyə səbəb olur və resurs planlamasına müsbət təsir edir.

Xərclərin müqayisəsi. İstehsal olunan məhsul və xidmət qüsurunun qarşısının alınması yəni önləyici xərclərinin, yaranan qüsurların aradan qaldırılması xərcindən yüksək olması riski varsa, mütləq bu problem təhlil olmalı, araşdırılmalı və həll olunmalıdır.

Sənaye çevikliyi. COQ modeli istehsal və tikintidən tutmuş səhiyyə, proqram təminatı və müştəri xidmətlərinə qədər istənilən məhsul və ya xidmətə aiddir.

Ümumi xərc görünüşü. Bu, qarşısının alınması, qiymətləndirmə, daxili uğursuzluqlar və xarici uğursuzluqlar daxil olmaqla, keyfiyyətlə bağlı bü-

tün xərclərin cəmini vurğulayır.

Risiklərin idarə edilməsi. COQ-dan istifadə zamanət iddiaları, itirilmiş müştərilər və ya brend reputasiyasına ziyan kimi keyfiyyətsiz gizli xərcləri aşkar etməyi asanlaşdırır. Bundan əlavə, keyfiyyətin dəyəri maraqlı tərəflər arasında keyfiyyətin əhəmiyyəti və ona nail olmaq üçün xərclər haqqında ünsiyyəti yaxşılaşdırmağa kömək edir. Bu keyfiyyətin idarə edilməsində mühüm konsepsiyadır. Bu keyfiyyətin müxtəlif aspektlərinin maliyyə təsirini qiymətləndirmək üçün istifadə edilə bilən bir vasitədir. Məsələn, keyfiyyətin dəyərini qiymətləndirmək üçün istifadə edilə bilər: keyfiyyətsizliyin dəyəri keyfiyyət standartlarına uyğunluğun dəyəri və məqbul keyfiyyətin dəyəri. Maliyyə faydaları ilə yanaşı, keyfiyyətin dəyəri də layihənin ümumi keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa kömək edə bilər. Keyfiyyətlə bağlı müxtəlif fəaliyyətlərin dəyərini nəzərə almaq, layihə menecerlərinə resursları hara ayırmaq barədə daha məlumatlı qərarlar qəbul etməyə kömək edə bilər. Bu da öz növbəsində layihənin keyfiyyətinin yaxşılaşmasına səbəb ola bilər.

Keyfiyyət xərcinin dəyərləri (COQ) iki əsas komponenti əhatə edir: uyğunluq və uyğunsuzluq dəyərləri. Bu komponentləri başa düşmək keyfiyyətin effektiv idarə edilməsi və maliyyə planlaması üçün vacibdir. Uyğunluq dəyəri məhsul və ya xidmətlərin müəyyən edilmiş tələblərə və müştəri gözləntilərinə cavab verməsini təmin etmək üçün tələb olunan investisiyanı təmsil edir. Uyğunsuzluğun dəyəri məhsul və ya xidmətlər müəyyən edilmiş tələblərə və müştəri gözləntilərinə cavab vermədikdə baş verən maliyyə təsirini əks etdirir. Formula komponentləri keyfiyyətin dəyəri aşağıdakı düsturlarla hesablanı bilər.

Keyfiyyətin uyğunluğu (xərci) dəyəri = Qarşısının alınması xərcləri + Qiymətləndirmə xərcləri dəyəri = Daxili uğursuzluq xərcləri + Xarici uğursuzluq xərcləri

Total Cost of Quality (Ümumi keyfiyyət xərci):
COQ (Cost of Quality) – KX

C – Quality Compliance (keyfiyyət xüsusiyyətinə olan uyğunluq)

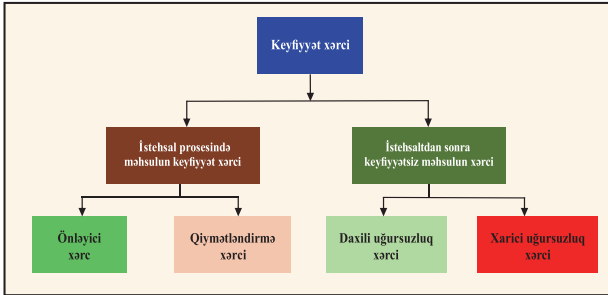
N – Quality Non-Compliance (keyfiyyət xüsusiyyətinə olan uyğunsuzluq)

Standart COQ hesablama metodu COQ-un hesablanması üçün ən çox qəbul edilmiş yanaşma keyfiyyətlə bağlı xərclərin hərtərəfli görünüşünü təmin edən uyğunluğun qiyməti/uyğunsuzluğun dəyəri (C/N) metodudur. Keyfiyyətin ümumi

dəyəri formulu:

$$COQ = C + N$$

C/N metodu KX-nin hesablanması üçün sadələşdirilmiş yanaşma təklif etsə də, hərtərəfli təhlildən daha çox təməl çərçivəni təmin edir. Bu üsul keyfiyyət xərclərinin qiymətləndirilməsinə başlayan müəssisələr üçün əla başlanğıc nöqtəsi kimi xidmət edir. Bununla belə, hərtərəfli keyfiyyətin idarə edilməsi üçün müəssisələr tam keyfiyyət xərcləri strategiyasını hazırlayarkən fürsət xərcləri, müştəri məmnuniyyəti ölçüləri və brend məhsulun uzunmüddətli təsiri kimi əlavə amilləri nəzərə almalıdırlar (şəkil 2).



Şəkil 2. Keyfiyyət xərclərinin sinifləndirilməsi

Uyğunluq və uyğunsuzluq xərcləri layihənin idarə edilməsi ilə bağlı bir sıra müxtəlif növ xərclər mövcuddur. Lakin burada iki əsas xərc növünə diqqət yetirəcəyik: uyğunluq və uyğunsuzluq xərcləri. Uyğunluq xərcləri layihənin tələblərinə əməl etmək üçün çəkilən xərclərdir. Digər tərəfdən, uyğunsuzluq xərcləri, layihənin tələblərə cavab vermədiyi zaman çəkilən xərclərdir. Beləliklə, bu iki növ xərc arasındakı əsas fərqlər nələrdir? Uyğunluq xərcləri əvvəlcədən çəkilir. Uyğunsuzluq xərcləri faktdan sonra çəkilir. Uyğunluq xərcləri adətən tənzimləyici tələblərə cavab vermək üçün çəkilir. Uyğunsuzluq xərcləri adətən layihə zamanı yaranan problemləri həll etmək üçün çəkilir. Uyğunluq xərcləri qabaqlayıcıdır. Uyğunsuzluq xərcləri düzəldicidir. Uyğunluq xərcləri istehsaldan əvvəl çəkilir. Uyğunsuzluq xərcləri istehsal zamanı və ya istehsaldan sonra yaranır. Keyfiyyətli məhsul və ya xidmətin təmin edilməsi üçün uyğunluq xərcləri zəruri olsa da, layihəyə lazımsız xərclər də əlavə edə bilər. Buna görə də, uğurlu layihəni təmin etmək üçün uyğunluq və uyğunsuzluq xərcləri arasında tarazlıq yaratmaq vacibdir. İdarəetmədə Keyfiyyət xərcləri nümunələri keyfiyyət menecmenti məhsul və xidmətlərin ardıcıl olaraq müştəri tələblərinə cavab verməsini və ya ondan artıq olmasını təmin edərək təşkilati uğurun təməl daşı kimi xidmət edir. Bununla belə, hərtərəfli keyfiyyət idarəetmə sistemlərinin tətbiqi

əhəmiyyətli maliyyə sərmayəsi və strateji resursların ayrılması tələb edir.

Layihə idarəetməsində strateji tətbiqlər keyfiyyətin dəyəri layihənin effektiv idarə edilməsində, xüsusən də aşağıdakı sahələrdə əsas mülahizədir: qüsurların qarşısının alınması resursların bölüşdürülməsi: qüsurların qarşısının alınması üçün resursları strateji olaraq ayıran təşkilatlar məhsulun təmiri, dəyişdirilməsi və müştərilərin aradan qaldırılması səyləri ilə bağlı xərclərdən qaçaraq əhəmiyyətli xərclərə qənaət edir. Təsirin qiymətləndirilməsi və prioritetləşdirilməsi: qüsurların təsirlərinin sistematik qiymətləndirilməsi vasitəsilə təşkilatlar ən bahalı keyfiyyət məsələlərini müəyyən edə və ilk növbədə yüksək təsirə malik sahələrə müraciət etmək üçün resursların bölüşdürülməsinə strateji üstünlük verə bilərlər.

Keyfiyyət təminatının tətbiqi: Kompleks keyfiyyət təminatı prosedurları məhsulların ardıcıl olaraq müştəri gözləntilərinə cavab verməsini təmin edir, eyni zamanda müştərilərin narazılığı, geri qaytarma və zəmanət iddiaları ilə bağlı xərcləri minimuma endirir. Keyfiyyətin dəyəri həm qabaqlayıcı tədbirləri, o cümlədən dizayn keyfiyyətinin nəzərdən keçirilməsini, sahə sınaqlarını və prosesin yoxlanmasını, həm də məhsulun ixtisas testi və yenidən işləmə prosedurları kimi düzəldici tədbirləri əhatə edir. Keyfiyyətli məsrəflərə bir yük kimi baxmaq əvəzinə, perspektivli təşkilatlar onları uzunmüddətli gəlirlilik və rəqabət üstünlüyünü təmin edən strateji investisiyalar kimi qəbul edirlər.

Keyfiyyətə görə xərclərin icra təlimatları

Əgər siz keyfiyyət dəyərini layihənin idarə edilməsi çərçivəsinə daxil etməyi düşünürsünüzsə, bu əsas qaydalara əməl edilməlidir: əsas anlayışın yaradılması: Keyfiyyət prinsiplərinin dəyəri və onların strateji əhəmiyyəti haqqında hərtərəfli anlayışı inkişaf etdirin. Bu əsas sizə vacib keyfiyyət fəaliyyətləri ilə kritik olmayan xərclər arasında fərq qoymağa imkan verəcək. Keyfiyyət xərclərini sistematik olaraq təsnif edin: keyfiyyət xərclərinin dörd əsas növünü müəyyənləşdirin və təsnif edin: qarşısının alınması xərcləri, qiymətləndirmə xərcləri, daxili uğursuzluq xərcləri və xarici uğursuzluq xərcləri. Maraqlı tərəfləri birgə cəlb edin. Uyğunlaşma, konsensus və real xərc proqnozlarını təmin etmək üçün keyfiyyətin müəyyən edilməsi prosesinə bütün müvafiq maraqlı tərəfləri cəlb edin. Layihəyə xüsusi uyğunluğu qiymətləndirin: xüsusi layihə kontekstiniz və məqsədləriniz üçün hansı xərc kateqoriyalarının ən uyğun və təsirli

olduğunu qiymətləndirin. Strateji olaraq prioritetləşdirin: qərar qəbulunu məlumatlandırmaq üçün keyfiyyətli məlumatların dəyərindən istifadə edin və onların maliyyə təsiri və risklərin azaldılması potensialı əsasında keyfiyyətlə bağlı tapşırıqları prioritetləşdirin. Təchizatçı əlaqələrini gücləndirin: layihə standartlarına uyğun keyfiyyətli məhsul və xidmətlərin ardıcıl çatdırılmasını təmin etmək üçün təchizatçılar və təchizatçılarla möhkəm tərəfdaşlıq əlaqələri qurun. Davamlı olaraq monitorinq edin və tənzimləyin: layihənin həyat dövrü ərzində keyfiyyət göstəricilərinin dəyərinin davamlı monitorinqini həyata keçirin, şərait dəyişdikcə dataya əsaslanan düzəlişlər edin. Keyfiyyətin təminatı və keyfiyyətə nəzarət fəaliyyətləri isteye bağlı xərclərdən daha çox zəruri investisiyaları təmsil edir. Keyfiyyətin dəyəri bu mühüm layihə idarəetmə funksiyaları ilə bağlı bütün xərcləri əhatə edir.

Keyfiyyət xərclərinin hesablanması faydaları

Layihənin idarə edilməsində keyfiyyətin xərclərini minimuma endirməyin aydın üstünlükləri var. Keyfiyyətlə bağlı xərcləri başa düşmək və ona nəzarət etməklə, müəssisələr səmərəlilik və uzunmüddətli dəyər əldə edirlər.

Xərclərin azaldılması: keyfiyyətin dəyərinin effektiv idarə edilməsi israfın, lazımsız yenidən işlərin və əməliyyat səmərəsizliyinin qarşısını alır. Problemləri erkən həll etməklə və qüsurları minimuma endirməklə, təşkilatlar uzun müddətdə vəsaitə qənaət edirlər. Daha az səhv əmək və resurs xərclərinin azaldılması, nəticədə layihənin davamlı çatdırılmasını təmin etməklə yanaşı gəlirliliyin artması deməkdir.

Keyfiyyətin yaxşılaşdırılması: keyfiyyət xərclərinin minimuma endirilməsi proseslərin dəqiqləşdirilməsini və səhvlərin azaldılmasını təmin edir. Bu, davamlı olaraq daha yaxşı məhsul və ya xidmətlərə gətirib çıxarır, çünki qüsurların və yenidən işlərin qarşısı alınır. Keyfiyyət standartlarına əvvəlcədən cavab verildikdə, komandalar daim səhvləri düzəltməkdənsə, daha çox innovasiyaya diqqət yetirə bilərlər.

Artan müştəri məmnuniyyəti. Yüksək keyfiyyətli nəticələr təbii olaraq müştəri inamını və sədaqətini artırır. Layihələr müştərilərin gözlədiklərini qüsursuz və ya gecikmə olmadan təqdim etdikdə, məmnunluq artır. Bu, təkcə təkrar biznesi təmin etmir, həm də nüfuzunu artırır, təşkilatlara rəqabətli bazarlarda fərqlənməyə və daha çox uzunmüddətli müştəriləri cəlb etməyə kömək edir.

Keyfiyyətin dəyərini minimuma endirmək üçün layihə menecerləri müxtəlif növ məsrəflərdən və onlara necə nəzarət edilə biləcəyindən xəbərdar olmalıdırlar.

Keyfiyyət xərclərinin 4 növü təftiş və sınaq kimi keyfiyyətə nəzarət tədbirlərinə sərmayə qoymaqla təşkilatlar müştəri məmnuniyyəti problemlərinə, məhsulun geri çağırılmasına və digər problemlərə səbəb ola biləcək bahalı səhvlərdən qaça bilər.

Uyğunluq xərci

Uyğunluq dəyəri (CoC) layihənin onun keyfiyyət tələblərinə cavab verməsini təmin etmək üçün xərclənən ümumi resursları – bir sözlə, işləri düzgün yerinə yetirmək xərclərini əks etdirir. Buraya yoxlamalar, auditlər, sınaqlar, prosesə nəzarət, təlim və sənədləşdirmə kimi keyfiyyətin təminatı fəaliyyətləri üzrə xərclər daxildir. CoC mühüm layihə idarəetmə göstəricisidir, çünki o, keyfiyyətin saxlanması maliyyə təsirinin kəmiyyətini müəyyənləşdirməyə kömək edir və hara investisiya etmək barədə məlumat əsasında qərarları dəstəkləyir. CoC-ni başa düşmək layihə menecerlərinə keyfiyyət və qiymət arasındakı fərqləri qiymətləndirməyə imkan verir. Məsələn, əgər müəyyən bir standarta uyğunlaşmanın dəyəri gözlənilən faydaları üstələyirsə, layihənin sponsoru daha aşağı uyğunluq səviyyəsini seçə və ya təkmilləşdirmələrə mərhələli yanaşma tətbiq edə bilər. Praktiki təhlil üçün uyğunluğun dəyəri adətən qarşısının alınması xərclərinə (nöqsanların yaranma ehtimalını azaldan investisiyalar) və qiymətləndirmə xərclərinə (çatdırılmadan əvvəl qüsurları aşkar edən fəaliyyətlər) bölünür. Qarşısının alınması xərcləri məhsul və ya sistemin uğursuzluğunun qarşısını almaq üçün çəkilən xərclərdir. Bu xərclər layihənin dizayn, inkişaf və istehsal mərhələlərində çəkilir.

Önləyici (qarşısının alınması) xərclər

Bu tez-tez qiymətləndirmə xərcləri və uğursuzluq xərcləri ilə müqayisə edilir. Mümkün problemləri uğursuzluqlara səbəb olmamışdan əvvəl müəyyən etmək üçün qiymətləndirmə xərcləri çəkilir. Məhsul və ya sistem sıradan çıxdıqda və təmir edilməli və ya dəyişdirilməli olduqda uğursuzluq xərcləri yaranır. Onlar həmçinin qarşısı alınmayan xərclər və ya perspektiv xərclər kimi tanınırlar. Onlar layihənin cari mərhələsində müvafiq tədbirlər görülsə, qarşısı alınmayan xərclərdir. Qarşısının alınması xərcləri iki növə təsnif edilir: birbaşa və dolaylı.

Qiymətləndirmə xərci.

Qiymətləndirmə xərcləri bir şeyin faktiki və ya gözlənilən dəyəri, keyfiyyəti, miqdarı və ya həcmi müəyyən etmək üçün çəkilən xərclərdir. Layihənin keyfiyyətinin idarə edilməsində qiymətləndirmə xərcləri layihənin nəticələrinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi ilə bağlı xərclərdir. Qiymətləndirmə xərcləri çox vaxt layihənin keyfiyyətinin idarə edilməsi üçün ən böyük xərclərdən biridir. Onlar cəlb edilən qiymətləndiricilərin sayından, qiymətləndirməyə sərf olunan vaxt və qiymətləndirilən layihənin mürəkkəbliyindən asılı olaraq geniş miqyasda fərqlənə bilər. Bəzi hallarda, layihənin tam potensialına nail olmaq şansı əldə etməmişdən əvvəl qiymətləndirmə xərcləri vaxtından əvvəl çəkilə bilər. Bu baş verdikdə, bu, layihənin büdcəsinə və cədvəlinə mənfi təsir göstərə bilər.

Uyğunsuzluğun xərci

Layihənin idarə edilməsində uyğunsuzluğun dəyəri (CNC) arzuolunmaz nəticənin əldə edilməsi ilə bağlı maliyyə cəzasıdır. Xərc faktiki və ya fürsət xərcləri ola bilər. Başqa sözlə, layihə qənaətbəxş şəkildə başa çatdırılıbsaydı, qənaət ediləcək bütün xərclərin cəmidir. CNC tez-tez bir layihənin uğurunu qiymətləndirmək üçün bir metrik olaraq istifadə olunur. O, həm də keyfiyyətin idarə edilməsində əsas elementdir, çünki o, layihənin idarə edilməsi prosesində çatışmazlıqları aşkar etməyə və düzəltməyə kömək edə bilər. Uyğunsuzluğun dəyəri xarici və daxili uğursuzluq dəyərlərinə bölünə bilər.

Müəssisə xaricində yaranan məhsul qüsurları

Xarici uğursuzluq xərcləri məhsul və ya xidmətin müştəriyə çatdırılmasından sonra yaranan keyfiyyətsizliyin dəyəri kimi müəyyən edilir. Buraya zəmanət iddiaları, təmir, dəyişdirmə və müştəri narazılığı ilə bağlı xərclər daxildir. Xarici uğursuzluq xərcləri çox vaxt istehsal prosesi zamanı çəkilən xərclər olan daxili uğursuzluqların qiymətindən çox yüksəkdir. Buna görə də, müəssisələrin xərcləri azaltmaq və müştəri məmuniyyətini artırmaq üçün xarici uğursuzluqların qarşısını almağa diqqət yetirməsi vacibdir. Xarici uğursuzluq xərclərini azaltmağın ən təsirli yollarından biri layihə keyfiyyətinin idarə edilməsi sisteminin tətbiqidir. Bu sistem hər hansı bir səhv və ya qüsurun qarşısını almaq üçün layihənin bütün aspektlərinin izlənməsini və idarə olunmasını təmin edir.

Müəssisə daxilində yaranan məhsul qüsurları

Daxili nasazlıq xərcləri əmək, materiallar, sınaqlar, yoxlamalar, qırıntıların atılması və inzibati əlavə məsrəflər daxil olmaqla, çatdırılmadan əvvəl aşkar edilmiş qüsurları aşkar etmək, diaqnostika etmək və düzəltmək üçün xərclənən bütün resursları əhatə edir. Onlar həmçinin komandalar vaxtı planlaşdırılan tapşırıqlardan yenidən işləməyə, nasazlıqların aradan qaldırılmasına və ya düzəldici fəaliyyətlərə, üstəgəl sürətləndirilmiş təmir və ya əlavə keyfiyyət yoxlamaları üçün hər hansı xərclərə yönləndirdikdə fürsət dəyərini də ələ keçirir. Bundan əlavə, daxili uğursuzluq məsrəflərinə vaxt qrafiklərini uzada bilən və ya fəvqəladə hallar üçün tədbirlər tələb edən gecikmələr, itirilmiş məhsuldarlıq, iş vaxtı və pozulmuş iş axını kimi cədvəl təsirləri daxildir. Bu xərclərin izlənməsi menecerlərə qabaqlayıcı tədbirləri prioritetləşdirməyə, yenidən işləri azaltmağa və layihənin ümumi səmərəliliyini və büdcəyə nəzarəti yaxşılaşdırmağa kömək edir.

Keyfiyyətin yaxşılaşdırılması üçün önləyici tədbirlər və yaranan xərclər

İstehsal olunan məhsul və xidmət keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün önləyici xərcləri hesablamaq üçün ilk növbədə bu tədbir planı ilə bağlı riskləri müəyyən edilir. Bu planda əsas vəzifələrdən biri planın büdcədə daxilində olmasını təmin etməkdir. Bunun üçün önləyici xərcləri hesablamaqdır. Bu xərclər ilk növbədə problemlərin qarşısının alınması ilə bağlı xərclərdir.

Önləyici xərclərə misal olaraq:

Qarşısının alınması xərcləri = Potensial problemlərin sayı Hər problemi həll etmək üçün xərc · Hər bir problemin baş vermə ehtimalı.

Önləyici xərclərin hesablanması

İstehsal şirkəti ayda 10.000 ədəd məhsul istehsal edir. Aşağıdakı xərclər müəyyən edilir:

Önləyici xərcləri 5.000 dollar Təlim programları, keyfiyyət planlaşdırması

Qiymətləndirmə xərcləri 3.000 dollar Yoxlama, sınaq

Müəssisədə daxili yaranan uğursuzluq xərcləri 2.000 dollar Yenidən işləmə, tullantı

Müəssisə xarici yaranan uğursuzluq xərcləri 4.000 dollar Geri qaytarılma, zəmanət tələbləri

Hesablama:

Ümumi CoQ = Önləyici xərclər + Qiymətləndirmə xərcləri + Daxili uğursuzluq xərcləri + Xa-

rici uğursuzluq xərcləri

Ümumi CoQ = 5.000 dollar + 3.000 dollar + 2.000 dollar + 4.000 dollar = 14.000 dollar

Vahid başına CoQ = Ümumi CoQ/Vahidlərin sayı

Vahid başına CoQ = 14.000 dollar/10.000 = 1.40 dollar.

CoQ- Cost of Quality (Keyfiyyət xərci)

Gördüyünüz kimi, planda qarşısının alınması xərcləri 2.000.000 dollardır. Bu o deməkdir ki, profilaktik tədbirlər üçün ən azı 2.000.000 dollar büdcə ayrılmalıdır və ya yüksək önləyici xərclərə aid planın icrasına qərar verilməlidir. Bu halda, önləyici xərclər ilkin büdcəsinin böyük bir hissəsini təşkil edir ki, bu da keyfiyyətə nəzarət və keyfiyyətin yaxşılaşdırılması planının diqqətlə qiymətləndirilməsini tələb edir və yüksək xərclərin yaranması riskini ortaya qoyur.

Önləyici xərcləri hesablamaq çətin ola bilər, lakin bu xərclər hər hansı bir plan və ya layihənin idarə edilməsi büdcəsinin vacib hissəsidir. Müəssisənin büdcəsinə bu tip xərclərin daxil edilməsi, müəssisənin strategiyasına nail olmasına və yaranacaq potensial problemlərin erkən müəyyən edilməsinə və həll edilməsinə böyük əhəmiyyət daşıyır.

Önləyici xərcləri necə azaltmaq olar?

Önləyici xərcləri istehsalatın tam icra olunması və problemlərin qarşısını almaq üçün çəkilən xərclərdir.

Xərcləri izlənməsi. Layihə xərclərinə nəzarət etmək üçün proqnozlaşdırılan və faktiki xərclər izlənməlidir. Bu, həddindən artıq yaranan xərc sahələrini müəyyən etməyə kömək edir və büdcəni buna uyğun tənzimləməyi asanlaşdırır.

İş strategiyasının istifadə olunması

İş rotasiyası strategiyası vasitəsilə məhsuldarlıq artırıla bilər. Bu, işçilərin bütövlükdə layihəni daha yaxşı başa düşə bilmələri və potensial problemləri müəyyən etmələri üçün müxtəlif tapşırıqlar üzrə rotasiyanı nəzərdə tutur. Bu addımları atmaqla layihələrdə yaranan xərcləri azalda və nəticənizi yaxşılaşdırmaq olur.

Ümumiyyətlə keyfiyyətin ümumi xərci formulu aşağıdakı kimidir:

- Keyfiyyətsiz məhsul üzərində yenidən əlavə işlərin xərci;
- Qüsurlu məhsulu bərpa etmək üçün əlavə xammal xərci;
- Keyfiyyətsiz məhsulu tullantıya göndərmək

üçün anbarlama xərci;

- Geri qaytarılan məhsul üçün müştəri ödənişləri xərci;
- Sürətləndirilmiş yükdaşıma xərcləri (daşıma məsafəsi uzun və ya gecikmələr);

– Keyfiyyətsiz məhsulu tullantıya göndərmək üçün əlavə daşıma və tullantıyı göndərəcəyiniz tərəfə ödənilən vəsait;

– Keyfiyyətsiz məhsul və ya xammal görə ərizədə baş verən xəsarət və zədələr (məsələn zədəli məhsulun işçiyə yaratdığı xəsarət və ya zədəli xammalın avadanlıqda yaratdığı nasazlıqlar və buna görə də işçinin xəsarət alması);

– Məhsulun keyfiyyəti ilə bağlı problemlər səbəbindən müştəri satışlarının itirilməsi xərci;

– Keyfiyyətsiz məhsul üçün yeni dizayn hazırlama qrafikinə yaratdığı xərc;

– Avadanlıqların dayanması xərci;

– İtirilmiş istehsalın əvəzini ödəmək üçün işçinin əlavə iş vaxtı xərci;

– Məhsula görə kreditor borcları üzrə əlavə ödəniş xərci (keyfiyyətsiz məhsula görə əlavə cərimə ödənişləri);

– Debitor borclarının ödənilməməsi (müştəri yetərsiz məhsul keyfiyyətinə görə az və ya heç bir ödənişi verməməsi xərci. Məsələn müştəriyə 100 boru göndərilib və içindən ikisi zədəlidir. O zaman müştəri 100 borunun ümumi məbləğindən müəyyən miqdar az ödəyir və bu müəssisəyə əlavə xərc yaradır);

– İşçilərdə moral və ya işə olan həvəsinin azalması ilə yaranan xərc (keyfiyyətsiz məhsulun yaranması işçilərdə iş həvəsini azaldır. Keyfiyyətsiz məhsula səbəb olan işçilərdə inam azalır və onların səmərəliyi azalır və bu əlavə xərc yaradır).

Keyfiyyətin yaxşılaşdırılması üçün çəkilən xərclər

Qarşısının alınması xərcləri qüsurların baş verməzdən əvvəl qarşısının alınması ilə bağlı xərclərdir, məsələn: Keyfiyyət standartları və ya xüsusiyyətlərini anlamaq və mənimsəmək üçün işçilərin təlimləndirilməsi; Bütün sənədlərə nəzarət sistemləri olmalıdır (avadanlığın texniki sənədi, əməliyyat və təmir-baxımı üzrə prosedurası, sxemalar, digər proseduralar, planlar, təlimatlar və sair sənədlər olmalıdır və daimi yenilənməlidir; Proseslərin təkmilləşdirilməsi təşəbbüsləri; Avadanlıqlara müntəzəm olaraq önləyici-texniki baxış olmalıdır (ehtiyat hissələri təmir alətləri və yüksək səviyyəli mexaniki işçi qüvvəsi olmalıdır).

Keyfiyyət təminatı istənilən təşkilati prosesin vacib bir aspektidir. Məhsul və xidmətlərin tələb

olunan standartlara və müştəri gözləntilərinə cavab verməsini təmin edir. Bu məqalədə keyfiyyət təminatı düsturları dünyasına dərinlən nəzər salacağıq, əsasları anlayacağıq, mürəkkəb düsturları deşifrə edəcəyik və çətinliklərin öhdəsindən gələcəyik.

Keyfiyyət təminatının əsaslarını anlamaq

Keyfiyyət təminatı, tez-tez QA kimi qısaldılmış, məhsulun və ya xidmətin müəyyən edilmiş tələblərə cavab verib-vermədiyini yoxlamaq və təsdiqləmək üçün sistemli bir prosesə aiddir. Təşkilatların ardıcıl, yüksəkkeyfiyyətli nəticələr əldə etməsini və qüsurlar və ya səhv riskini minimuma endirməsini təmin edir. Keyfiyyət təminatı müştəri məmnuniyyətinin və marka nüfuzunun qorunmasında mühüm rol oynayır.

Keyfiyyət təminatı məhsul və ya xidmətin keyfiyyətinə zəmanət vermək üçün hazırlanmış hərtərəfli fəaliyyətlər toplusunu əhatə edir. Buraya keyfiyyət planlaşdırması, keyfiyyət nəzarət və keyfiyyətin yaxşılaşdırılması daxildir. Keyfiyyət təminatı təcrübələrini tətbiq etməklə təşkilatlar məhsul və ya xidmətlərinin müştəri gözləntilərini qarşıladığını və ya üstələdiyini təmin edə bilirlər.

Keyfiyyət təminatının tərfi və əhəmiyyəti

Keyfiyyət təminatı, əsasən, məhsul və ya xidmətin keyfiyyətinə zəmanət vermək üçün hazırlanmış bir sıra fəaliyyətləri əhatə edir. Buraya keyfiyyət planlaşdırması, keyfiyyət nəzarət və keyfiyyətin yaxşılaşdırılması daxildir. Keyfiyyət təminatının əsas əhəmiyyəti, müştərilərə etibarlı və qənaətbəxş məhsul və ya xidmətlər aldıklarına inam yaratmaq qabiliyyətindən ibarətdir.

Keyfiyyət təminatı təşkilatlar üçün etibar yaratmaq və müştəri sədaqətini qorumaq üçün vacibdir. Müştərilər məhsul və ya xidmətin keyfiyyətinə əmin olduqda, təkrar alış-veriş etmək və təşkilatı başqalarına tövsiyə etmək ehtimalı daha yüksəkdir. Bu da öz növbəsində müştəri məmnuniyyətinin və marka nüfuzunun artmasına səbəb olur.

Keyfiyyət təminatının əsas komponentləri

Keyfiyyət təminatı məhsul və ya xidmətin mükəmməliyini təmin etmək üçün bir neçə əsas komponentdən ibarətdir. Bu komponentlərə aşağıdakılar daxildir:

– keyfiyyət standartları və qaydaları. Keyfiyyət təminatı məhsul və ya xidmət üçün gözlənilən keyfiyyət səviyyəsini müəyyən etmək üçün müəyyən edilmiş standartlara və qaydalara əsaslanır. Bu standartlar təşkilatların fəaliyyətlərini ölçmək və

təkmilləşdirilməli sahələri müəyyən etmək üçün etalon rolunu oynayır;

– istehsalat prosesinin sənədləşməsi. Sənədləşmə keyfiyyət təminatının vacib aspektidir. Bu, məhsul və ya xidmətin istehsalında və ya çatdırılmasında tətbiq olunan proseslərin və prosedurların qeyd edilməsini və qeyd edilməsini əhatə edir. Bu sənədləşmə işçilər üçün istinad rolunu oynayır, işlərində ardıcillıq və dəqiqliyi təmin edir;

– təlim və inkişaf proqramları. Keyfiyyət təminatı bacarıqlı və bilikli işçi qüvvəsi tələb edir. Təlim və inkişaf proqramları işçilərin öz rollarını effektiv şəkildə yerinə yetirmələri üçün lazımi bacarıq və biliklərlə təchiz edilməsində mühüm rol oynayır. Bu proqramlar işçilərə keyfiyyətin əhəmiyyətini anlamağa və onları təmin etmək üçün alətlər və üsullarla təmin etməyə kömək edir;

– keyfiyyətə aid auditlər və yoxlamalar. Keyfiyyət təminatı təcrübələrinin effektivliyini qiymətləndirmək üçün müntəzəm auditlər və yoxlamalar aparılır. Bu auditlər və yoxlamalar müəyyən edilmiş standartlardan və qaydalardan hər hansı bir sapmanı müəyyən etməyə kömək edir və təşkilatlara dərhal düzəliş tədbirləri görməyə imkan verir;

– düzəliş və profilaktik tədbirlər. Xətalər və ya qüsurlar müəyyən edildikdə, əsas səbəbləri aradan qaldırmaq və təkrarlanmanın qarşısını almaq üçün düzəliş və profilaktik tədbirlər həyata keçirilir. Bu tədbirlərə prosesin təkmilləşdirilməsi, işçilərin təlimi və ya keyfiyyətə nəzarət tədbirlərində olan dəyişikliklər aiddir.

Bunlar müəssisə daxilində keyfiyyət təminatının uğurla tətbiqinə töhfə verir. Bu komponentləri öz fəaliyyətlərinə inteqrasiya etməklə təşkilatlar məhsul və ya xidmətlərinin müştəri gözləntilərini davamlı olaraq qarşılamasını və ya üstələməsini təmin edə bilirlər ki, bu da müştəri məmnuniyyətinin və biznes uğurunun artmasına gətirib çıxarır.

Keyfiyyət təminatı formulları

Formullar keyfiyyət təminatının ayrılmaz hissəsidir, çünki onlar keyfiyyətlə əlaqəli metriklərin ölçülməsi və təhlili üçün standartlaşdırılmış bir yanaşma təmin edir. Onlar təşkilatlara proseslərin, məhsulların və xidmətlərin performansını ölçməyə imkan verir və məlumatlara əsaslanan qərar qəbulətməni asanlaşdırır.

Keyfiyyət təminatı mütəxəssisləri keyfiyyəti göstərən müxtəlif amilləri ölçmək üçün formullara etibar edirlər. Bu formullar qüsurlar nisbətlərinin, nasazlıq nisbətlərinin, etibarlılığın və səmərəliliyin qiymətləndirilməsinə kömək edir. Formullardan

istifadə etməklə təşkilatlar mövcud keyfiyyət səviyyələrini aydın şəkildə başa düşür və təkmilləşdirilməli sahələri müəyyən edirlər.

Keyfiyyət təminatında formulların rolu

Formullar keyfiyyətin qiymətləndirilməsində vacib olan xüsusi metrikləri hesablamaq üçün bir vasitə kimi xidmət edir. Onlar məlumatların ölçülməsi və təhlili üçün strukturlaşdırılmış bir çərçivə təmin edir və təşkilatlara məlumatlı qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Formullardan istifadə etməklə keyfiyyət təminatı mütəxəssisləri proseslərin, məhsulların və xidmətlərin performansını obyektiv şəkildə qiymətləndirə bilirlər.

Formullar keyfiyyət təminatında xüsusilə faydalıdır, çünki onlar ardıcıl ölçmə və müqayisə aparmağa imkan verir. Onlar təşkilatların keyfiyyətin yaxşılaşdırılması təşəbbüsləri üzrə effektiv şəkildə ünsiyyət qura və əməkdaşlıq edə bilməsini təmin edərək keyfiyyətlə əlaqəli metrikləri qiymətləndirmək üçün ortaq bir dil və metodologiya təmin edir.

Tez-tez istifadə edilən keyfiyyət təminatı düsturları

Burada bəzi tez-tez istifadə edilən keyfiyyət təminatı düsturlarını araşdıracağıq:

Qüsür dərəcəsi düsturu: Qüsür dərəcəsi = (Qüsurların sayı / Test edilmiş ümumi məhsul sayı) · 100

Qüsür dərəcəsi düsturu, müəyyən bir nümunədəki qüsurların nisbətini ölçmək üçün keyfiyyət təminatında geniş istifadə olunur. Bu düstur, təşkilatlara sınaqdan keçirilmiş ümumi vahidlərə nisbətən qüsurların faizini hesablamaqla məhsullarının və ya xidmətlərinin keyfiyyətini qiymətləndirməyə kömək edir. Bu düstur, ümumi keyfiyyət göstəriciləri haqqında dəyərli məlumatlar verir və təkmilləşdirilməli sahələri müəyyən etməyə kömək edir.

Uğursuzluq dərəcəsi düsturu: Uğursuzluq dərəcəsi = Uğursuzluqların sayı / Ümumi işləmə müddəti

Uğursuzluq dərəcəsi düsturu, məhsulların və ya xidmətlərin etibarlılığını qiymətləndirmək üçün keyfiyyət təminatında vacibdir. Ümumi işləmə müddətini nəzərə alaraq, müəyyən bir müddət ərzində nasazlıqların başvermə sürətini ölçür. Uğursuzluq dərəcəsinə hesablamaqla təşkilatlar potensial zəif cəhətləri müəyyən edə və etibarlılığı artırmaq üçün proaktiv tədbirlər görə bilirlər.

Proses qabiliyyəti indeksi düsturu: proses qabiliyyəti indeksi = (Yuxarı spesifikasiya limiti – Aşağı spesifikasiya limiti) / (6 · standart xəta)

Keyfiyyət xərclərinin azaldılması

Bir qayda olaraq, keyfiyyətsiz məhsulların xərcləri keyfiyyətli məhsulların qiymətlərindən daha çox olur. Buna görə də, keyfiyyətli məhsulların qiymətlərinin artırılması əslində ümumi COQ-nu aşağı sala bilər. Ümumi keyfiyyət xərclərini azaltmaq üçün edə biləcəyiniz bəzi profilaktik tədbirlər:

– İstehsalat prosesinin standartlaşdırılması

Keyfiyyət xərclərinin azaldılmasında ilk addım proseslərin standartlaşdırılmasıdır. Əməliyyatlarınızı təkrarlana bilən hala gətirmək hər dəfə eyni nəticə əldə etməyə imkan verir. Buna görə də standartlaşdırılmış plan əməliyyat prosedurları və əməliyyat təlimatları və digər plan və proseduralar hazırlanmalıdır və hər bir məhsulun standart keyfiyyət xüsusiyyəti dəqiqləşdirilməli və bunlar davamlı olaraq təkmilləşdirilməlidir.

Əməliyyat üzrə plan, proseduralar, təlimatlar, təmir, SƏTƏM, istehsalat və digər plan və proseduralar hazırlanmalı və davamlı olaraq yenilənməlidir.

– Hər bir istehsal olunacaq məhsul və xidmətin keyfiyyət formaları və xüsusiyyətləri standartlaşdırıldıqdan sonra davamlı olaraq müştəri tələbünəsasən yenilənməlidir.

– *İşçilərin təlimi.* İşçilərinizə müvafiq təlim vermək, məhsullarınızın keyfiyyətinə birbaşa və ya dolaylı yolla təsir edə biləcək bir çox gözlənilən səhvlərin qarşısını alacaq.

– *Keyfiyyət yoxlamaları.* Alınan materialların və hazır məhsulların sistematik yoxlamaları qüsurlu məhsulların son müştərilərə çatmasının qarşısını almağa və istehsal prosesindəki problemləri erkən mərhələdə müəyyən etməyə imkan verir.

– *Monitoring.* Prosesin monitorinqi əməliyyatlarınızı təkmilləşdirməyə imkan verir ki, nəticələr həm keyfiyyət, həm də səmərəlilik baxımından yüksək standartlara cavab versin.

– *Təchizatçı performansının idarə edilməsi.* Təchizatçının fəaliyyətini ardıcıl olaraq qiymətləndirmək, hər hansı bir çatışmazlıq barədə aydın şəkildə məlumat verməyə və daxil olan materialların yüksək keyfiyyətini təmin etməyə imkan verir.

– *Geri qaytarılmaların idarə edilməsi.* Məhsul qaytarılma larınızı izləmək, qaytarılmaların idarə olunması xərclərini azaltmaqla yanaşı, məhsulla-

rınızla bağlı təkrarlanan problemləri müəyyən etməyə kömək edə bilər.

– *Səbəb təhlili*. Səbəb təhlili, məhsullarımızın keyfiyyətinə təsir edən əsas problemləri müəyyən etmək və aradan qaldırmaq üçün məlumatlardan istifadə etməyə imkan verir. Bu strategiyaları inteqrasiya etməklə istehsalçılar yalnız keyfiyyət xərclərini azaltmaqla yanaşı, həm də məhsulun etibarlılığını və müştəri məmnuniyyətini artırabilir. Keyfiyyət xərclərinə sadəcə bir xərc kimi deyil, investisiya kimi baxmaq vacibdir; qarşısının alınması və qiymətləndirməyə düzgün xərcləmək çox vaxt uzun müddətdə daha aşağı nasazlıq xərclərinə və daha yüksək gəlirliliyə səbəb olur.

Avadanlıqlarda keyfiyyətə görə performansın yoxlanılması

İstehsalat, əzcaçılıq və mürəkkəb avadanlıqlara əsaslanan digər sənaye sahələrində avadanlıqların düzgün işləməsini təmin etmək çox vacibdir. Avadanlıqların uyğunluq testi (AUT), avadanlıqların müəyyən edilmiş parametrlər daxilində işlədiyini və keyfiyyət standartlarına cavab verdiyini yoxlamaq üçün vacib bir prosesdir. Potensial problemləri müəyyən etməklə və performans təsdiqləməklə AUT riskləri minimuma endirir, istehsal gecikmələrinin qarşısını alır və məhsulun bütövlüyünü qoruyur. Bu hərtərəfli təlimat, effektiv və uğurlu sınaqların aparılmasına kömək etmək üçün addım-addım təlimatlar və anlayışlar təqdim edərək AUT-nin incəliklərini araşdıracaq.

Avadanlıqların uyğunluq testi – yeni, modifikasiya edilmiş və ya mövcud avadanlıqların nəzərdə tutulmuş məqsədinə və funksiyalarına cavab verdiyini qiymətləndirmək və sənədləşdirmək üçün istifadə olunan sistematik bir prosesdir. Bu test bir neçə səbəbdən vacibdir:

– *tənzimləmə uyğunluğu* – bir çox sənaye, təhlükəsizliyi, məhsul keyfiyyətini və məlumatların bütövlüyünü təmin etmək üçün AUT-ni tələb edən sərt qaydalara tabedir;

– *risklərin azaldılması* – potensial avadanlıq nasazlıqlarını erkən müəyyən etməklə və həll etməklə, AUT istehsal risklərini minimuma endirir, dayanma vaxtını azaldır və bahalı məhsulların geri çağırılmasının qarşısını alır;

– *istehsalat prosesinin optimallaşdırılması* – AUT vasitəsilə avadanlıqların necə işləmə prosesinin yoxlanılmasını sadələşdirməyə, səmərəliliyi artırmağa və ümumi məhsul keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa kömək edir.

Məlumatların bütövlüyü: AUT, izləmə, auditr

və tənzimləyici yoxlamalar üçün vacib olan avadanlıqların düzgün işlədiyinə dair sənədləşdirilmiş sübutlar təqdim edir.

Effektiv AUT aparmaq müasir strukturlaşdırılmış yanaşma, dəqiq planlaşdırma və avadanlıq və onun nəzərdə tutulan istifadəsini hərtərəfli başa düşməyi tələb edir.

Avadanlıqlara aid müxtəlif keyfiyyət yoxlamalarının mərhələləri

Dizayn Keyfiyyəti (DK) istifadəçi tələblərinə və nəzərdə tutulan istifadəyə uyğun olduğundan əmin olmaq üçün avadanlığın dizaynının qiymətləndirilməsinə diqqət yetirir. Bu mərhələ, avadanlığın dizaynının nəzərdə tutulan məqsədə uyğun olduğunu yoxlamaq üçün dizayn spesifikasiyalarının, təsvirlərin və digər sənədlərin nəzərdən keçirilməsini əhatə edir.

Misal: əzcaçılıq sənayesində, tablet presi üçün DK, bütün müvafiq tənzimləyici standartlara cavab verərkən istənilən ölçüdə, formada və sərtlikdə tablet istehsal edə biləcəyinə əmin olmaq üçün maşının dizaynının qiymətləndirilməsini əhatə edə bilər.

Quraşdırmada keyfiyyət (QK)

Bu, avadanlığın düzgün quraşdırıldığını və istehsalçının bütün spesifikasiyalarına cavab verdiyini təsdiqləyir. Bu mərhələ, avadanlığın düzgün yerdə quraşdırıldığını, enerji mənbəyinə düzgün qoşulduğunu və istehsalçının təlimatlarına uyğun olaraq quraşdırıldığını əhatə edir.

Misal: Laboratoriya dondurucusu üçün QK zamanı texniklər dondurucunun düz bir səthə quraşdırıldığını, xüsusi bir enerji mənbəyinə qoşulduğunu və tələb olunan temperatur aralığını qorumaq üçün kalibrləndiyini (nizamlı olaraq qoşulması) yoxlayırlar.

Əməliyyatda keyfiyyət (ƏK)

Bu avadanlığın müəyyən edilmiş parametrlər daxilində işlədiyini və nəzərdə tutulan funksiyaları düzgün yerinə yetirdiyini nümayiş etdirir. Bu mərhələ, avadanlıqların performans spesifikasiyalarına cavab verdiyini və istənilən nəticələr verdiyini yoxlamaq üçün müxtəlif şəraitdə sınaqdan keçirilməsini əhatə edir.

Misal: maşının sterilizasiya üçün tələb olunan temperatur və təzyiqə çatmaq və saxlamaq qabiliyyətinin sınaqdan keçirilməsini, eləcə də müxtəlif materialları effektiv şəkildə sterilizasiya edə biləcəyinin yoxlanılmasını əhatə edən ƏK yoxlamasını misal gətirmək olar.

Performans keyfiyyəti (PK)

Bu, avadanlığın faktiki iş şəraitində ardıcıl olaraq nəzərdə tutulduğu kimi işlədiyini yoxlayır. Bu mərhələ adətən avadanlığın uzun müddət işləməsini, tez-tez nümayəndəli məhsul partiyalarından istifadə edərək, uzunmüddətli performans və etibarlılığını qiymətləndirməyi əhatə edir.

Misal: doldurma maşını üçün PK, maşının bir neçə gün işləməsini, qabların faktiki məhsulla doldurulmasını və doldurma həcmələrinin işləmə müddətində dəqiq və ardıcıl olmasını yoxlamağı əhatə edə bilər.

Avadanlıqlara aid keyfiyyət yoxlamalarında müxtəlif yardımçı texnologiyanın rolu

Müasir texnologiya getdikcə daha vacib rol oynayır və bir sıra üstünlüklər təklif edir:

Avtomatlaşdırma: avtomatlaşdırılmış test sistemləri texnologiyası təkrarlanan tapşırıqları yerinə yetirə, insan səhvlərini azalda və test sürətini və səmərəliliyini artırır.

Məlumatların əldə edilməsi və təhlili: Məlumatların əldə edilməsi sistemləri çoxlu miqdarda

test məlumatları toplaya və saxlaya bilər, proqram təminatı alətləri isə məlumatları təhlil edə, hesabatlar yarada və tendensiyaları müəyyən edə bilər.

Məsafədən monitoring: Uzaqdan monitoring sistemləri avadanlıqların işini real vaxt rejimində izləyə bilər, bu da proaktiv texniki xidmət və problemlərin aradan qaldırılmasına imkan verir.

Nəticə

Müasir qənaətcil istehsalatda minimum tullantı ilə müştərinin tələb etdiyi məhsul və xidməti yüksək keyfiyyətlə təmin etmək üçün məhsulun istehsalı və xidmətində yarana biləcək qüsurlu məhsulun xərclərini müəyyən etmək və azaltmaq əsas hədəflərdən biri sayılır. Qlobal bazarda olan rəqabət məhsul və xidmətin keyfiyyətinə nəzarəti və keyfiyyətin davamlı olaraq yaxşılaşdırılması tələb edir. Bu isə öz növbəsində keyfiyyətə nəzarət və yaxşılaşdırma xərclərinin yaranmasına səbəb olur və bunlar keyfiyyət xərcidir. 8S üsulu-nun tətbiqi məhz bu xərclərin müəyyən edilməsini və azaldılmasını göstərir. Məqalədə məhz bu xərclərin yaranması və azaldılması yolları göstərilir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Delai d. C. & O. Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology // Journal of Cleaner Production, 2013, vol. 47, pp. 174-187.
2. F. Sultanov: Təchizat zəncirində strateji idarəetmə.
3. Bulent Kobu. Uretim Yonetimi. 1994.
4. Dale H. Besterfield Quality Control 7. Baskı, 2004.
5. D. Montgomery/ Introduction to Statistical Quality Control.
6. Mitra A.1998 Fundamentals of Quality Control and Improvement.
7. V. Kerimov. Project Planning and Evaluation, 2002.
8. <https://vecteezy.com/Total Quality Management icon - vector illustration>.
9. Lean Manufacturing / A.R Sivanesh. 2025.
10. <https://leanoutsidethebox.com/six-sigma-metrics>.
11. Vasif Kerimov. Quality management and control.2025.
12. <https://www.wallstreetmojo.com/cost-of-quality>
13. Lean Manufacturing / Vasif Kerimov, 2025.

References

1. Delai d. C. & O. Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology // Journal of Cleaner Production, 2013, vol. 47, pp. 174-187.
2. F. Sultanov. Techhizat zencirinde strateji idareetme.
3. Bulent Kobu. Uretim Yonetimi. 1994.
4. Dale H. Besterfield Quality Control 7. Baskı, 2004.
5. D. Montgomery/ Introduction to Statistical Quality Control.
6. Mitra A.1998 Fundamentals of Quality Control and Improvement.
7. V. Kerimov. Project Planning and Evaluation, 2002.
8. <https://vecteezy.com/Total Quality Management icon - vector illustration>.
9. Lean Manufacturing / A.R Sivanesh.2025.
10. <https://leanoutsidethebox.com/six-sigma-metrics>.
11. Vasif Kerimov. Quality management and control. 2025.
12. <https://www.wallstreetmojo.com/cost-of-quality>
13. Lean Manufacturing / Vasif Kerimov, 2025.

Neft çənlərində maye səthinin kiçik dalğalanmaların yüksək dəqiqliklə skan edilməsi üsulu və sistemi

M.M. İsayev, t.e.n.^{1,2}, H.S. Rzayev², N.M. Xasayeva³, N.E. Baxşəliyeva⁴

¹Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti,

²Riyaziyyat İnstitutu,

³Azərbaycan Texniki Universiteti,

⁴Bakı Ali Neft Məktəbi

e-mail: nxasayeva1@gmail.com

Açar sözlər: neft anbarı, neftin uçotu, dəqiq ölçmə, maye səthi, dalğalanma, skanlama.

Neft anbarlarında məhsulun kommersiya hesabının aparılması zamanı böyük ölçülü çənlərdə maye səthində yaranan mikrodalğalanmanın ölçmə nəticəsinə mənfi təsiri tədqiq edilmiş, dalğalanmanın dəqiq skanlama üsulu və qiymətləndirilməsi üçün alqoritmlər təklif olunmuşdur. Neft çənlərində mayenin hündürlüyünün sabit qəbul olunması, onun sərbəst səthində yaranan mikrodalğalanmanın təsirinə ölçmə zamanı nəzərə alınmaması 3–5 mm xəyata səbəb olur ki, bu da böyük miqdarda məhsulun uçotdan yayınması, iqtisadi zərər deməkdir.

Bu məqalədə ilk dəfə olaraq böyükdiametrlı neft çənlərində mikrodalğalanmanın ölçmə nəticələrinə təsiri tədqiq edilmiş, kifayət qədər böyük itkilərə səbəb olması aydınlaşdırılmış, qiymətləndirmələr aparılmışdır. Maye səthində yaranan dalğaların yüksək dəqiqliklə skan edilməsi, onun parametrlərinin ölçülməsi üçün yeni üsul və sistem işlənmiş, adekvatlığının təsdiqlənməsi üçün nümunəvi laboratoriya avadanlıqlarından istifadə etməklə sınaqlar keçirilmiş və kompüter modelləşdirilməsindən istifadə edilmişdir.

Метод и система высокоточного сканирования малых колебаний поверхности жидкости в нефтяных резервуарах

M.M. İsaev, k.t.n.^{1,2}, G.S. Rzaev², N.M. Xasayeva³, N.E. Baxşəliyeva⁴

¹Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti,

²İnstitut matematiki,

³Azərbaycan Texniki Universiteti,

⁴Bakı Ali Neft Məktəbi

Ключевые слова: нефтехранилище, учет нефти, точное измерение, поверхность жидкости, волна, сканирование.

Изучено негативное влияние микроволн на поверхность жидкости в больших резервуарах при коммерческом учете продукции на нефтебазах на результаты измерений, предложены алгоритмы точного сканирования и оценки флуктуаций. Предположение о постоянной высоте жидкости в нефтяных резервуарах и неучет влияния микроволн на ее свободную поверхность в результатах измерений приводят к погрешности 3–5 мм, что означает большой объем выброшенной из учета продукции и экономические потери.

В данной статье впервые изучено влияние микроволн на результаты измерений в нефтяных резервуарах большого диаметра, уточнено, что оно вызывает довольно большие потери, и проведены оценки. Разработаны новый метод и система высокоточного сканирования волн, генерируемых на поверхности жидкости, и измерения их параметров. Для подтверждения их адекватности проведены испытания с использованием образцового лабораторного оборудования и компьютерного моделирования.

Method and system for high-accuracy scanning of small fluctuations of the liquid surface in oil tanks

M.M. Isayev, Cand. in Tech. Sc.^{1,2}, G.S. Rzayev², N.M. Khasayeva³, N.E. Baxshaliyeva⁴

¹Azerbaijan University of Architecture and Construction,

²Institute of Mathematics,

³Azerbaijan Technical University,

⁴Baku Higher Oil School

Keywords: oil storage, oil accounting, precise measurement, liquid surface, wave, scanning.

The negative impact of microwaves on the liquid surface in large tanks during commercial accounting of products in oil depots on the measurement results was studied, and algorithms for accurate scanning and evaluation of fluctuations were proposed. The assumption of a constant height of the liquid in oil tanks and the failure to take into account the effect of microwaves on its free surface in the measurement results lead to an error of 3–5 mm, which means a large amount of product being released from accounting and economic losses.

In this article, for the first time, the impact of microwaves on the measurement results in large-diameter oil tanks was studied, it was clarified that it causes quite large losses, and assessments were made. A new method and system for high-precision scanning of waves generated on the liquid surface and measurement of its parameters have been developed, and tests have been conducted using exemplary laboratory equipment and computer modeling to confirm its adequacy.

Nominal olaraq stasionar mayelərdə səth dalğalanmaları sənaye, ətraf mühit və laboratoriya sistemlərində hər yerdə mövcuddur. Vizual olaraq əhəmiyyətsiz olsa da, bu kiçik amplitud dinamikası mayedəki daxili proseslər, struktura qarşılıqlı təsirlər, xarici təsirlər və sistem nasazlıqlarının erkən göstəriciləri haqqında zəngin məlumatlar ehtiva edir. Müasir tədqiqatlar getdikcə neft saxlama monitorinqi, maye mexanikası tədqiqatları və ağıllı sənaye infrastrukturunu kimi sahələrdə diaqnostika, təhlükəsizlik və proses nəzarəti üçün bir vasitə kimi mikrodalğalanmaların təhlilinə yönəlmişdir.

Səth deformasiyasının ölçülməsi üzrə əvvəlki işlər böyük amplitud dalğalarına, hərəkət edən çənlərdəki salımlara və ya qlobal deformasiya rejimlərinə yönəlmişdi [1]. Neft anbarlarında maye halında olan məhsulların çəndəki səth dinamikası, onun qiymətləndirilməsi smart ölçmə qurğuları və radarlı ölçmə modellərindən istifadə etməklə öyrənilir [2]. Lakin bu yanaşmalarda kvazistatik şəraitdə kiçik stoxastik dalğalanmalar üçün optimal həllər verilməmişdir.

Bu işdə isə, kiçik səth dalğalanmalarını aşkar etmək və təsnif etmək üçün yeni ağıllı skanlama metodu və inteqrasiya olunmuş ölçmə sistemi (ÖS) təklif olunur. Bu ÖS, səth dalğalanmasının paylanmış parametrlərini yüksək dəqiqliklə ölçən və ya skan edən sensorları, qabaqcıl siqnal emalı və “ağıllı” tanıma texnologiyası ilə birləşdirir.

Aşağıda məqalənin əsas elmi-texniki motivasiyası şərh olunmuşdur.

Maye səthindəki mikrodalğalanmaların təhlili müxtəlif elmi və sənaye problemlərini həll edir:

– erkən nasazlıq aşkarlanması: mikroflyuktasiyalar saxlama infrastrukturunda makroskopik nasazlıqlardan əvvəl ola bilər [3].

– proses monitorinqi: sərbəst maye səthi olan kimyəvi reaktorlar reaksiya kinetikasi ilə əlaqəli dalğalanma nümunələri nümayiş etdirir [4].

– maye-struktur qarşılıqlı təsirinə diaqnostikası: səth hərəkəti mayələr və ətraf sərhədlər arasında birləşmə effektləri aşkar edir [5].

Klassik tədqiqatlardan fərqli olaraq, bu işdə orta maye hündürlüyünün sabit götürülməsi və ya “stasionar maye kütlələrinə yönəlmiş kommersiya hesabı” anlayışları inkişaf etdirilərək maye səthində yaranan kiçik dalğalanmaların nəzərə alınması və onların amplitudlarının (məs., 1mm-dən 5 mm-dək) ölçülməsi – skan edilməsi yolu ilə kifayət qədər böyük xəta aradan qaldırılır [2].

Müasir ədəbiyyatlarda təsvir edilən mövcud metodlarda yüksək sürətli görüntüləmə [6], tutumlu sensor şəbəkələri [7], lazer interferometriyası [8] və s. intellektual informasiya-ölçmə, skanlama, toplanmış informasiyaların və məlumatların interpretasiyasının inteqrasiyası çox məhdud olaraq qalır. Odur ki, qeyd olunan çatışmazlıqların aradan qaldırılması üçün yeni elmi və texniki yanaşmanın işlənilməsi və tətbiqi məsələsi aktuallıq daşıyır.

Məsələnin qoyuluşu, nəzəri əsaslandırma

Hesab edilir ki, mayenin sərbəst səthinin flyuktasiyalarının dinamik təsviri aşağıdakı ardıcılıqlardan ibarətdir və mayenin sərbəst səthinin ani dəyişmə hündürlükləri (x, y) koordinatları və (t) zamanı ilə ifadə olunur:

$$h(x, y, t) = h_0 + \delta h(x, y, t),$$

burada h_0 – nominal statik səth səviyyəsi; $\delta h(x, y, t)$ – səthin üfqi vəziyyətinin dəyişməsinin (pozulmaların) kiçik komponentləridir.

Məlumdur ki, maye səthinin flyuktuasiyaların dinamikası əsasən səth gərginliyi (σ), maye sıxlığı (ρ), xarici həyəcanlandırma ($F(t)$), qabın (çənin) gövdəsi (divarları) və ya sərhəd şərtlərindən asılıdır. Məqalədə bu parametrlərin təyininə müdaxilə etmədən real vəziyyətdə dalğalanmanın həndəsi ölçülərinin hesablanması məsələsinə baxılır.

Dalğalanmanın məhdud və kiçik olduğu (yəni, $|\delta h| \ll h_0$) fərz etsək və xətti dalğa nəzəriyyəsi tətbiq etsək [9], onda Furye sırasının genişləndirilməsi şəklində aşağıdakı kimi təsvir oluna bilər:

$$\delta h(t) = \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t + \phi_i),$$

burada A_i , ω_i və ϕ_i – müvafiq olaraq i -ci modulun amplitudunu, bucaq tezliyini və fazasını təmsil edir. Bu təmsil spektral parçalanmaya imkan verir və deterministik, təsadüfi dalğalanma komponentləri arasında yaranan fərqi təyin etməyi asanlaşdırır [10].

Mikroflyuktuasiya – kiçik dalğalanmalar olub, onların yaranma mənbələri müasir tədqiqat işlərində aşağıdakı kimi təsnif edilir:

- istilik qradiyentləri ayrılma səthində konveksiya hüceyrələri yaradır [11];
- dayaq konstruksiyaları vasitəsilə ötürülən ətraf mühitin struktur vibrasiyaları [12];
- sənaye mühitlərində akustik həyəcanlanmalar [13].

Dəqiq bir model həm məcburi, həm də stoxastik komponentləri nəzərə almalıdır ki, bunlar da tez-tez avtoregressiv və ya stoxastik proses modelləri ilə işlənir [14].

Təklif olunan skanlama metodologiyası intellektual skanlamaya əsaslanır və konstruktiv modullardan ibarət olub əvvəlki tək metodlu həllərdən fərqlənir.

Ölçmə strategiyası

Təklif etdiyimiz yeni yanaşma multisensorlu, çoxparametrlili ölçmə – skanlamaya əsaslanır və aşağıdakı nəticələrdən qaynaqlanaraq tamamilə yeni ideya formalaşdırılır:

- paylanmış çoxnöqtəli sensor sistemi – müstəqil sensorlar şəbəkəsi yerli səth hündürlüyü məlumatlarını tutur və təknöqtəli ölçmə ilə müqayisədə məkan təhrifini azaldır [7];
- siqnalın ilkin şərtləndirilməsi – əvvəlcədən analog süzgecləmə və temperatur kompensasiyası rəqəmsallaşdırmadan əvvəl səs-küy səviyyəsini

azaldır [15];

– sinxron nümunə götürmə – mərkəzləşdirilmiş saatda bütün kanallar üzrə vaxt uyğunluğunu təmin edir və ardıcıl spektral analiz aparmağa imkan verir [16];

– ağıllı şərh – çıxarılan xüsusiyyətlər fiziki dalğalanma rejimləri və səs-küy arasında fərq qoyan nümunə tanıma alqoritmlərinə daxil olur [17].

Təmassız (havadan) ölçmə seçimləri: bir neçə müasir ölçmə metodları mövcuddur:

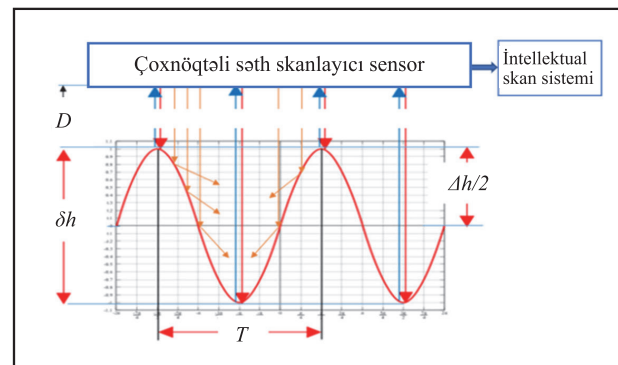
- lazer trianqulyasiyası: yüksək fəza qətnaməsi, lakin ətraf mühit işığına həssasdır [8];
- tutumlu massivlər: sənaye şəraitində möhkəmdir [7];
- optik interferometriya: mikromiqyaslı pozuntular üçün ən yüksək dəqiqlik [6].

Seçim mayenin xüsusiyyətlərindən, ətraf mühit məhdudiyətlərindən və tələb olunan həssaslıqdan asılıdır.

Skanlama texnologiyası

Skanlama texnologiyası səthin, əşyanın və s. qeyri-hamarlığının, çala-çöküklüyünün həndəsi “eskizi”nin alınmasını təmin edən üsul və qurğunun inteqrasiyası kombinasiyasıdır. Bu qurğu yuxarıda qeyd olunan radarlama üsullarına əsaslanır, obyektə toxunmadan (təmassız) və bu qurğu aşağıdakılardan ibarətdir: vibrasiya izolyasiyasına malik sərt maye qabı; çoxnöqtəli səth sensoru (şüa mənbəyi və qəbuledici); idarə olunan xarici həyəcanlandırıcı (təsir) mənbələri (temperatur, vibrasiya, səs-küy və s.); real vaxt rejimində məlumat toplama sistemi və proqramı (intellektual informasiya sistemi).

Skanlama texnologiyasının laboratoriya prototipi aşağıdakı kimi qurulmuşdur (şəkil 1).



Şəkil 1. Maye səthində yaranan dalğanın radarlama – skanlama sxemi

Maye səthində yaranan dalğanın periodunu (T), ölçmə taktına (T^*) bərabər qəbul etsək, onda bir ölçmə taktı içərisində mayenin səthindəki ya-

ranan dalğanın ən azı iki ekstremumunu qeyd etmək kifayət edəcəkdir. Çünki, konsentrik, dairəvi dalğaların ölçüləri (amplitudu və periodu) bir-birinə çox yaxın (bərabər) olacaq. Dalğaların üzərinə yönəlmiş şaquli və paralel düşən, eynilə də qayıdan şüalardan ($T/2$) iki cütü qeyd ediləcəkdir ki, bunun əsasında da dalğa dərinliyinin qiyməti təyin edilmiş olur.

Şəkildə qırmızı sinusoidal əyri maye səthində yaranan dalğaların formasını, mavi rəngli – radar qurğusunu (şüa mənbəyi və qəbuledicini), qırmızı rəngli oxlar düşən (şüalanan) şüanı, mavi rəngli oxlar qayıdan (qəbul olunan) şüaları özündə əks etdirir. T^* ölçmə taktı boyunca şüa mənbəyindən maye səthinin digər nöqtələrinə (maili səthlərinə) düşən şüalar öz istiqamətlərini dəyişərək digər istiqamətlərə səpələnirlər və şüa qəbuledicisinə çatırlar. Beləliklə, qəbul edilən şüalar sinusoidanın təpə nöqtələrindən geri qayıdan şüalar olduğundan onların radardan həmin nöqtələrə qədər qət elədikləri zamana və qaz mühitində yayılma sürətlərinə görə maye səthində yaranan dalğanın dərinliyi (Δh) aşağıdakı düsturla təyin ediləcəkdir:

$$\Delta h = D_1 - D_2 = 0.5c \frac{t_1 - t_2}{t_1 t_2},$$

burada Δh – maye səthində yaranan dalğanın ölçülən dərinliyi; D_1, D_2 – düşən və qayıdan dalğaların məsafələri; t_1, t_2 – uyğun olaraq düşən və qayıdan dalğaların zamanı; c – düşən və ya qayıdan dalğanın sürətidir.

Radar anten, şüa mənbəyi və qəbuledici başlığı elə seçilməlidir ki, paralel düşən və ya qayıdan şüaların təsir dairəsi kifayət qədər dar olsun və maye səthindəki dalğanın perioduna (T) uyğun gəlsin. Əyanilik üçün qeyd edək ki, şəkil 1-də şüalandırma $2/3 T$ aralığı üçün təsvir edilmişdir, düşən və qayıdan şüalar sinusoidanın 4 ekstremum nöqtəsini əhatə edir.

Ölçmə alqoritmi elə tərtib edilmişdir ki, düşən və qayıdan birinci şüaların ölçmə nəticələri maye səthində yaranan dalğanın birinci yarımperiodu, növbəti, düşən və qayıdan ikinci şüaların ölçmə nəticəsi isə dalğanın ikinci yarımperiodu haqqında informasiya verir. Düşən və qayıdan şüaların cütü zaman intervallarına görə bir-birindən seçilir.

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, radar qurğusundan ölçmə obyektinə qədər olan L məsafəsi maye səthindəki dalğaların $r/2$ amplituduna nisbətə dəfələrlə böyük qiymət alır. Dalğanın r ölçüsü mm-lə ölçüldüyü üçün böyük həssaslıq və dəqiqlik tələb olunur. Odur ki, Δh fərqlərini hiss edən kiçik ölçmə diapazonlu, yüksək həssaslığa malik dife-

rensial ölçmə sensoru seçilmişdir. Məqsəd, hər bir ölçmə prosesində ötürülən və qəbul edilən şüaların fərqlərini təyin etmək, eyni zamanda onları etalon siqnallarla müqayisə etməkdir. Bunun üçün siqnalları tezliklərinə görə bir-birindən seçən (ayırmaq) detektorlardan istifadə edilir.

Ötürülən şüaların spektrini seçməklə dalğalanmaların forma və ölçülərini yüksək dəqiqliklə skan etmək mümkün olur. Etalonların sayını minimuma endirmək üçün yüksək sinxronlaşdırma təmin etmək, yəni ölçmə taktı (T^*) ilə dalğanın periodu (T) bir-birinə bərabər götürülməlidir.

Baxılan variantda etalon tezliklərin sayı $n = 4$ götürülməklə ötürülən əsas şüa tezliyi (f) etalon tezliklərlə (f_1, f_2, f_3, f_4) detektorda ayrı-ayrılıqda qarışdırılır. Bütün bu əməliyyatlar avtomatlaşdırılmış səviyyəölçən sistemin köməyi ilə həyata keçirilir. Sadəcə, sistemdə akustik və ya ultraqırmızı şüa prinsipli radar qurğuları dəqiq seçilməlidir. Maye səthinə perpendikulyar göndərilən şüaların detektə edilməsi, göndərilməsi və qəbulu iki ölçmə taktı ərzində həyata keçirilir. Sonda, iki eyni ölçmə nəticəsi alınır ki, bu da nəticələrin təkrarlanma dəqiqliyini qiymətləndirməyə və sistemin ölçmə xətasını minimum etməyə imkan verir.

Göndərilən və qəbul edilən şüalar $T/2$ zaman ərzində iki dəfə təkrarlanaraq hər dəfə diferensial ölçmə qurğusunda hər iki qiymətin fərqi ölçülür və sensorun çıxışında Δh -in müvafiq qiyməti alınır. Birinci ölçmə taktı ilə ikinci ölçmə taktı güzgü əksi təşkil edir və diferensial ölçmə nəticəsi Δh əksi işarəli alınır. Bununla da həm maye səthində dalğaların növbələşməyi qeyd edilir və həm də ölçmə xətası avtomatik olaraq kompensasiya olunur.

Təcrübə nəticələrinin adekvatlığının təsdiqlənməsi

Mikromiqyaslı dalğalanmalara yüksək həssaslıq; ətraf mühit səs-küyü altında sabit işləmə; istilik, mexaniki və struktur həyəcan mənbələri arasında aydın fərq.

Xüsusiyyətlərin təyini – bunlara aşağıdakılar daxildir: dominant tezliklər; sensorlar arasında faza uyğunluğu; məkan dalğalanma nümunələri; zaman sabitliyi metrikləri.

Bu xüsusiyyətlər dalğa çevrilməsi və qısamüddətli Furye təhlili kimi metodlardan istifadə etməklə hesablanır [18].

Təsnifat alqoritmləri: maşın öyrənmə təsnifatçıları (SVM, təsadüfi meşələr, neyron şəbəkələri) dalğalanma nümunələrini aşağıdakı kimi siniflərə təsnif etmək üçün etikətlənmiş məlumat dəstləri üzərində öyrədilir: ətraf mühit səs-küyü; istiliklə

induksiya edilmiş konveksiya; struktur vibrasiya birləşməsi; anomal hadisələrin əlamətləri.

Statistik və maşın öyrənmə modellərini birləşdirən hibrid sistemlər skanlama, ölçmə və aşkarlama etibarlılığını artırır [19].

Sistem arxitekturası və tətbiqi

Təklif olunan skanlayıcı sistemin funksional (aparat) təbəqəsinə aşağıdakılar daxildir: sensor şəbəkəsi təbəqəsi: yerli əvvəlcədən emal ilə paylanmış hündürlük sensorları.

Məlumat əldə etmə təbəqəsi: zaman möhürü ilə sinxron ADC.

Emal təbəqəsi: filtrləmə, xüsusiyyət çıxarma və təsnifat alqoritmləri olan inteqrasiya olunmuş hesablama vahidi.

Vizuallaşdırma təbəqəsi: real vaxt monitorinqi və tarixi trend təhlili üçün qrafik interfeyslər.

Skanlayıcı sistemin tipik aparat təminatı şəkil 2-də təqdim olunub.

[Səth sensorları] → [SIGNALIN TƏNZİMLƏNMƏSİ] → [ADC] → [Ağıllı emal modulu] → [Vizuallaşdırma və saxlama]

Şəkil 2. Skanlayıcı sistemin funksional sxemi

Ağıllı məlumatların emalı platforması

Müasir signal emalı və maşın zəkası sadə amplitud izləməsindən kənarında dərin təhlil aparmağa imkan verir.

Davamlığı təmin etmək üçün sistem aşağıdakılardan istifadə edir: adaptiv filtrləmə:

$$y(t) = x(t)\hat{n}(t).$$

Qeyri-stasionar analiz üçün qısamüddətli Furje çevrilməsi (STFT).

Eşik əlamətli anomaliyaların aşkarlanması.

Maşın öyrənməsindən istifadə edərək nümunə tanıma (qeyri-vacib).

Qərar qəbuletmə və s.

Bütün bunlar məntiqi olaraq aşağıdakı alqoritmlə həyata keçirilir:

$$D = \begin{cases} \text{Normal, } \delta h < \delta h_{or} \\ \text{Xəbərdarlıq, } \delta h_{or} < \delta h < \delta h_{lim} \\ \text{Kritik, } \delta h > \delta h_{lim} \end{cases}$$

Real sınaqların aparılması və təklif olunan yeni üsulun adekvatlığının təsdiqlənməsi üçün eksperimental laboratoriya prototipi hazırlanmış və kompüter modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir.

Eksperimental tədqiqatın nəticələri

Laboratoriya prototipi hazırlanmış, sınaqlar

keçirilmiş, alınmış real nəticələr aşağıdakı kimi təsnif olunmuşdur:

– 5 mm-lik dalğanın tədqiqi – skanlaması 0.5 mm dəqiqliklə həyata keçirilmiş və RMS-dən aşağı mikroyuktuasiyaların uğurlu aşkarlanması;

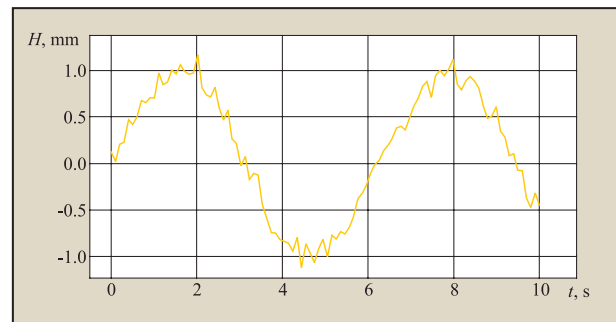
– müxtəlif flyuktuasiya mənbələrinin dəqiq müəyyən edilməsi;

– nəzarət olunan ətraf mühit vibrasiyaları altında etibarlı işləmə və s. reallaşmışdır.

Sınaqlar nəticəsində alınmış göstəricilər, etalon qəbul edilmiş lazer interferometriya sistemi ilə müqayisə edilmiş və səs-küy toxunulmazlığında əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşma müşahidə edilmişdir.

İşlənmiş sistem aşağıdakı xüsusiyyətlərlə fərqlənir: lay deformasiyasından daha çox mikromiqyaslı səth dinamikasına diqqət yetirilir; paylanmış intellektual flyuktuasiya növlərinin təsnifatına imkan verir; neft sənayesi kontekstindən kənarında kiçik, orta və böyükhəcmli rezervuarlara uyğunlaşma.

Kompüter modelləşməsinin nəticələri şəkil 3-də əks olunmuşdur.



Şəkil 3. Mikrodalğalanmanın amplitudunun zaman-dan asılılığı diaqramı

Bu tədqiqatın elmi yeniliyi və praktik əhəmiyyəti:

– stasionar maye səthlərində mikroyuktuasiyaların skan edilməsi üçün yeni bir metoddur;

– multisensorlu intellektual ölçmə, skanlama sistemidir;

– yalnız neft saxlama müəssisələri üçün deyil, həm də müxtəlif təyinatlı obyektlərdə universal tətbiqlər üçün nəzəri və praktik modeldir;

– təhlükəsizlik monitorinqi, diaqnostika və proseslərin avtomatlaşdırılmış nəzarətində praktik əhəmiyyətə malikdir.

Nəticə

Bu üsul və sistem stasionar maye səthlərində kiçik flyuktuasiyaları (dalğalanmaları) skan etmək üçün hərtərəfli nəzəri və praktik metodikaları

özündə birləşdirir, müasir ölçmə texnikası, ilkin informasiyaların itkisiz toplanması, intellektual emalı və səhih qərarların çıxarılması alqoritmləri real intellektual informasiya-ölçmə və adaptiv

idarəetmə multisisteminin prinsiplərini özündə birləşdirir, həssaslıq, uyğunlaşma və şərh olunma baxımından ənənəvi metodlara nisbətən prinsipial üstünlüklərə malik arxitekturada təqdim edilir.

References

1. *Smith A.J., Patel R., Lee C.* Fundamentals of surface wave analysis in industrial liquids. *Applied Ocean Research*, 2018, vol. 78, pp. 62-75.
2. *Isayev M.M.* Development and research of a high-precision information-measurement and management complex for oil production, collection, preparation, transportation and storage processes: *Dissertation of Doctor of Technical Sciences*. 2021, 310 p.
3. *Zhang T., Zhou Y., Li J.* Early fault diagnosis via micro-surface fluctuation analysis. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2020, vol. 67(9), pp. 7608-7617.
4. *Chen X., & Patel S.* Surface dynamics in chemical reactors: A monitoring perspective // *Chemical Engineering Journal*, 2021, vol. 409, p. 128249.
5. *Rosenberg D., Singh A.* Fluid-structure interactions in constrained systems. *International Journal of Mechanical Sciences*, 2022, vol. 215, p. 106995.
6. *Kumar V., Gupta R.* Laser interferometry for micro-surface fluctuation measurement. *Optics Express*, 2022, vol. 30(4), pp. 5890-5905.
7. *Lopez F., Hernandez R., Singh P.* Capacitive sensor arrays for micro-fluid surface monitoring. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2021, vol. 315, p. 112296.
8. *Park J., Lee Y.* High-resolution laser triangulation for stationary liquid surfaces. *Journal of Lightwave Technology*, 2023, vol. 41(2), pp. 412-421.
9. *Mei C.C., Stiassnie M., Yuen H.C.* Theory and Applications of Ocean Surface Waves. *World Scientific*. 2005, 1100 p.
10. *White F.M.* Fluid Mechanics. *McGraw-Hill*. 2016, 800 p.
11. *Klein M., Saylor J.* Thermally induced surface convection effects on free liquid interfaces. *Physics of Fluids*, 2019, vol. 31(11), p. 112105.
12. *Wang L., Zhao X., Wu Q.* Structural vibration coupling to liquid surfaces. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2020, vol. 145, p. 106926.
13. *Díaz J., Morales E.* Acoustic interactions with liquid surfaces in industrial environments. *Journal of Sound and Vibration*, 2021, vol. 507, p. 116198.
14. *Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C.* Time Series Analysis: Forecasting and Control. *Wiley*, 2015, 712 p.
15. *Nguyen T., Brown L.* Noise reduction techniques for precision fluid surface sensing. *Measurement Science and Technology*, 2018, vol. 29(8), p. 085001.
16. *Söderström T., Stoica P.* System Identification. *Prentice Hall International Series in Systems and Control Engineering*, Prentice-Hall, New York, 2021, 612 p.
17. *Bishop C.M.* Pattern Recognition and Machine Learning. *Springer*. New York, 2006, 778 p.
18. *Mallat S. A.* Wavelet Tour of Signal Processing. *Academic Press*. 2009, 805 p.
19. *Hastie T., Tibshirani R., Friedman J.* The Elements of Statistical Learning. *Springer*. 2009, 745 p.
20. *Liu Y., Wu H.* Sloshing and wave dynamics in large storage tanks // *Journal of Fluid Mechanics*, 2019, vol. 865, pp. 1124-1150.

Forecasting natural gas demand using support vector machine (SVM) method

S.E. Imanov

"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute

e-mail: imanovsahin@gmail.com

Keywords: natural gas demand forecasting, support vector machine (SVM), machine learning, energy consumption prediction, nonlinear modeling.

Accurate forecasting of natural gas demand is crucial for energy security, infrastructure optimization, and efficient policy planning. This study investigates the application of the Support Vector Regression (SVR) method for predicting monthly natural gas consumption in Azerbaijan. Data obtained from industrial metering devices covered the period of 2019–2022 for training and 2023 for testing.

By employing logarithmic transformation, feature engineering, and STL decomposition in the modeling process, precise capture of both seasonal cyclicity and non-linear variations was ensured. Evaluation results confirmed high accuracy. The forecast indicators showed close alignment with actual values, successfully replicating winter peaks and summer minimums.

The research results demonstrate that the SVR method is a reliable approach for short-term natural gas demand forecasting and offers practical opportunities for energy system management.

Təbii qaz tələbatının dəstəkləyici vektor maşını (SVM) metodu vasitəsilə proqnozlaşdırılması

Ş.E. İmanov

"Neftqazəlmütədqiqatlayihə" İnstitutu

Açar sözlər: təbii qaz tələbatının proqnozlaşdırılması, dəstəkləyici vektor maşını (SVM), maşın öyrənməsi, enerji sərfiyyatının proqnozlaşdırılması, qeyri-xətti modelləşdirmə.

Təbii qaz tələbatının dəqiq proqnozlaşdırılması enerji təhlükəsizliyi, infrastrukturun optimallaşdırılması və səmərəli siyasət planlaşdırılması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu tədqiqatda Azərbaycan üzrə aylıq təbii qaz sərfiyyatının proqnozlaşdırılması üçün Dəstək Vektor Reqressiyası (SVR) metodunun tətbiqi araşdırılmışdır. İstehsalat ölçü qurğularından əldə olunan verilənlər 2019–2022-ci illəri təlim, 2023-cü ili isə sınaq dövrü kimi əhatə etmişdir.

Modelləşdirmədə loqarifmik transformasiya, xüsusiyyət mühəndisliyi və STL dekompozisiyasından istifadə olunaraq həm mövsümi dövriyyəni, həm də qeyri-xətti dəyişmələrin dəqiq tutulması təmin edilmişdir. Qiymətləndirmə nəticələrin yüksək dəqiqliyini təsdiqləmişdir. Proqnoz göstəriciləri faktiki dəyərlərlə yaxın uyğunluq göstərmiş, qış zirvələrini və yay minimumlarını uğurla təkrarlamışdır.

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, SVR metodu qısamüddətli təbii qaz tələbatının proqnozlaşdırılmasında etibarlı yanaşmadır və enerji sistemlərinin idarə olunması üçün praktik imkanlar təqdim edir.

Прогнозирование спроса на природный газ методом опорных векторов (SVM)

Ш.Э. Иманов

НИПИнефтегаз

Ключевые слова: прогнозирование спроса на природный газ, метод опорных векторов (SVM), машинное обучение, прогнозирование энергопотребления, нелинейное моделирование.

Точное прогнозирование спроса на природный газ имеет важное значение для обеспечения энергетической безопасности, оптимизации инфраструктуры и эффективного планирования политики. В данном исследовании рассмотрено применение метода опорных векторов (SVR) для прогнозирования ежемесячного потребления природного газа в Азербайджане. Данные, полученные с производственных измерительных приборов, охватывают период 2019–2022 гг. в качестве обучающей выборки и 2023 г. в качестве тестовой.

В моделировании использовались логарифмическая трансформация, инженерия признаков и STL-декомпозиция, что позволило точно отразить как сезонную цикличность, так и нелинейные колебания. Результаты оценки подтвердили высокую точность модели. Прогнозные значения тесно соответствовали фактическим данным, успешно воспроизводя зимние пики и летние минимумы.

Полученные результаты показывают, что метод SVR является надежным подходом для краткосрочного прогнозирования спроса на природный газ и может быть использован как практический инструмент для управления энергетическими системами.

Introduction

Natural gas is one of the most important energy resources, serving as a key fuel for electricity generation, residential heating, and industrial production. Accurate forecasting of its demand is essential for energy security, infrastructure optimization, and sustainable policy-making. Natural gas consumption is highly seasonal and strongly influenced by climatic and socio-economic factors, making forecasting particularly challenging. Traditional statistical approaches often fail to capture nonlinearities and sudden fluctuations, especially during peak winter demand periods.

In recent years, machine learning techniques have been increasingly applied to overcome these limitations, with Support Vector Regression (SVR) gaining significant attention. Mohandes [1] was one of the first to demonstrate the effectiveness of SVR for short-term load forecasting, showing clear improvements compared to conventional models. Ceperic et al. [2] later advanced this approach with a refined SVR framework that enhanced forecasting accuracy through optimized feature selection. More recently, Ma et al. [3] applied a Grey–Wavelet SVR model for natural gas supply and demand in China and achieved superior results. Similarly, Gao and Shao [4] proposed a hybrid SVR-based model for annual natural gas consumption forecasting and demonstrated its robustness under complex demand patterns.

Applications of SVR have also expanded into broader energy forecasting contexts. Rao et al. [5] developed a compositional data SVR model to forecast energy demand in China, highlighting its ability to manage nonlinear relationships. Bai [6] proposed a structure-calibrated SVR (SC-SVR) model to predict daily natural gas consumption, achieving accurate results with limited data. Dung and Phuong [7] applied SVR combined with standardized load profiles for short-term electricity demand, while Hong et al. [8] integrated SVR with an immune algorithm to improve electric load forecasting. These studies consistently confirm that SVR offers strong adaptability, accuracy, and robustness in energy forecasting tasks.

Building upon this evidence, the present study applies the SVR method to forecast monthly natural gas demand. By integrating feature engineering, logarithmic transformation, and STL decomposition, the model aims to capture both seasonal dynamics and nonlinear variations, providing a reliable tool for decision-making in energy system planning and operations.

Objective

The objective of this study is to develop and evaluate a Support Vector Machine (SVM) model for forecasting monthly natural gas demand, aiming to improve prediction accuracy and support effective energy system management.

Methodology

The dataset analyzed in this study was collected from the ROC-407 electronic gas flow meter, which functions on the principle of differential throttling. This device provides continuous measurement and recording of gas flow by tracking pressure, differential pressure, and temperature, maintaining high accuracy across different operational conditions. As specified by the manufacturer, the ROC-407 works within a pressure range of 0–5500 kPa, differential pressure up to 62.2 kPa, and temperature limits from –40 to 400 °C, with measurement errors not exceeding $\pm 0.075\%$ for pressure and $\pm 0.28\%$ for temperature. Due to these characteristics, the instrument is widely applied in gas distribution systems for monitoring, billing, and forecasting tasks.



Figure 1. ROC-407 (Remote Operations Controller)

For the purposes of this research, monthly aggregated gas consumption data were obtained from the ROC-407 units installed in the distribution network, covering the period from January 2019 to December 2022 for training, and January to December 2023 for testing. The use of this type of industrial-grade measurement system ensures the precision and reliability of the data, which is essential for building robust time-series forecasting models.

One of the powerful machine learning approaches for regression and forecasting tasks is the

Support Vector Machine (SVM), particularly in its regression form known as Support Vector Regression (SVR). Unlike traditional statistical models, SVM does not assume linearity of the underlying process but instead maps the input data into a higher-dimensional feature space, where nonlinear relationships can be effectively captured.

The SVR model aims to find a function $f(x)$ that deviates from the observed targets by at most a margin ϵ , while maintaining the model as flat as possible. The optimization problem is formulated as:

$$\min_{w,b,\xi,\xi^*} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*), \quad (1)$$

subject to:

$$y_i - (w\phi(x_i) + b) \leq \epsilon + \xi_i, \quad (2)$$

$$(w\phi(x_i) + b) \leq \epsilon + \xi_i^*, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

where w is the weight vector; b is the bias term; $\phi(x)$ is a nonlinear mapping to a higher-dimensional feature space; C is the penalty parameter controlling the trade-off between model complexity and tolerance for deviations larger than ϵ ; ξ_i, ξ_i^* are slack variables that allow for errors outside the ϵ -insensitive zone.

The flexibility of SVM lies in the use of kernel functions, which implicitly define the feature space. Commonly used kernels include:

Linear kernel: $K(x_i, x_j) = x_i \cdot x_j$.

Polynomial kernel: $K(x_i, x_j) = x_i \cdot x_j^2$.

Radial Basis Function (RBF) kernel: $K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2)$.

The RBF kernel is widely applied in energy demand forecasting due to its ability to model nonlinear patterns effectively.

In this study, the SVR model with RBF kernel was implemented for forecasting monthly natural gas demand. The dataset was divided into training and testing subsets, and the hyperparameters C , ϵ , and γ were optimized through grid search and cross-validation. The model performance was evaluated using error metrics such as Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Squared Error (RMSE), ensuring comparability with statistical forecasting models.

Results and discussion

This study employed Support Vector Regression (SVR) with an RBF kernel to forecast month-

ly natural gas demand. The training dataset covered January 2019 to December 2022, while the testing dataset spanned January to December 2023. After uploading to the Python environment, dates were converted to datetime objects and re-sampled at a monthly frequency. To mitigate the impact of extreme seasonal fluctuations, a log transformation was applied, and in some cases, Seasonal-Trend decomposition using Loess (STL) was used to isolate residual components for improved model training. Feature engineering was then performed to capture both short- and long-term dynamics: calendar indicators (month, year, quarter, and cyclical encodings of the month), lagged consumption values at 1, 2, 3, 6, 12, and 24 months, and rolling averages over 3, 6, and 12 months.

Hyperparameter tuning for C , ϵ , and γ was conducted via GridSearchCV with a five-fold TimeSeriesSplit to reduce overfitting and ensure robustness. Forecasting was carried out using a one-step-ahead approach, where each month's prediction depended on past observed values. Model performance was assessed with multiple error metrics – MAE, RMSE, and MAPE for absolute and percentage accuracy. Finally, results were presented through comparative tables and visualizations, including actual versus predicted series, error distributions, and monthly relative errors.

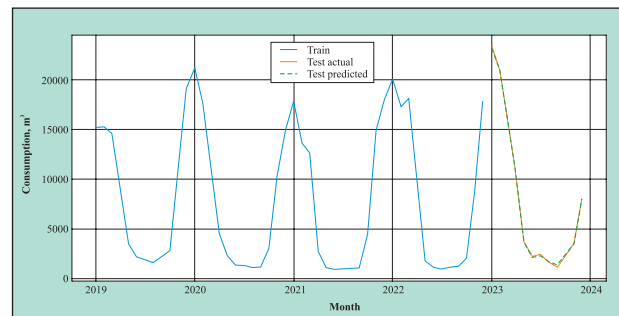


Figure 2. Monthly natural gas consumption: Train, Test, and SVR method forecast

Figure 2 shows monthly natural gas consumption for 2019–2022 (training) and 2023 (test), along with SVR method predictions. The model, supported by logarithmic transformation and STL decomposition, effectively captured the strong seasonal pattern, including winter peaks and summer troughs. During the 2023 test period, predicted values closely matched actual observations, confirming the SVR method's ability to generalize beyond training data and reliably forecast both

seasonal dynamics and short-term variations.

Figure 3 compares actual and predicted natural gas consumption for the 2023 test period using the SVR method. The predicted series closely tracks the observed values across all months, including the winter peak, summer trough, and the rise at year's end. The minimal deviations between the two curves demonstrate the model's high accuracy and its effectiveness in short-term forecasting.

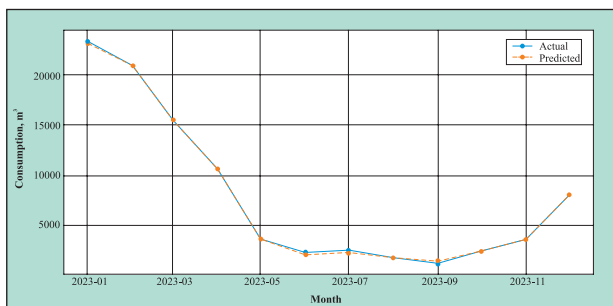


Figure 3. Test period (2023): Actual vs. Predicted natural gas consumption using the SVR method

Figure 4 presents the relative errors of the SVR method during the 2023 test period. Errors generally remained close to zero, indicating accurate forecasts across most months. Slight underestimations occurred in May–July, while September showed the highest positive deviation of about 15 %. Overall, the error profile confirms that the SVR model provides stable and reliable predictions with only minor fluctuations.

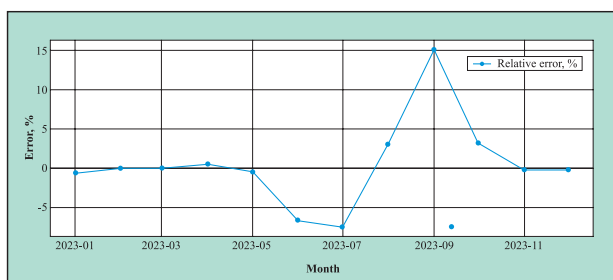


Figure 4. Monthly relative errors (%) of the SVR method during the 2023 test period

Table 1

| Model | MAE | RMSE | MAPE (%) |
|-------|--------|---------|----------|
| SVM | 72.787 | 100.321 | 3.14 |

Table 1 summarizes the performance of the SVM model on the 2023 test dataset. The model achieved a Mean Absolute Error (MAE) of 72.787, a Root Mean Squared Error (RMSE) of 100.321, and a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 3.14 %. These low error values confirm the high predictive accuracy of the SVM method, indicating its suitability for short-term natural gas demand forecasting.

Table 2

| Month | Actual | Predicted | Absolute Error | Relative Error (%) |
|------------|----------|-----------|----------------|--------------------|
| 2023-01-01 | 23397.10 | 23246.61 | 150.48 | -0.64 |
| 2023-02-01 | 20963.80 | 20965.79 | 1.98 | 0.01 |
| 2023-03-01 | 15559.90 | 15561.07 | 1.17 | 0.01 |
| 2023-04-01 | 10587.36 | 10636.99 | 49.63 | 0.47 |
| 2023-05-01 | 3583.49 | 3568.58 | 14.91 | -0.42 |
| 2023-06-01 | 2206.68 | 2059.11 | 147.57 | -6.69 |
| 2023-07-01 | 2429.80 | 2245.72 | 184.08 | -7.58 |
| 2023-08-01 | 1625.31 | 1675.28 | 49.97 | 3.07 |
| 2023-09-01 | 1174.16 | 1352.24 | 178.08 | 15.17 |
| 2023-10-01 | 2258.12 | 2330.50 | 72.37 | 3.20 |
| 2023-11-01 | 3520.08 | 3513.89 | 6.19 | -0.18 |
| 2023-12-01 | 8046.72 | 8029.71 | 17.01 | -0.21 |

Table 2 presents the month-by-month comparison of actual and predicted natural gas consumption in 2023 using the SVM model. The results show that prediction errors were generally small, with relative errors close to zero in most months. The highest deviations occurred in June (-6.69 %) and September (+15.17 %), while in several months such as February, March, and December, the model reproduced consumption almost exactly. Overall, the table confirms that the SVM model provided stable and accurate forecasts across the entire test period.

The findings confirm that the Support Vector Machine (SVM) method provides highly accurate forecasts of monthly natural gas demand, capturing both strong seasonal cycles and short-term fluctuations. With low error values, the model demonstrated reliability in reproducing winter peaks and summer troughs, making it suitable for short-term forecasting in gas distribution networks. While most months showed predictions very close to actual values, deviations in June and September suggest that unusual climatic or socio-economic factors not included in the dataset may influence model performance.

These results align with prior research emphasizing the strength of machine learning methods in energy demand forecasting, particularly their ability to model nonlinear relationships. The application of log transformation and STL decomposition further enhanced accuracy by stabilizing variance and isolating seasonality. However, limitations remain, as extreme consumption spikes can reduce predictive precision. Future improvements may include hybrid approaches (e.g., SARIMA-SVM or SVM-LSTM) and the integration of exogenous

variables such as temperature or economic indicators to further strengthen forecasting performance and practical applicability in energy system management.

Conclusion

This study applied the Support Vector Machine (SVM) method to forecast monthly natural gas demand using data from 2019–2023. The model, enhanced with log transformation and STL decomposition, effectively captured strong seasonal patterns and short-term fluctuations. Evaluation on the 2023 test dataset demonstrated high predictive accuracy, confirming the reliability of the

SVM approach for short-term forecasting.

The results highlight the potential of machine learning techniques to complement or outperform traditional time series models in energy demand prediction. While some deviations occurred during atypical consumption months, the overall performance shows that SVM can serve as a robust tool for supporting operational planning, energy policy, and infrastructure management. Future research should focus on hybrid modeling strategies and the integration of external factors such as temperature and economic indicators to further improve accuracy and adaptability.

References

1. *Mohandes M.* Support vector machines for short-term electrical load forecasting // International Journal of Energy Research, 2002, vol. 26(4), pp. 335-345.
2. *Ceperic E., Ceperic V., Baric A.* A strategy for short-term load forecasting by Support Vector Regression machines // IEEE Transactions on Power Systems, 2013, vol. 28(4), pp. 4356-4364.
3. *Ma X., Deng Y., Yuan H.* Forecasting the natural gas supply and consumption in China using a novel grey wavelet support vector regressor // Systems, 2023, vol. 11(8), p. 428.
4. *Gao F., Shao X.* Forecasting annual natural gas consumption via the application of a novel hybrid model // Environmental Science and Pollution Research, 2021, vol. 28, pp. 21411-21424.
5. *Rao C., Zhang Y., Wen J., Xiao X., Goh M.* Energy demand forecasting in China: A support vector regression–compositional data second exponential smoothing model // Energy, 2023, vol. 263, Art. 125955.
6. *Bai Y.* Daily natural gas consumption forecasting based on a structure-calibrated support vector regression (SC-SVR) approach // Energy Conversion and Management, 2016, vol. 122, pp. 49-59.
7. *Dung N.T., Phuong T.* Short-term electric load forecasting using standardized load profile (SLP) and SVR // Engineering, Technology & Applied Science Research, 2019, vol. 9(2), pp. 3925-3929.
8. *Hong W.C., Dong Y., Lai C.Y., Chen L.Y.* Electric load forecasting by support vector regression with immune algorithm // Energy, 2009, vol. 34(1), pp. 78-90.

Xəzər dənizində hidrotexniki qurğuların seysmik və digər dinamik təsirlərə təhlükəsizliyinin bəzi aktual məsələləri haqqında

Y.E. Əhmədov, f.-r.ü.f.d., İ.Q. Hüseynov, t.e.n., A.T. İsmayılova

Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzi

e-mail: ismailova-almaz@mail.ru

Açar sözlər: seysmika, hidrometeoroloji təsir, hidrotexniki qurğular, konstruktiv möhkəmlik, yorğunluq, təhlükəsizlik.

Məqalədə Xəzər dənizində istismarda olan hidrotexniki neft-qaz qurğularının konstruktiv möhkəmliyinin itirilməsi hesabına baş verən qəza və sıradançıxma hallarına səbəb olan amillər göstərilmiş, bu amillərdən seysmik və ekstremal hidrometeoroloji təsirlərə qurğuların hesabatında yol verilmiş xəta və boşluqlar müqayisəli şəkildə qiymətləndirilmişdir.

Qurğuların istismar təhlükəsizliyinin təminatında həlledici əhəmiyyətə malik dövrü nəzarət-yoxlama və diaqnostika işlərinin təhlükəsizlik haqqında qanunların tələblərinə cavab vermədiyi göstərilmişdir. Təhlükəsizliyin təminatında yol verilən bu boşluqlar nəticəsində bir çox qurğuların yorğunluğa qarşı uzunömürlülüyünün təmin olunmadığı müvafiq hesablamalarla göstərilmişdir.

Tədqiqatların nəticəsi olaraq qurğuların mümkün qəza və sıradançıxma hallarının əvvəlcədən müəyyən edilərək qarşısının alınması məqsədi ilə müvafiq qabaqlayıcı texniki və təşkilati tədbirlərin görülməsi üçün seysmodinamik monitoring üsulunun tətbiqi tövsiyə edilmişdir.

О некоторых актуальных вопросах безопасности гидротехнических установок от сейсмических и других динамических воздействий в Каспийском море

Я.Э. Ахмедов, д.ф.ф.-м.н., И.Г. Гусейнов, к.т.н., А.Т. Исмаилова

Республиканский центр сейсмологической службы

Ключевые слова: сейсмичность, гидrometeorологическое воздействие, гидротехнические сооружения, прочность конструкций, усталость, безопасность.

Рассмотрены факторы, вызывающие аварии и отказы вследствие потери прочности конструкций гидравлических нефтегазовых установок, эксплуатируемых в Каспийском море, а также проводится сравнительная оценка ошибок и пробелов в отчетности установок о сейсмических и экстремальных гидrometeorологических воздействиях.

Показано, что периодические контрольно-инспекционные и диагностические работы, имеющие решающее значение для обеспечения эксплуатационной безопасности установок, не соответствуют требованиям законодательства в области безопасности. В результате этих пробелов в обеспечении безопасности с помощью соответствующих расчетов показано, что усталостная долговечность многих установок не обеспечена.

По результатам исследования рекомендуется применять метод сейсmodинамического мониторинга для принятия соответствующих профилактических технических и организационных мер с целью заблаговременного выявления и предотвращения возможных аварий и отказов установок.

On some topical issues of safety of hydraulic installations from seismic and other dynamic impacts in the Caspian Sea

Ya.E. Akhmedov, PhD in Phys.-Math.Sc., I.Q. Quseynov, Cand in Tech. Sc., A.T. Ismailova

Republican Seismic Survey Azerbaijan national Academy of Sciences

Keywords: seismicity, hydrometeorological impact, hydraulic structures, structural strength, fatigue, safety.

This article examines the factors causing accidents and failures due to structural failures in hydraulic oil and gas installations operating in the Caspian Sea. It also provides a comparative assessment of errors and gaps in installation reporting on seismic and extreme hydrometeorological impacts.

It is shown that periodic inspection and diagnostic work, crucial for ensuring the operational safety of installations, does not comply with safety legislation. As a result of these safety gaps, calculations have shown that the fatigue life of many installations is not ensured.

Based on the study's results, it is recommended to use seismodynamic monitoring to implement appropriate preventive technical and organizational measures for the early detection and prevention of potential accidents and installation failures.

Müasir dövrdə Xəzər dənizi yalnız gəmiçilik və balıqçılıq üçün deyil, həm də sualtı neft-qaz yataqlarının mənimsənilməsi üçün Xəzərtrafi dövlətlər tərəfindən intensiv istismar olunur. Bu məqsədlə dənizin müxtəlif dərinlikli akvatoriyalarında və sahilyanı zonalarında sualtı və suüstü qurğu və kommunikasiyalar, sənaye obyektləri və yardımçı strukturlar yaradılmışdır. Ağır və aqressiv dəniz şəraitində istismar olunan bu obyektlərin hər biri öz təyinatı üzrə böyük istismar və istehsal imkanlarına malik olmaqla bərabər hər hansı qeyri-normativ ekstremal təsirlər və ştatdankənar texnoloji istismar rejimləri şəraitində son dərəcə böyük texniki, ekoloji təhlükə və fəlakətlər yaratmaq potensialına da malikdir. Son onilliklər ərzində Xəzər dənizində baş vermiş belə fəsadların ağır nəticələrinin dəfələrlə şahidi olmuşuq.

Xəzər dənizində uzunmüddətli istismarda olan hidrotexniki neft-qaz mədən qurğularının texniki vəziyyəti üzərində sistemli şəkildə aparılan nəzarət-yoxlama və təmir-bərpa işlərinin nəticələrinin çoxillik statistikasını göstərir ki, bu qurğuların öz təyinatları üzrə funksionallığının itirilməsi, qəza və sıradançıxma halları bir qayda olaraq aşağıdakı səbəblərdən baş verir [1,2]:

- qeyri-normativ xarici təsirlər nəticəsində;
- layihələndirmə və inspeksiya-diaqnostika işlərində istifadə olunan normativlərin qeyri-mükəmməl olması nəticəsində;
- istismar şərtlərinin pozulması və ya təyinatından kənar istismar zamanı;
- texniki nəzarət və yoxlama işlərinin vaxtında və düzgün aparılmaması və ya bu işlərin nəticələrinə əsasən düzgün diaqnostikanın olmaması;
- texniki təhlükəsizlik tələblərinə əməl olunmaması.

Məsələnin predmeti və tədqiqi

Hidrotexniki qurğuların təhlükəsiz istismarı onların layihələndirilməsi, tikintisi və istismarı prosesində həlledici təsirə malik bir çox tələblərin təmin olunmasından asılıdır. Bu tələblərin əksəriyyəti zəruri normativ sənədlər və qanunverici aktlar şəklində tərtib və təsdiq olunaraq hüquqi sənəd kimi yerinə yetirilməsi məcburi xarakter daşıyır. Buna baxmayaraq hər bir hidrotexniki qurğunun tikintisi və istismarı prosesində bir sıra obyektiv və subyektiv səbəblərdən bu tələblərin bəzilərinin ödənilməməsi baş verir. Məhz ona görə də müxtəlif səviyyəli nəzarətedici strukturlar bu yol verilmiş boşluqları vaxtında aşkar edərək aradan qaldırılmalı olur. İstismarda olan bəzi hidrotexniki qurğuların normativ möhkəmlik və dayanıqlıqla-

rında olan qüsurlar və çatışmazlıqların eksperimental və nəzəri tədqiqi tərəfimizdən müxtəlif vaxtlarda aparılaraq nəticələri texniki mətbuatda dərc olunmuşdur [3–5].

Aktiv seysmotektonik və ekstremal hidrometeoroloji amillərin təsiri şəraitində istismar olunan, üzərində yanğın və partlayış təhlükəli mürəkkəb texniki və texnoloji proseslər həyata keçirilən dəniz qurğuları yüksək təhlükəlilik potensialına malik olub öz texniki vəziyyətləri və istismar resurslarının bütün istismar müddəti ərzində nəzarətdə saxlanılmasını və normativ tələblərə uyğunluğunun təmin edilməsini tələb edir.

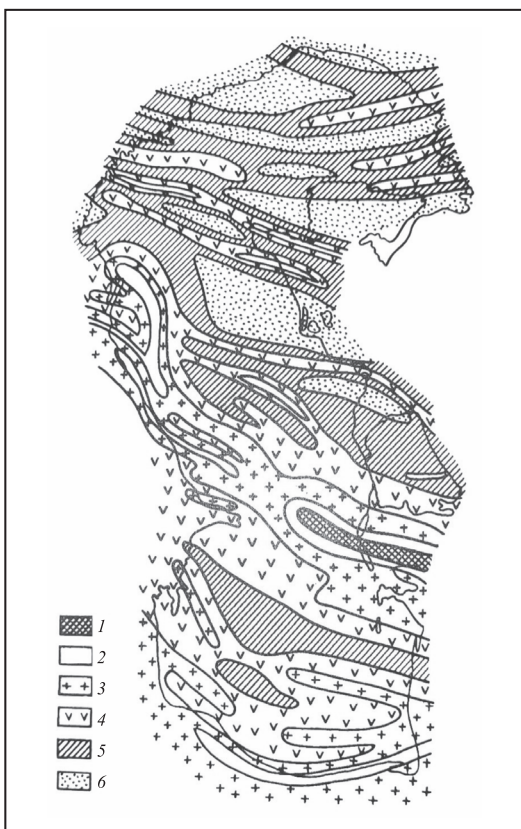
Mövcud statistikaya görə hidrotexniki qurğuların konstruktiv möhkəmliyi və dayanıqlığının istismar nəticəsində baş verən qəza və sıradançıxma hallarının əksəriyyəti əsasən ekstremal dinamik təsirlərə görə baş verir. Təqdim olunan məqalə hazırdır istismarda olan dəniz qurğularının dinamik təsirlərə konstruktiv təhlükəsizliyinin təmin olunması səviyyəsinin tədqiqinə və bu sahədə olan mövcud boşluqların mümkün nəticələrinin qarşısının alınması üçün zəruri qabaqlayıcı elmi-texniki və təşkilati tədbirlərə həsr olunmuşdur. Bu məqsədlə əsasən aşağıdakı dinamik təsirlərə qarşı qurğuların təhlükəsizlik təminatı nəzərdən keçirilir: qurğuların seysmik təsirlərə qarşı təhlükəsizliyinin təminatı, istismar olunduğu akvatoriyada hidrometeoroloji təsirlərə qarşı təhlükəsizliyinin təminatı, qurğuların yorğunluğa qarşı təhlükəsizliyinin təminatı, hidrotexniki qurğuların istismarı və təhlükəsizliyinə aid bəzi sənədlərin tətbiqi və texniki vəziyyətinə operativ nəzarət üçün seysmodinamik üsulun tətbiqi.

Şübhəsiz ki, bu təsirlərin hər birinə platforma qurğuları layihələndirilərkən müvafiq normativlər üzrə hesablanmaqla onların uyğun konstruktiv təhlükəsizliyi təmin edilməlidir. Lakin Xəzər dənizi akvatoriyalarında qurğular tikilərkən, keçmiş SSRİ məkanında bu qurğuların analoqu olmadığından müvafiq normativ baza da mövcud deyildi. Ona görə də bu konstruksiyaların hesabatında bir qayda olaraq, qismən yaxın inşaat sahələrinin uyğun normativlərindən istifadə edilmişdir. Məhz bu səbəbdən, sonradan məlum olduğu kimi, bu təsirlər bir çox hallarda, xüsusən böyük dərinlik qurğularının hesabatında böyük xətalara qiymətləndirilmişdir.

Seysmik təsirə hesablamanın qiymətləndirilməsi

Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorunun neft-qaz hasilatı aparılan əraziləri aktiv seysmik zo-

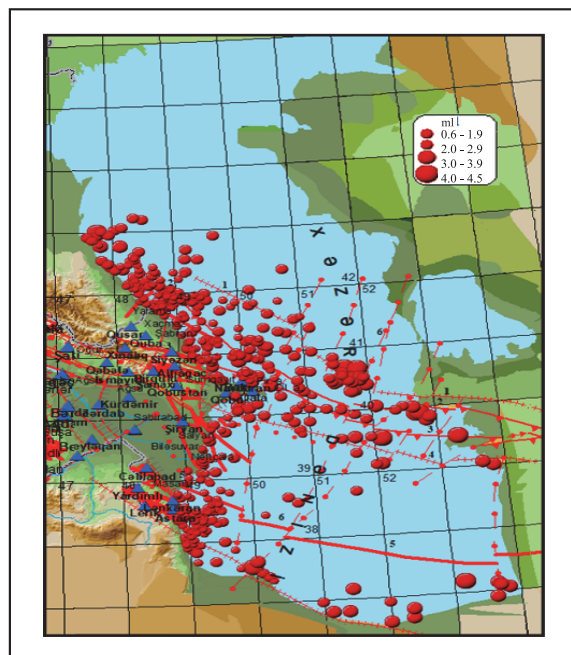
nadır. Burada ciddi seysmotektonik tədqiqatlar nəticəsində seysmik rayonlaşdırma aparılmadan yüksək təhlükə potensialı sənaye obyektləri tikilmişdir. Bu obyektlərin layihələndirilməsi zamanı ərazinin seysmikliyi olaraq yaxın sahil ərazilərin seysmikliyi qəbul edilmişdir. Halbuki neft-qaz mədən qurğuları öz təhlükəsizlik təminatına görə bu akvatoriya ərazilərinin dənizdibi seysmik stansiyalarla əhatə olunmasını tələb edir. 1980-ci illərin əvvəllərindən bu məsələnin Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkəti qarşısında bir neçə dəfə qaldırılmasına baxmayaraq, son illərdə müəyyən işlər görülsə də, hələlik seysmik şəraitə nəzarət etmək üçün stansiyalar yaratmaq mümkün olmayıb.



Şəkil 1. Xəzər dənizi ərazisinin seysmotektonik rayonlaşdırılması:

1-6 seysmikliyin intensivliyi uyğun olaraq – 10, 9, 8, 7, 6 və 5 ballıdır

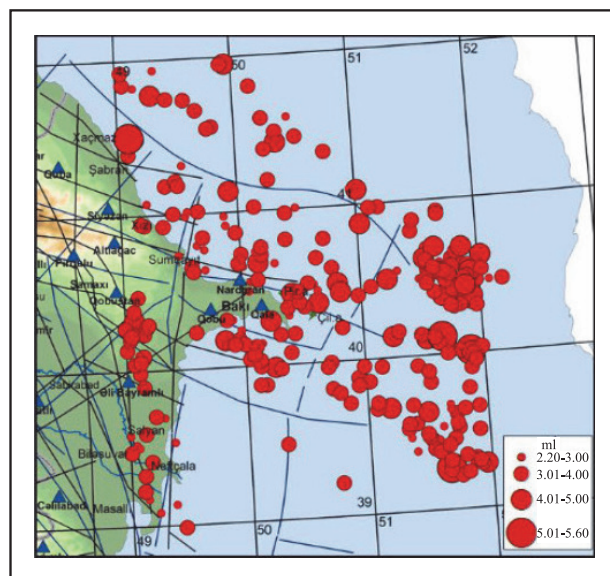
Qeyd edək ki, 1980-ci illərin əvvəllərinə qədər Xəzər akvatoriya ərazilərində tikilən hidrotexniki qurğuların əksəriyyəti o dövrdə qüvvədə olan normativ sənədə əsasən seysmiklik 7 ballı qəbul edilməklə, sonradan isə seysmiklik 8 ballı qəbul edilməklə normativ sənədə əsasən seysmik təsirə hesablanmışdır [6, 7]. Yalnız 1980-ci illərin sonunda Xəzər neft-qaz yataqları ərazisində qismən də olsa seysmotektonik tədqiqatlar aparılmışdır [8]. Bu tədqiqatlar yataqların ərazilərində seysmikliyin



Şəkil 2. 2023-cü il ərzində Xəzər akvatoriyasında baş vermiş zəlzələlərin qırılmalar üzrə episentrlər xəritəsi.

Qırılmalar:

1 – Aqraxan-Krasnovodsk; 2 – Maxaçkala-Krasnovodsk; 3 – Abşeron-Balxanyanı; 4 – Səngəçal-Oqurçu; 5 – Mil-Çıxışlar; 6 – Qaraboğaz-Safidrud; 7 – Laxiridcan



Şəkil 3. 2003–2024-cü illər ərzində Xəzər meqazonasının Azərbaycan akvatoriyasında baş vermiş zəlzələlərin episentrlər xəritəsi

şərti qəbul edilmiş qiymətindən fərqli olduğunu göstərdi (şəkil 1). Məsələn, seysmikliyi 8 ballı qəbul edilmiş Günəşli yatağı ərazisinin çox hissəsində intensivliyin 9 ballı, bəzi hissələrində isə hətta 10 ballı olduğu müəyyən edildi.

Son dövrlərdə Mərkəzi Xəzər dərinlik qırılmaları üzrə, habelə Abşeron–Çiləkən astanası boyunca güclənən seysmik aktivlik aparılmış tədqiqatların reallığa yaxın olduğunu göstərir (şəkil 2, 3).

Beləliklə, platformaların, xüsusən dərinlik platformalarının seysmik hesabında intensivlik ən azı 1-2 ball az qəbul edilmişdir. Platformaların seysmik dayanıqlığının təminatında ikinci məcburi xəta o dövrlərdə mükəmməl proqram təminatı olmadığına görə konstruksiyaların fəza konstruksiyası kimi hesabının mümkün olmaması olmuşdur. Bu fakt Çıraq yatağının abadlaşdırılmasında istifadə olunmuş köhnə blok konstruksiyasının xaricdə aparılmış seysmik hesabı zamanı bir daha təsdiq edildi. Nəticədə blokun bir çox elementləri yenidən gücləndirildi.

Buna görə də hazırda istismarda olan platforma konstruksiyaları yerləşdikləri ərazilərin seysmikliyinin düzgün təyin olunmadığından və hesab metodikasının qeyri-adekvat olduğundan zəruri dayanıqlığı təmin edəcək yükədən 2.5–3 dəfə az olan seysmik yükə hesablanmışdır [9].

xarici normalara görə isə 50 %-i nəzərə alınmamışdır. Hesabat metodikasının seçiminə görə isə bu fərq 40–60 % təşkil edir, yəni 100 m dərinlikdə olan bir platformada təxminən 400–600 t (köhnə vahidlə) yük nəzərə alınmır [14].

Qurğuların yorğunluğa qarşı təhlükəsizliyinin təminatı

Xəzər dənizində istismarda olan neft-qaz mədən qurğularının hamısı daima tsiklik dinamik yüklənməyə məruz qalmasına baxmayaraq heç birinin yorğunluğa hesabı aparılmamışdır. Səbəbi isə bu qurğuların SSRİ məkanında ilk dəfə yaradılması və uyğun hesab metodikasının olmaması idi. Lakin qurğuların istismar müddətində məruz qaldığı dinamik yüklərin (külək, dalğa, seysmika) normativ həddinin təyininə yol verilmiş boşluqlar tsiklik dinamik təsirlər zamanı özü-

Cədvəl 1

| Qasırgılar | Dənizin müxtəlif dərinlikləri üçün dalğa yükü, kN | | | |
|---|---|------------|------------|------------|
| | h=50 m | h=60 m | h=84.5 m | h=100 m |
| 4 % təminatlı qasırgıya, $v \approx 40$ m/s | 127 | 118 | 118 | 118 |
| 2 % təminatlı qasırgıya, $v \approx 40$ m/s | 160/26 % | 149/26.3 % | 140/18.6 % | 140/18.6 % |
| 1 % təminatlı qasırgıya, $v \approx 40$ m/s | 200/57.5 % | 183/55.0 % | 179/51.7 % | 179/51.7 % |

Cədvəl 2

| Dalğa yükünün növü | Dənizin müxtəlif dərinlikləri üçün dalğa yükü, kN | | | |
|--------------------------------|---|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | TN və L-ə görə | Ə.M.İbrahimova görə | API Eri nəzərə alın | API Stoks nəzərə alın |
| Əvəzləyici dalğa yükü | 1 | 1.04 | 1.03÷1.21 | 1.21÷1.42 |
| Maksimal əvəzləyici dalğa yükü | $ x =1$ | 1×1.31 | 1.39÷1.63 | 1.63÷1.92 |

Külək dalğalarının təsirinə hesablamanın qiymətləndirilməsi

İstismarda olan quyulara külək dalğalarının təsiri o dövrdə qüvvədə olan normativ sənədlərə əsasən aparılmışdır [11, 12]. Bu sənədlərə əsasən konstruksiyaların hesablanması olduğu 2 % təminatlı dalğa olaraq 1957-ci ildə baş vermiş qasırgıya zamanı müşahidə olunmuş sürəti ≈ 40 m/s olmuş küləyin yaratdığı dalğa qəbul olunmuşdur. Sonrakı tədqiqatlar göstərmişdir ki, əslində 2 % təminatlı qasırganın sürəti ≈ 40 m/s deyil, ≈ 42 m/s-dir və platformalar əsaslandırılaraq 1 % təminatlı qasırgıya hesablanmalıdır [13].

Quyuların dalğa yükünə hesabı zamanı normativ qasırgıya sürətinin seçilməsində yol verilmiş xətanın və hesab metodikasının seçiminin dalğa yükünə təsiri müqayisəli şəkildə cədvəl 1 və 2-də verilmişdir.

Cədvəllərdən göründüyü kimi, yalnız hesab qasırganının seçilməsində yol verilmiş xəta hesabına dalğa yükünün TN və L-ə görə ən azı 19 %-i,

nü elementlərdə yaranan gərginliklərin yorğunluq yarada biləcək həddinin yüksəlməsinə səbəb olmaqla yorğunluq prosesinin sürətlənməsində özünü göstərir. Nəticədə qurğunun istismar müddəti nəzərə alınmayan dərəcədə qısalmış olur. Bu vəziyyət tərəfimizdən dərinlik platformalarının xarakterik düyün birləşməsi üçün Amerika normalarına (ANİ) əsasən hesablanaraq ətraflı şərh edilmişdir [14]. Orada normaların məlum düsturundan və Xəzərdə il ərzində mümkün olan dalğa parametrlərinin verilmiş qiymətlərindən istifadə olunmaqla yorğunluq resursunun ən güzəştli şərtlərlə 29 il olduğu göstərilmişdir [3]:

$$N = 2 \cdot 10^6 \left[\frac{\Delta\sigma}{\Delta\sigma_{\text{ref}}} \right]^m,$$

burada N – düyün birləşməsinin dağılmadan istismar oluna biləcəyi tsikllərin sayı; $\Delta\sigma$ – gərginlik amplitudu, $\Delta\sigma_{\text{ref}} = 21$ MPa – empirik parametr,

$m = 4.38$ – əmsaldır. Nəzərə alsaq ki, dərinlik platformalarının layihə istismar müddəti şərti olaraq 50 il qəbul edilmişdir və bu platformaların çoxu hal-hazırda 30 ildən çoxdur ki, istismar olunur, onda bu qurğuların sonrakı müddətdə möhkəmlik təminatının olmadığını görürük, yəni düyünlərdə dağılmanın baş verməsi mümkündür. Halbuki mövcud tikinti normaları yorğunluq resursunun istismarı müddətindən ən azı 2 dəfə böyük olmasını tələb edir.

Hidrotexniki qurğuların istismarı və təhlükəsizliyinə qarşı bəzi sənədlərin tətbiqi haqqında

Nəzərdən keçirdiyimiz dinamik təsirlərə qarşı qurğuların təhlükəsizliyinin təminatında qeyd edilən boşluqlar qəza və sıradançıxma hallarının istənilən ekstremal vəziyyətlərdə labüdlüyünü şərtləndirir. Məhz belə mümkün hallara qarşı hazırlanaraq 2003-cü ildən qüvvədə olan “Hidrotexniki qurğuların təhlükəsizliyi haqqında” AR Qanununda xüsusi tədbirlər nəzərdə tutulmuşdur [1]. Burada bir sıra zəruri təşkilati məsələlərlə bərabər hər bir qurğunun təhlükəsiz istismarını təmin edə biləcək həyati vacib hissə və elementlərinin təhlükəsizlik meyarlarının, yəni ən ekstremal istismar şəraitində belə onların zəruri möhkəmliyi və dayanıqlığını təmin edən fiziki, mexaniki və texniki göstəricilərinin müəyyən edilməsi, hər bir qurğu üçün bu meyarları əks etdirən xüsusi Təhlükəsizlik Bəyannaməsinin tərtib edilməsi təsbit olunmuşdur. Bu qanunun tələblərinə görə bütün istismar müddəti ərzində qurğuların dövrü olaraq həyata keçirilən texniki yoxlama-nəzarət işləri zamanı bu meyarların təmin olunub-olunmaması birmənalı qiymətləndirilməlidir. Təəssüflə qeyd olunmalıdır ki, qurğuların istismarı üzrə normativ sənəddə göstərilmiş Təhlükəsizlik Bəyannaməsinin bəndləri bu tələblərə cavab vermir [2]. Əslində əlavədə nümunə kimi verilmiş bu sənəd dəniz qurğularına aid olmayıb, quru ərazilərdə olan hidrotexniki qurğular üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Hidrotexniki qurğuların texniki səviyyəsinə operativ nəzarət üçün seysmodinamik üsulun tətbiqi

İstismarda olan hidrotexniki qurğuların ekstremal təsirlər zamanı qəza və sıradançıxma hallarının istisna olunmadığını və buna görə də zəruri

olan daha sıx qrafiklə aparılmalı olan detal nəzarət-yoxlama işlərinin böyük vaxt, əmək və vəsait sərfi tələb etdiyini nəzərə alaraq onların texniki vəziyyətlərini operativ qiymətləndirmək üçün xüsusi seysmodinamik üsul işlənmişdir [9]. Metod obyektin dinamik parametrlərini seysmik cihazlarla müəyyən edərək sadə kameral hesablamalarla onların faktiki vəziyyətlərini qiymətləndirməyə imkan verir. Metod real platformada ənənəvi üsullarla müqayisəli şəkildə sınaqdan keçirilmişdir.

Beləliklə, seysmodinamik üsul böyük əmək və vəsait sərf etmədən obyektin mümkün sıradançıxmasının vaxtında aşkar edilərək zəruri təhlükəsizliyinin təminatı üçün qabaqçılıq tədbirlərin görülməsinə şərait yaradır.

Nəticə

1. İstismarda olan dəniz hidrotexniki qurğularına təsir edən dinamik yüklərin normativ parametrləri layihələndirmə zamanı faktiki real səviyyələrinə adekvat qiymətləndirilmədiyinə görə onların təhlükəsiz təminatı normativ tələblərə cavab vermir.

2. Qeyd olunan səbəblərə görə qurğuların faktiki istismar resursları nəzərəcarpacaq dərəcədə məhdudlaşa bilər.

3. Qurğularda normativ tələblər üzrə aparılan nəzarət-yoxlama və texniki inspeksiya işlərinin nəticələri Təhlükəsizlik haqqında Qanunun tələblərinə cavab vermir.

4. Göstərilən çatışmazlıqlar nəticəsində qurğuların mümkün qəza və sıradançıxma hallarının qarşısının alınması və ya təsirin minimuma endirilməsi üçün zəruri operativ qabaqçılıq tədbirlərdən biri kimi işlənmiş seysmodinamik üsulun tətbiqi tövsiyə olunur.

5. Qurğuların təhlükəsizlik təminatında mövcud olan bu boşluq qeyd olunan Təhlükəsizlik Haqqında Qanunda nəzərdə tutulan tədbirlərin icrası ilə və bu məqsədlə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin “Təhlükə potensialı obyektlərin təhlükəsiz istismarının təmin edilməsi sahəsində dövlət müəssisələrinin fəaliyyətinin koordinasiyası komissiyasının yaradılması barədə” sərəncam əsasında aidiyyətli elmi-texniki potensialı bu problemin həllinə cəlb etməklə aradan qaldırıla bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. “Hidrotexniki qurğuların təhlükəsizliyi haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanunu. № 412-İİQ, 27.12.2002-ci il.
2. MS 1669347-13-2009. Xəzər dənizində neftqazmaddən hidrotexniki qurğularının istismarı. Bakı. 2010.
3. “Günəşli” yatağında yerləşən 1 №-li dəniz stasionar platformasının sonrakı istismar mümkünlüyünün təyin edilməsi üçün onun texniki vəziyyətinin inspeksiyası və diaqnostikası. “28 May” NQÇİ, 07 № li hesabat. 1996-cı il, 186 s.
4. Ахмедов Я.Э., Мамедов Б.М., Махмудов М., А.С. ССР № 1573133, кл. В 15,00. Способ испытания буровых вышек в промысловых условиях неразрушающим динамическим методом. 1990.
5. Əhmədov Y.E., Əliyev T.X., Mustafayev Ş.İ., İsmayilova A.T. Xəzər dənizində gizlənmiş ekoloji fəlakət. // Ekologiya və su təsərrüfatı, 2021, № 3.
6. СНУП II-A 12-69. Строительство в сейсмических районах. Москва. 1970.
7. СНУП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. Москва. 1981.
8. Ибрагимов А.М. Нефтегазопромысловые гидротехнические сооружения. – М.: “Недра”, 1996.
9. Ахмедов Я.Э., Исмаилова А.Т. Сейсmodинамический метод оценки остаточных прочностных ресурсов морских и других высотных сооружений. Международный научно-практический журнал. Алматы Казахстан. 20 января 2023.
10. “Hidrotexniki qurğuların təhlükəsizliyi haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanunu. № 412-İİQ, 27.12.2002-ci il.
11. СНУП II-57-7. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновое, ледовые и от судов). Москва. 1976.
12. СНУП 2-06-04-82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновое, ледовые и от судов). Москва, ЦИТП Госстроя СССР. 1986.
13. SIN 0136002-57-98. Sahə inşaat normaları. “Dəniz stasionar platformaların layihələndirilməsi”. Bakı. 1988.
14. Əhmədov Y.E., Hüseynov İ.Q., Mustafayev Ş.İ., İsmayilova A.T. Dəniz qurğularının dinamik möhkəmliyinin təhlükəsizliyin təminatında rolu // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2023, № 2, s. 37-44.

References

1. “Hidrotexniki qurğuların təhlükəsizliyi haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanunu. № 412-IIQ, 27.12.2002-ci il.
2. MS 1669347-13-2009. Xəzər dənizində neftqazmaddən hidrotexniki qurğularının istismarı. Bakı. 2010.
3. “Guneshli” yataghında yerleshen 1 № li deniz stasionar platformanın sonrakı istismar mumkunluyunun teyin edilməsi uchun onun texniki veziyyetinin inspeksiyası ve diaqnostikası. “28 May” NQCHI, 07 № li hesabat. 1996-cı il, 186 s.
4. Ahmedov Ya.E., Mamedov B.M., Mahmudov M., A.S. SSR № 1573133, kl. V 15,00. Sposob ispytaniya burovyykh vyshek v promyslovykh usloviyakh nerazrushayushchim dinamicheskim metodom. 1990.
5. Ehmədov Y.E., Eliyev T.X., Mustafayev Sh.I., İsmayilova A.T. Xəzər dənizində gizlənmiş ekoloji fəlakət // Ekologiya ve su teserrufati, 2021, № 3.
6. SNiP II-A 12-69. Stroitel'stvo v seysmicheskikh rayonakh. Moskva. 1970.
7. SNiP II-7-81. Stroitel'stvo v seysmicheskikh rajonakh. Moskva. 1981.
8. Ibragimov A.M. Neftgazopromyslovye gidrotekhnicheskie sooruzheniya. – M.: Nedra, 1996.
9. Ahmedov Ya.E., Ismailova A.T. Seysmodinamicheskiy metod otsenki ostatechnykh prochnostnykh resursov morskikh i drugikh vysotnykh sooruzheniy. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy dzhurnal. Almaty Kazahstan. 20 yanvarya 2023.
10. “Hidrotexniki qurghularin tehlukesizliyi haqqinda” Azerbaycan Respublikasi Qanunu. № 412-IIQ, 27.12.2002-ci il.
11. SNiP II-57-7. Nagruzki i vozdeystviya na gidrotekhnicheskie sooruzheniya (volnovoe, ledovye i ot sudov). Moskva. 1976.
12. SNiP 2-06-04-82. Nagruzki i vozdeystviya na gidrotekhnicheskie sooruzheniya (volnovoe, ledovye i ot sudov). Moskva, CИT P Gosstroya SSSR. 1986.
13. SIN 0136002-57-98. Sahe inshaat normalari. “Deniz stasionar platformaların layihelendirilmesi”. Baki. 1988.
14. Ehmədov Y.E., Huseynov I.Q., Mustafayev Sh.I., İsmayilova A.T. Deniz qurghularının dinamik mohkemliyinin tehlukesizliyin teminatında rolu // Azerbaycan neft teserrufati, 2023, № 2, s. 37-44.

2.2-dimetilolpropanın mürəkkəb efirləri yeni sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi

H.N. Qurbanov, k.e.d., A.T. Şərifov
Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

e-mail: qurbanovhuseyn23@gmail.com

Açar sözlər: dimetilolpropanın mürəkkəb efirləri, sürtkü yağları, istismar xassələri, quruluş-xassə asılılığı, aviasiya yağları.

2.2-dimetilolpropanın (neopentilqlikolun – NPQ) C_6 - C_9 alifatik monokarbon turşuları ilə simmetrik, qeyri-simmetrik efirləri sintez olunmuş, onların fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur, termooksidləşmə stabillikləri (TOS) öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, bu efirlər müsbət temperaturda nisbətən orta özlülük dərəcəsinə (100 °C-də 3.62–4.65 mm²/s), yüksək alışma temperaturuna (186–223 °C) və özlülük indeksinə (125–132 vahid), aşağı donma temperaturuna (mənfi 58 °C-mənfi 65 °C), aşağı temperaturda qənaətbəxş özlülük-temperatur göstəricilərinə (mənfi 40 °C-də 2470–3250 mm²/s) malikdirlər. Efirlərin yağlama xassələri də öyrənilmişdir: kritik yükün miqdarı $P_k = 650$ –800 H, yeyilmə çevrəsinin diametri $D_y = 0.50$ –0.65 mm, $P = 196$ H. Alınmış efirlərdə molekul quruluşu və istismar xassələri arasında asılılıq sistemli şəkildə öyrənilmiş, müəyyən qanunauyğunluqlar əldə olunmuşdur. İşdə həmçinin əldə olunmuşdur ki, bu efirlər aşağı özlülüklü aviasiya yağlarının bütün tələblərinə cavab verir və bəzi göstəricilərinə görə onlardan üstündür. Bu səbəbdən də onlar yeni aviasiya yağlarının əsası və komponenti kimi tövsiyə olunur.

Сложные эфиры 2.2-диметилпропана в качестве основы и компонентов для разработки новых масел

Г.Н. Гурбанов, д.х.н., А.Т. Шерифов
Институт нефтехимических процессов

Ключевые слова: сложные эфиры диметилпропана, смазочные масла, эксплуатационные свойства, зависимость структуры от свойств, авиационные масла.

Синтезированы симметричные и несимметричные эфиры 2,2-диметилпропана (неопентилгликоля – НПГ) с алифатическими монокарбоновыми кислотами C_6 - C_9 . Изучены их физико-химические свойства, вязкостно-температурные характеристики, термоокислительная стабильность (ТОС), а также смазывающие свойства. Установлено, что данные эфиры при положительных температурах характеризуются умеренной вязкостью (3.62–4.65 мм²/с при 100 °C), высокой температурой вспышки (186–223 °C), высоким индексом вязкости (125–132), низкой температурой застывания (от –58 до –65 °C) и удовлетворительными вязкостно-температурными показателями при низких температурах (2470–3250 мм²/с при –40 °C).

Исследованы смазывающие свойства синтезированных эфиров: критическая нагрузка составляет $P_k = 650$ –800 Н, диаметр пятна износа – $D_n = 0.50$ –0.65 мм при нагрузке $P = 196$ Н. В полученных эфирах систематически изучена взаимосвязь между молекулярным строением и эксплуатационными свойствами, в результате чего выявлены определённые закономерности.

Показано, что данные эфиры полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к низковязким авиационным маслам, а по ряду показателей превосходят их. В связи с этим они рекомендуются в качестве основы и компонентов для разработки новых авиационных масел.

H.N. Gurbanov, Dr. in Chem. Sc., A.T. Sharifov
Institute of Petrochemical Processes

Keywords: complex esters of dimethylolpropane, lubricating oils, performance properties, structure–property relationships, aviation oils.

Symmetrical and unsymmetrical esters of 2,2-dimethylolpropane (neopentyl glycol, NPG) with aliphatic monocarboxylic acids C_6 – C_9 were synthesized, and their physicochemical properties, viscosity–temperature characteristics, thermo-oxidative stability (TOS), and lubricating properties were investigated. It was found that these esters possess a relatively moderate viscosity at positive temperatures (3.62–4.65 mm²/s at 100 °C), a high flash point (186–223 °C), a high viscosity index (125–132), a low pour point (–58 to –65 °C), and satisfactory low-temperature viscosity–temperature characteristics (2470–3250 mm²/s at –40 °C).

The lubricating properties of the esters were also studied: the critical load P_k is 650–800 N, and the wear scar diameter $D_y = 0.50$ – 0.65 mm at a load $P=196$ N. In the obtained esters, the relationship between molecular structure and performance properties was systematically investigated, and certain regularities were established.

It was also shown that these esters meet all the requirements for low-viscosity aviation oils and surpass them in some parameters. Therefore, they are recommended as base stocks and components for new aviation oils.

Hazırda texnikanın sürətli inkişafı istifadə olunan sürtkü yağları və yanacaq qarşısında kəskin tələblər qoyur. Tələb olunan sürtkü yağları yüksək termik və termooksidləşmə stabilliklərinə, yüksək özlülük indeksi və alışma temperaturuna, müsbət və mənfi temperaturda qənaətbəxş özlülük-temperatur göstəricilərinə, aşağı buxarlanma dərəcəsinə malik olmalıdırlar. İstifadə edilən yağlar bu tələbləri ödəmədiyindən Avro-4 və Avro-5 standartlarına cavab verən yeni, yüksəkkeyfiyyətli yağ növlərinin yaradılması günün vacib tələbidir [1–4].

Bu baxımdan alifatik poliollardan olan 2,2-dimetilolpropanın – neopentilqlikolun (NPQ) alifatik monokarbon turşuları ilə mürəkkəb efirlərinin sintezi və yeni sürtkü yağları kimi tədqiqi müəyyən elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

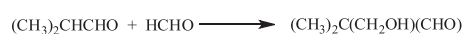
Belə bir nəzəri mülahizə əvvəlcədən proqnoz verməyə əsas verir ki, NPQ efirləri tərkibində β -hidrogen olmayan dördlü C atomu, 2 ədəd polyar efir qrupları olduğundan yüksək termik və termooksidləşmə stabilliyinə, həmçinin aşağı temperaturda qənaətbəxş özlülük-temperatur göstəricilərinə malik olmalıdır. Bu vacib faktorları özündə ehtiva edən sürtkü yağları təbii ki, geniş temperatur diapazonunda (aşağı və yüksək temperaturlarda) müasir standartlara cavab verməlidir [5, 6].

İşin əsas məqsədi NPQ-nin C_6 - C_9 monokarbon turşuları ilə simmetrik, qeyri-simmetrik efirlərinin sintezi, onların fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur, termooksidləşmə stabilliyi, yağlama xassələrinin öyrənilməsi və onların tətbiqi sahələrinin müəyyən edilməsidir.

İşdə həmçinin mürəkkəb efir molekulunda olan turşu radikallarının növünün və yerləşmə ardıcılığının NPQ efirlərinin istismar xassələrinə təsiri də öyrənilmişdir. Bu cür “quruluş-xassə” asılılığının araşdırılması aparılan tədqiqatın mühüm göstəricilərindən hesab olunur [6, 7].

Təcrübi hissə

İlkin spirt – NPQ aldol kondensasiyası yolu ilə izoyağ aldehidinin formaldehidlə reaksiyası nəticəsində katalizator olaraq NaOH iştirakı ilə aşağıdakı sxem üzrə sintez olunmuşdur. Əvvəlcə aralıq məhsul olan – aldehid spirt – pentaldol alınır, sonradan aralıq spirt Kannisaro-Tişenko reaksiyası üzrə NPQ-yə çevrilir:

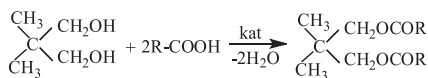


Alınmış spirt kristallik maddədir, molekul çəkisi 104-dür. Qaynama temperaturu 203 °C, alışma temperaturu isə 125 °C-dir.

NPQ və onun efirlərinin quruluşu İQ spektroskopik metodla, həmçinin molekul kütləsinin, turşu və efir ədədlərinin təyini ilə təsdiqlənmişdir.

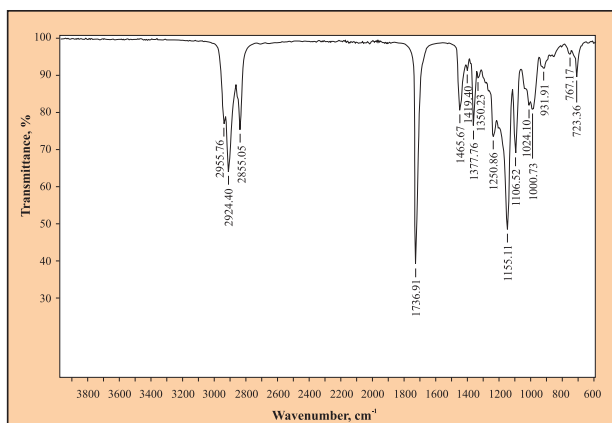
NPQ-nin simmetrik efirləri məlum metodika üzrə spirtin alifatik C_6 - C_9 monokarbon turşuları ilə efirləşməsi nəticəsində alınmışdır [7]. Bunun üçün NPQ:turşu nisbəti 1:2.1 götürülmüş, katalizator olaraq reaksiya qarışığının 1 % kütlə miqdarında Seokar-2 və 50 ml toluol əlavə olunaraq ayrılan suyun tam qurtarılmasına qədər (təxminən 4–5 saat) 140–150 °C temperaturda qızdırılmışdır. Alınmış məhsul 5 %-li NaOH məhlulu, sonra isə

su ilə neytral mühitə kimi yuyulur, qurudulmuş CaSO_4 ilə işlənir, ardınca vakuumda individual şəkildə 2 mm.c.st. təzyiq altında 152–155 °C-də qovulur. Nəticədə 316.8 q dipelarbonat efiri alınır ki, bu da nəzəri çıxımın 80 %-ni təşkil edir. Digər efirlər də analogi olaraq bu metodla alınır. NPQ-nin pelarqon turşusu ilə simmetrik efiri aşağıdakı sxem üzrə alınır:



burada $R = \text{C}_6\text{-C}_9$ (I-IV).

Şəkil 1-də NPQ-nin pelarqon turşusu ilə efirinin İQ spektri göstərilmişdir.

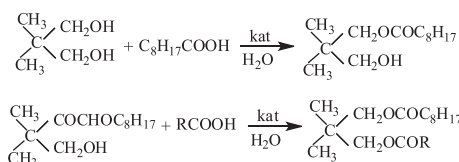


Şəkil 1. NPQ-nin pelarqon turşusu ilə efirinin İQ spektri

NPQ-nin pelarqon turşusu ilə simmetrik efirin İQ spektrində:

- CH_3 və CH_2 qruplarında C-H əlaqəsinin deformasiya ($723, 1377, 1465 \text{ sm}^{-1}$) və valent ($2855, 2924, 2555 \text{ sm}^{-1}$) rəqsləri;
- mürəkkəb efirin C-O əlaqəsinin valent (1155 sm^{-1}) rəqsləri;
- mürəkkəb efirin C = O əlaqəsinin valent (1736 sm^{-1}) rəqsləri.

NPQ-nin qeyri-simmetrik efirləri iki mərhələdə alınır: I mərhələdə NPQ-nin pelarqon turşusu ilə monoefiri alınır, II mərhələdə isə monoefir $\text{C}_6, \text{C}_7, \text{C}_9$ monokarbon turşuları ilə efirləşməyə məruz qalır [8]:

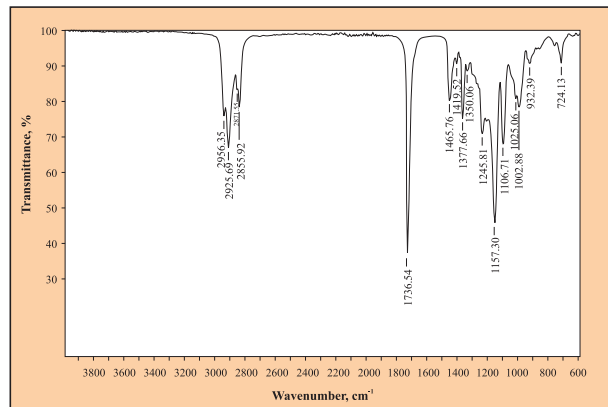


burada $R = \text{C}_6\text{H}_{13}, \text{C}_7\text{H}_{15}, \text{C}_9\text{H}_{19}$ (V-VII).

Bu efirlərin sintezində isə spirt:turşu 1:1 nisbətində götürülərək pelarqon turşusu ilə monoefir alınır, II mərhələdə isə monoefir: $\text{C}_6, \text{C}_7, \text{C}_9$

turşuları 1:1.2 nisbətində götürülərək diefir alınır. Eterifikatın işlənməsi, diefirlərin ayrılması isə simmetrik efirlərdə olduğu metod üzrə həyata keçirilir.

Şəkil 2-də NPQ-nin kapril və pelarqon turşuları ilə qeyri-simmetrik efirin İQ spektri göstərilmişdir.



Şəkil 2. NPQ-nin kapril və pelarqon turşuları ilə qeyri-simmetrik efirin İQ spektri

NPQ-nin kapril və pelarqon turşuları ilə qeyri-simmetrik efirin İQ spektrində:

- CH_3 və CH_2 qruplarında C-H əlaqəsinin deformasiya ($724, 1377, 1465 \text{ sm}^{-1}$) və valent ($2855, 2871, 2925, 2956 \text{ sm}^{-1}$) rəqsləri;
- mürəkkəb efirin C-O əlaqəsinin valent (1157 sm^{-1}) rəqsləri;
- mürəkkəb efirin C=O əlaqəsinin valent (1736 sm^{-1}) rəqsləri,

Nəticələr və onların müzakirəsi

Sintez olunmuş efirlərin fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur və termooksidləşmə stabillikləri (TOS) öyrənilmişdir.

Cədvəl 1-də efirlərin fiziki-kimyəvi xassələrinin göstəriciləri verilmişdir.

Cədvəldən görüldüyü kimi, NPQ-nin simmetrik və qeyri-simmetrik efirləri rəngsiz maye şəkildə olan, yuxarı qaynama temperaturuna ($133\text{--}162 \text{ }^\circ\text{C}/2 \text{ mm.c.s.}$) malik birləşmələrdir. Onların çıxımı nəzəri çıxımın 75–86 %-ni təşkil edir.

Simmetrik və qeyri-simmetrik efirlərin özlülük-temperatur xassələri də tədqiq edilmişdir ki, bu öz əksini cədvəl 2-də tapmışdır.

Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi, efirlər $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -də $3.62\text{--}4.65 \text{ mm}^2/\text{s}$ özlülüyə, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ -də isə $2470\text{--}3250 \text{ mm}^2/\text{s}$ özlülüyə, 125–132 vahid özlülük indeksinə, $186\text{--}220 \text{ }^\circ\text{C}$ alışma temperaturuna, mənfi $58 \text{ }^\circ\text{C}$ -mənfi $65 \text{ }^\circ\text{C}$ donma temperaturuna malikdir. Cədvəldən görüldüyü kimi, özlülük indeksi, alışma temperaturu, donma temperaturu və aşağı

| Kompozisiyalar | Turşu radikalı | Çıxım % | $T_{\text{qay}}^{\circ\text{C}}$ 2 mm.c.s. | Şüasındırma əmsali, n_D^{20} | Sıxlıq kg/m^3 , ρ_4^{20} | Mol kütləsi təcrübi / hesablanmış | Empirik formul |
|----------------|--|---------|---|--------------------------------|---|-----------------------------------|--|
| I | C_6H_{13} | 86 | 133-135 | 1.4324 | 1228 | 326/328 | $\text{C}_{23}\text{H}_{24}\text{O}_4$ |
| II | C_7H_{15} | 82 | 141-144 | 1.4408 | 1165 | 355/356 | $\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_4$ |
| III | C_8H_{17} | 80 | 152-155 | 1.4450 | 1102 | 382/384 | $\text{C}_{27}\text{H}_{32}\text{O}_4$ |
| IV | C_9H_{19} | 75 | 156-158 | 1.4490 | 1090 | 410/413 | $\text{C}_{29}\text{H}_{36}\text{O}_4$ |
| V | C_6H_{13} C_8H_{17} | 80 | 146-148 | 1.4370 | 1075 | 356/358 | $\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_4$ |
| VI | C_7H_{15} C_8H_{17} | 78 | 150-153 | 1.4390 | 1040 | 372/374 | $\text{C}_{26}\text{H}_{28}\text{O}_4$ |
| VII | C_9H_{19} C_8H_{17} | 75 | 160-162 | 1.4420 | 1060 | 400/404 | $\text{C}_{28}\text{H}_{34}\text{O}_4$ |

Cədvəl 2

| Kompozisiyalar | Özlülük, mm^2/s | | | Özlülük indeksi (Öİ) | Temperatur, $^{\circ}\text{C}$ | |
|--|---------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---|---|
| | 100 $^{\circ}\text{C}$ | 40 $^{\circ}\text{C}$ | -40 $^{\circ}\text{C}$ | | Alışma | Donma |
| I | 3.62 | 12.88 | 2470 | 125 | 186 | -65 |
| II | 3.97 | 15.46 | 2540 | 128 | 195 | -63 |
| III | 4.12 | 16.07 | 2720 | 129 | 210 | -60 |
| IV | 4.65 | 18.21 | 3100 | 132 | 220 | -60 |
| V | 3.70 | 12.91 | 2600 | 127 | 192 | -59 |
| VI | 4.05 | 14.56 | 2810 | 130 | 205 | -58 |
| VII | 4.42 | 16.28 | 3250 | 126 | 213 | -58 |
| Aviasiya yağı 36/1 KY "A" (TY 3810/384-73) | 3.5-dən az olmamalı | - | 3600-dən çox olmamalı | - | 195 $^{\circ}\text{C}$ -dən az olmamalı | -60 $^{\circ}\text{C}$ -dən yuxarı olmamalı |

Cədvəl 3

| Kompozisiyalar | Turşu ədədi mqKOH/q | Özlülük, mm^2/s sonra | İzooktanda həll olmayan çöküntünün miqdarı % | Korroziya, mq/sm^2 | | Buxarlanma, % kütlə |
|--|------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|---------|----------------------|
| | | | | AK-4 | IIIХ-15 | |
| I | 3.29 | 4.90 | 0.015 | 0.029 | 0.045 | 0.60 |
| II | 3.08 | 5.28 | 0.021 | 0.032 | 0.051 | 0.68 |
| III | 2.86 | 5.40 | 0.029 | 0.040 | 0.060 | 0.72 |
| IV | 2.93 | 5.87 | 0.033 | 0.042 | 0.068 | 0.70 |
| V | 3.51 | 4.96 | 0.036 | 0.047 | 0.063 | 0.75 |
| VI | 3.42 | 5.13 | 0.032 | 0.051 | 0.074 | 0.80 |
| VII | 3.47 | 5.28 | 0.039 | 0.053 | 0.077 | 0.78 |
| Aviasiya yağı 36/1 KY "A" (TY 3810/384-73) | 7.0-dən çox olmamalı | 5.5-dən çox olmamalı | 0.35-dən çox olmamalı | - | - | 0.8-dən çox olmamalı |

Cədvəl 4

| Kompozisiyalar | Kritik yükün miqdarı, Pk, H | Yeyilmə çevrəsinin diametri, Dy, mm $\text{P}=196\text{H}$. |
|----------------|---|---|
| I | 650 | 0.62 |
| II | 700 | 0.65 |
| III | 750 | 0.60 |
| IV | 800 | 0.50 |
| V | 760 | 0.60 |
| VI | 750 | 0.58 |
| VII | 710 | 0.60 |

temperatur-özlülük göstəricilərinə görə simmetrik efirlər qeyri-simmetrik efirlərdən üstündür ki, bu efirlərin quruluşu ilə bilavasitə əlaqədardır [9].

Aşağı özlülüklü aviasiya yağı ilə müqayisədə isə hər iki növ efirlərin göstəricilərinin xeyli yüksəlməsi isə alınmış efirlərin perspektivli olmasından xəbər verir.

Cədvəl 3-də NPQ efirlərinin TOS xassələri verilməmişdir (ГОСТ 23797-79).

Cədvəldən göründüyü kimi, efirlər aşağı buxarlanma dərəcəsinə (0.21–0.35 % kütlə) ma-

likdir, oksidləşmə prosesində kifayət qədər stabil-
dir, oksidləşmə zamanı izooktanda həll olmayan
0.015–0.039 % kütlə miqdarında çöküntü əmələ
gəlir ki, bu da efirlərin kifayət qədər stabilliyi-
nin təsdiqidir. Prosesdə alüminium elektrodda
AK-4 (0.029–0.053 mq/sm²) və polad elektrodda
IIIХ-15 (0.045–0.077 mq/sm²) korroziya müşahi-
də olunur ki, bu da kifayət qədər aşağı göstərici-
dir.

Oksidləşmədən sonra efirlərin turşu ədədləri
bir qədər artmışdır (2.86–3.47 mm²/s).

TOS-a gəlincə izooktanda həll olmayan çö-
küntünün miqdarı, buxarlanma dərəcəsi, korro-
ziya nöqtəyi-nəzərindən simmetrik efirlər qey-
ri-simmetrik efirlərdən üstündür, bu da polyar efir
molekulunda olan turşu radikallarının ölçüsü və
yerləşmə ardıcılığı ilə bilavasitə əlaqələndirilir.
Həmçinin belə təsəvvür edilir ki, qeyri-simmetrik
efirlər TOS təyini zamanı simmetrik efirlərə nis-
bətən oksidləşməyə daha asanlıqla məruz qalırlar
ki, bu da yekunda TOS göstəricilərində öz əksini
tapır [10].

Cədvəl 3-dən görüldüyü kimi, efirlərin termo-
oksidləşmə stabillikləri aşağıözlülüklü aviasiya
yağının göstəricilərindən heç də geri qalmır.

NPQ mürəkkəb efirlərinin yağlama xassələri
də öyrənilmişdir (ГОСТ 2450-75). Nəticələr cədvəl
4-də verilmişdir.

Cədvəl 4-dən görüldüyü kimi, efirlər yüksək
sürtünmə və yeyilmə əleyhinə xassələrə malikdir:
 P_k , $H = 650-800$, $D_y = 0.50-0.65$ mm. Bu onunla
izah olunur ki, bu efirlər nisbətən yuxarı molekul-
ludur, tərkibində müxtəlif polyar efir qrupları sax-
layırlar. Bu səbəbdən də onlar yüksək temperatūra
davamlıdır, yüksək temperraturda davamlı yağ tə-
bəqəsi yaradırlar ki, bu da geniş temperatur inter-
valında işləyən maşın və mexanizmlərin sürtünən
detallarının davamlılığını və uzunömürlülüyünü
təmin edir.

Efirlərin müqayisəsi göstərir ki, qeyri-simmet-
rik efirlər simmetrik efirlərdən bir qədər geri qalır
ki, bu da simmetrik efirlərin metal səthlər üzərində
daha bütöv və davamlı örtük təbəqəsi yaratması
ilə izah olunur [11].

Cədvəllərdə efirlərin xassələrinin aşağıözlü-
lüklü 36/1 KV “A” aviasiya yağı ilə müqayisə-
si göstərir ki, sintez olunmuş efir yağları bütün
göstəricilərinə görə aviasiya yağlarından geri qal-
mır, hətta bəzi göstəricilərinə görə aviasiya onlar-
dan üstündür. Bu baxımdan sintez olunmuş efirlər
məhz aşağı özlülüklü aviasiya yağlarının əvəz-
edici kimi tövsiyə oluna bilər. Digər tərəfdən
bu efirlər yuxarı özlülüklü yağlara da komponent
kimi kifayət qədər perspektivlidir.

Beləliklə, NPQ-nin simmetrik və qeyri-sim-
metrik efirləri yüksək özlülük-temperatur, ter-
mooksidləşmə stabilliyinə və yağlama xassə-
lərinə malik olduqlarından aşağı özlülüklü aviasiya
yağları üçün bütün tələblərə cavab verir, məhz bu
baxımdan onları yeni aviasiya yağlarının əsası və
digər yuxarı özlülüklü yağlara komponent kimi
tövsiyə etmək olar [19, 20].

Nəticə

1. NPQ-nin C₆-C₉ monokarbon turşuları ilə
simmetrik, qeyri-simmetrik efirləri sintez olun-
muş, onların fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur,
termooksidləşmə stabillikləri (TOS) və yağlama
xassələri öyrənilmişdir.

2. Məlum olmuşdur ki, efirlər yüksək qay-
nama temperaturuna, özlülük indeksinə, alışma
temperaturuna, aşağı temperaturda qənaətbəxş öz-
lülük-temperatur göstəricilərinə, həmçinin aşağı
donma temperaturuna malikdirlər. Efirlərin həm-
çinin yüksək TOS-a və yağlama xassələrinə malik
olduqları da sübuta yetirilmişdir.

3. İşdə həmçinin simmetrik efirlərin qeyri-sim-
metrik efirlərə nisbətən yüksək göstəricilərə malik
olması müəyyən olmuşdur ki, bu da bilavasitə on-
ların quruluş konformasiyası ilə izah olunur, yəni
efirlərin xassələri bilavasitə molekulda polyar efir
qruplarında turşu radikallarının ölçüsündən, təbi-
ətindən, yerləşmə ardıcılığından asılı olaraq də-
yişir.

4. Bunları nəzərə alaraq NPQ-nin efirləri aşağı
özlülüklü aviasiya yağlarının əsası kimi, həmçinin
yüksək özlülüklü digər yağlara komponent və ya
əlavələr kimi tövsiyə olunur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Мамедьяров М.А., Алиева Ф.Х., Гурбанов Г.Н. Синтетические смазочные масла (структура и свойства). – М.: Научный мир, 2017, 335 с.
2. Заворотный В.А., Подковырова И.В. Использование сложного эфира карбоновой кислоты в качестве компонента смазочных материалов // Технологии нефти и газа, 2021, № 4, с. 7-10.
3. Raof N.A., Yunus R., Rashid U., Azis N., Yaakub Z. Effect of molecular structure on oxidative degradation of ester based transformer oil. Tribology International, 2019, vol. 140, 105852.
4. Попова К.А., Голованова Е.В., Ефанова О.Ю., Глазов Г.И. Влияние соотношения сложных эфиров на физикохимические и эксплуатационные свойства синтетических масел // Технологии нефти и газа, 2019, № 6, с. 22-27.
5. Yusifova L.M. Improvement of thermal oxidative characteristics of diesel fuels with esters of cyclic polyatomic alcohols // Azerbaijan Chemical Journal, 2020, No 4, pp. 37-42.
6. Попова К.А. Исследование влияния структуры сложных эфиров на эксплуатационные характеристики масел для газотурбинных двигателей, диссертационная работа на соиск.учен. степ. кандидата технических наук, 2018, 139 с.
7. Гурбанов Г.Н., Мамедьяров М.А., Юсифова Л.М. Алкил-замещенные сложные эфиры циклических полиолов в качестве основы и компонента смазочных масел. Мир нефтепродуктов, 2019, № 5, с. 27-31.
8. Гурбанов Г.Н., Мамедьяров М.А., Юсифова Л.М., Кулизаде Ф.А. Сложные эфиры оксипропилированного 2,2,6,6-тетраметилциклогексанола в качестве основы и компонента высокотемпературных смазочных масел // Технологии нефти и газа, 2022, № 3, с. 7-11.
9. Цветков О.Н. Смазочные масла – основа технического прогресса // Мир нефтепродуктов, 2008, № 2, с. 23-27.
10. Данилов А.М. Введение в химмотологию. – М.: Изд-во Техника, 2003, 464 с.
11. Буяновский И.Я. Учение о граничной смазке: начальный период // Химия и технология топлив и масел, 1996, № 1, с. 46-49.

References

1. Mamed'yarov M.A., Alieva F.Kh., Gurbanov H.N. Sinteticheskiye smazochnyye masla (struktura i svoystva). – M.: Nauchnyy Mir, 2017, 335 s.
2. Zavorotnyy V.A., Podkovirova I.V. Ispol'zovanie slodzhnogo efira karbonovoy kisloty v kachestve komponenta smazochnykh materialov // Technologii nefi i gaza, 2021, № 4, s. 7-10.
3. Raof N.A., Yunus R., Rashid U., Azis N., Yaakub Z. Effect of molecular structure on oxidative degradation of ester based transformer oil // Tribology International, 2019, vol. 140, 105852.
4. Popova K.A., Golovanova Y.V., Efanova O.Y., Glazov G.I. Vliyaniye sootnosheniya slodzhnykh efirov na fiziko-khimicheskiye i ekspluatatsionnyye svoystva sinteticheskikh masel // Technologii nefi i gaza, 2019, № 6, s. 22-27.
5. Yusifova L.M. Research of correlation between chemical structure and operational properties of esters of cyclic polyols // Processes of Petrochemistry and oil Refining, 2020, № 2, pp. 242-250.
6. Popova K.A. Isledovanie vliyaniya struktury slodzhnykh efirov na ekspluatatsionnye kharakteristiki masel dlya gazoturbinykh dvigateley, dissertatsionnaya rabota na soiskaniye kandidata tekhnicheskikh nauk, 2018, 139 s.
7. Gurbanov H.N., Mamedyarov M.A., Yusifova L.M. Alkil-zameshennye slodzhnye efiry tsiklicheskikh poliolorov v kachestve osnovy i komponenta smazochnykh masel // Mir nefteproduktov, 2019, № 5, s. 27-31.
8. Gurbanov H.N., Mamedyarov M.A., Yusifova L.M. Gulizade F.A. Slodzhnye efiry oksipropilirovannogo 2,2,6,6 – tetrametiloltsiklogeksanola v kachestve osnovy i komponenta visokotemperaturnykh smazochnykh masel // Technologii nefi i gaza, 2022, № 3, s. 7-11.
9. Tsvetkov O.N. Smazochnyye masla – osnova tekhnicheskogo progressa // Mir nefteproduktov, 2008, № 2, s. 23-27.
10. Danilov A.M. Vvedeniye v khimmotologiyu. – M.: Izd-vo Tekhnika, 2003, 464 s.
11. Buyanovskiy I.Y. Uchenie o granichnoy smazke: nachal'nyy period // Khimiya i tehnologiya topliv i masel, 1996, № 1, s. 46-49.

**Alçın Əlsəftər oğlu Şirinzadə – 75!**

Alçın Əlsəftər oğlu Şirinzadə 23 may 1951-ci ildə Bakı şəhərində anadan olmuşdur. 1968-ci ildə orta məktəbi bitirib M.Əzizbəyov adına Azərbaycan Neft və Kimya İnstitutuna (indiki Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti) daxil olmuş və 1973-cü ildə təhsilini başa vuraraq Neft Daşları NQÇİ-də fəhlə kimi işə başlamış, mühəndis, böyük mühəndis və mədən müdirinin müavini vəzifələrinə qədər yüksəlmişdir. 1978-ci ildə istehsalatdan ayrılmaqla akademik A.X.Mirzəcanzadənin təqdimatı ilə Azərbaycan Neft və Kimya İnstitutunun (AzNKİ) aspiranturasına daxil olmuşdur. 1983-cü ildən “Xəzərdənizneftqazsənaye” Ümumittifaq İstehsalat Birliyinin neft hasilatı şöbəsində baş texnoloq vəzifəsində işlədiyi müddətdə namizədlik dissertasiya işini müvəffəqiyyətlə müdafiə edərək texnika elmləri namizədi elmi dərəcəsinə almış, 1983–1990-cı illərdə AzNKİ-də “İstehsalatın iqtisadiyyatı, təşkili və idarə olunması” fakültəsində dekan müavini vəzifəsində çalışmışdır. 1990-cı ildə dosent elmi adını almışdır. 1990–1996-cı illərdə yenidən “Xəzərdənizneftqazsənaye” Ümumittifaq İstehsalat Birliyində əvvəl “Texniki şöbənin”, sonradan “Dəniz üzrə neft hasilatı” şöbəsinin rəisi vəzifəsində fəaliyyət göstərmişdir. 1996-cı ildə “Neft Daşları” NQÇİ-nin rəisi vəzifəsinə təyin edilmişdir. 1999-cu ildə “Dəniz neft yataqlarının iş rejimlərini tənzimləmək üçün kompleks yanaşma mövzusunda “dissertasiya işini müdafiə edərək texnika elmləri doktoru elmi dərəcəsinə almışdır.

Alçın müəllim nəzəri bilikləri praktik istehsalatla əlaqələndirərək həm Azərbaycanda, həm də beynəlxalq səviyyədə özünü təsdiq etmiş alim, təcrübəli mütəxəssisdir.

A.Şirinzadə 2004-cü ildə “Tərəqqi” medalı ilə təltif olunmuş, 2006-cı ildə Beynəlxalq Şərq Neft Akademiyasının həqiqi üzvü-akademik seçilmiş, 2007-ci ildə Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin (MAKA) baş direktoru təyin edilmişdir. 2011-ci ildə “Əməkdar mühəndis” adına layiq görülmüş, Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin Fəxri Fərmanı ilə təltif edilmişdir.

O, 2014-cü ildə Ümumdünya Astronavtika Akademiyasının akademiki seçilmiş, 2018-ci ildə professor elmi adına layiq görülmüşdür.

Professor Alçın Şirinzadə 220-dən artıq elmi məqalənin, o cümlədən 7 kitabın, 15-dən artıq elmi ixtiranın müəllifidir.

Onun neft-qaz və müdafiə sənayesindəki nailiyyətləri və rəhbərliyi sayəsində hazırlanan elmi, peşəkar mütəxəssislər hələ də ölkəmizin inkişafına öz töhfələrini verməkdədirlər.

Alçın müəllim tanınmış neftçi-alim, peşəkar mütəxəssis olmaqla yanaşı həm də gözəl ailə başçısı, qayğıkeş ata, istəkli babadır.

Hörmətli Alçın müəllim!

Sizi 75 illik yubileyiniz münasibəti ilə səmimi qəlbdən təbrik edir, Sizə möhkəm cansağlığı və işlərinizdə daim müvəffəqiyyətlər arzulayırıq.

**“Azərbaycan neft təsərrüfatı”
jurnalının kollektivi**

Müəlliflərin nəzərinə!

«Azərbaycan neft təsərrüfatı» jurnalına təqdim olunan elmi-texniki və istehsalat məqalələri müsbət ekspert rəyi verildiyi təqdirdə və redaksiya heyətinin iclasında baxıldıqdan sonra dərc olunmaq üçün redaksiyanın portfelində yerləşdirilir.

Rəyin alınması və təsdiqi 2 ay müddətinə qədər davam edir və sonra məqalələr növbəli qaydada dərc olunur.

«Azərbaycan neft təsərrüfatı» jurnalında məqalələrin dərc olunması üçün aşağıdakı tələblərin yerinə yetirilməsi xahiş olunur.

Materialların komplektliyi

1.»Azərbaycan neft təsərrüfatı» jurnalında məqalənin çap olunması üçün təşkilatın məktubu və əlavə olunan materialların siyahısı.

2. Bütün müəlliflər haqqında məlumatlar: soyadı, adı və atasının adı, elmi dərəcəsi, iş yeri, tutduğu vəzifə, təvəllüdü (gün, ay, il) şəxsiyyət vəsiqəsinin və dövlət sosial sığorta şəhadətnaməsinin surəti, elektron poçt ünvanı, əlaqə nömrələri.

Məqalələrin tərtibatına dair texniki tələblər

1. Məqalələr Azərbaycan, rus və ingilis dillərində qəbul olunur.

2. Məqaləyə Azərbaycan, rus və ingilis dillərində açar sözlər və xülasələr əlavə olunmalıdır.

3. Məqalənin həcmi cədvəllər və ədəbiyyat siyahısı daxil olmaqla 15 səhifədən artıq olmamalıdır. Məqalə **Word** redaktorunda, 14 şriftlə, 1,5 sətirarası intervalla, **cədvəl və şəkillər** şəkilaltı yazılarla **ayrı** vərəqlərdə təqdim edilməlidir.

4. Redaksiyaya məqalə A4 formatında printerdən çıxarılmış 2 nüsxədə və kompakt-diskdə təqdim olunur. Boş sahələrin ölçüləri sol – 30 mm, sağ – 10 mm, yuxarı və aşağı – 20 mm olmalıdır. Səhifələr nömrələnmişdir. Tövsiyə olunan şrift **Times New Roman** (Azərbaycan, rus, ingilis dillərində mətnlər üçün). Məqalə elektron poçt vasitəsilə **office.aoi@socar.az** ünvanına da göndərilə bilər.

5. Material bu ardıcılıqla verilməlidir:

– universal onluq təsnifatına (UOT) görə şifr göstərilməlidir ;

– məqalənin adı;

– müəllifin adı, atasının adı və soyadı, elmi dərəcəsi, təşkilatın adı (müəlliflər müxtəlif təşkilatlardan olduqda, müəssisələrin adlarından əvvəl sətirüstü indeksdə artma ardıcılığı ilə rəqəmlər yazılmalı və həmin rəqəmlər müəlliflərin soyadlarından sonra göstərilməlidir. Məs.: İ.A. Bayramov¹, A.A. Əliyeva² və s.);

– açar sözlər (Azərbaycan, rus və ingilis dillərində);

– əsas mətn (beynəlxalq jurnallarda qəbul olunmuş aşağıdakı ümumi sxem üzrə tərtib olunur (Giriş, Metodika, Nəticə);

– nəticədə aparılmış elmi-tədqiqat işlərinin praktiki tətbiqi göstərilməlidir.

– ədəbiyyat siyahısında müəlliflərin soyadları və inisialları, kitabın (məqalənin) adı və ili, nəşriyyat, səhifələrin sayı, jurnalın adı, nömrəsi, məqalənin başlanğıc və sonuncu səhifələri göstərilməlidir.

Mətnə kvadrat mötərizədə ədəbiyyatın nömrələri ardıcılıqla qeyd edilir, məsələn [5].

6. Məqalə bütün müəlliflər tərəfindən imzalanmalıdır.

Cədvəllər

Cədvəllərin sayı 5-dən artıq olmamaq şərtilə **Word**, **Excel** proqramlarında yığılmalıdır. Hər cədvəl **bir fayl kimi** təqdim olunmalıdır.

Şəkillər

Şəkillərin sayı – 5-dən artıq olmamalı (a, b, c hesaba alınmır) və **Word, Excel, Photoshop, Corel DRAW** (versiya 15 və əvvəlki versiyalar) proqramlarında JPG formatında təqdim olunmalıdır (300 dpi-dən az olmamaqla). Qrafik material dəqiq işlənilməli, bütün detallar (koordinat oxları, rəqəmlər və hərflər) aydın görünməlidir. Şəkillərin üzərindəki və şəkilaltı yazılar mətnə uyğun olmalıdır. **Skaner** olunmuş və digər qrafik redaktorlardan köçürülmüş şəkillər **qəbul edilmir**.

Mətn, cədvəl və qrafiklərin təkrarlanması yolverilməzdir.

Məqalədə istifadə olunan ölçü vahidləri Beynəlxalq Vahidlər Sisteminə (SI) uyğun olmalıdır.

Düsturlar

Düsturların sayı 10-dan artıq olmamalı (aradakı düsturlar hesaba alınmır), ilk dəfə göstərilən bütün parametrlər izah edilməlidir. Mürəkkəb riyazi formulaların **MathType formul redaktorunda** hazırlanaraq sadə (**kopyala-yapışdır**) əməliyyatı vasitəsilə **Word** sənədinə köçürülməsi, sadə formulaların isə birbaşa Word proqramında yazılması tövsiyə olunur.

Sadalanan tələblərə cavab verməyən məqalələr qaytarılır. Məqalənin daxilolma tarixi onun redaksiya tərəfindən sonuncu dəfə qəbul edildiyi tarix sayılır.

Redaksiya məqalələrdə redaktə xarakterli dəyişikliklərin edilməsi və ixtisarların aparılması hüququna malikdir. Düzəlişləri razılaşdırmaq üçün məqalənin çapa hazırlanmasının iki mərhələsində (redaktə zamanı və səhifələnmədən sonra) müəlliflərə məqalələri oxumaq və müzakirə etmək hüququ verilir.

Müəlliflər redaksiya tərəfindən məlumatlandırıldıqdan (e-mail vasitəsi və ya telefon zəngilə) sonra 3 iş günü ərzində redaksiyaya gəlməlidirlər, əks təqdirdə məqalə redaksiya tərəfindən razılaşdırılmamış çapa verilir və yaxud nömrədən çıxarılır.

Nəşriyyata göndərildikdən sonra məqalədə dəyişikliklərin edilməsi qəbul olunmur.

Əlavə məlumat üçün «Azərbaycan neft təsərrüfatı» jurnalı redaksiyasına müraciət edə bilərsiniz:

Tel./ faks: (+99412) 521-15-48

e-mail: office.aoi@socar.az

www.ant.socar.az