

UOT 001:004.7

Fətəliyev T.X.¹, Mehdiyev Ş.A.²

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

¹depart3@iit.science.az, ²depart11@iit.science.az

NEFT-QAZ KOMPLEKSİNİN MÖVCUD TEXNOLOJİ PROBLEMLƏRİNİN İKT YÖNÜMLÜ İNNOVATİV TEXNOLOGİYALAR ƏSASINDA HƏLLİ YOLLARI

Məqalə müasir texnologiyaların tətbiqi ilə neft-qaz kompleksində mövcud texnoloji problemlərin həlli məsələlərinə həsr olunmuşdur. Texnoloji problem və tətbiqlərin müasir vəziyyəti analiz edilmiş və əsas problemlərin həlli yolları tədqiq olunmuşdur. Problemlərin həllində əşyaların İnterneti, smart sensorlar, simsiz rabitə şəbəkələri kimi texnoloji yeniliklərin imkanları verilmiş və neft-qaz kompleksində tətbiqlərinin konseptual modeli təklif edilmişdir. Modelin reallaşdırılması nəticəsində kompleksin daha effektiv və etibarlı fəaliyyətinin təmin olunması, məhsuldarlığının və rəqabət qabiliyyətinin artması göstərilmişdir.

Açar sözlər: *əşyaların İnterneti, kiber-fiziki sistemlər, neft-qaz kompleksi, sensor şəbəkələri, smart sensor.*

Giriş

Hal-hazırda karbohidrogen xammalı qiymətli enerji daşıyıcısı olaraq qalır və respublikanın enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasında mühüm rol oynayır. Neft və qaz eyni zamanda gündəlik həyatın tərkib hissəsi olmuşdur. Hər gün neft-qaz kompleksi (NQK) ilə birbaşa və ya dolaylı bağlı olan çoxlu miqdarda məhsullardan istifadə edilir. Bir çox sahələrdə neft enerjisinin və zəruri kimyəvi maddələrin əvəz olunmaz mənbəyi olaraq qalır. Benzin və digər yanacaqlar, kosmetika, sintetik parçalar, gübrələr – onlardan yalnız bəziləridir.

Neft və qazın kəşfiyyatı, qazılması, çıxarılması, nəqli və təkrar emalının texnoloji prosesləri çox təhlükəlidir. Bu da NQK-nin maksimal etibarlı və dayanıqlı texniki sistem kimi reallaşdırılması səbəblərindən biridir.

Yaranan problemləri həll etmək məqsədi ilə XX əsrin ortalarından başlayaraq neft istehsalı proseslərinin avtomatik tənzimlənməsi və qəzaya qarşı siqnalizasiyanın tətbiqi üçün ölçü cihazlarının istifadəsi üzrə ardıcıl olaraq tədqiqatlar aparılmışdır. Tədqiqatların nəticələri neft-qaz istehsalı obyektlərində nəzarət və idarəetmə üçün avtomatlaşdırma və telemonitorinq (müxtəlif ilkin çeviricilərin, lokal qurğuların və s.) sistemlərinin tətbiqinin perspektiv bir istiqamət olmasını təsdiq etmişdir [1]. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, texniki və proqram vasitələrinin inkişaf səviyyəsinə uyğun olaraq layihələndirilən bu sistemlərin həll etdiyi məsələlər lokal xarakter daşıyır və texnoloji prosesləri tam əhatə etmirdi. Digər tərəfdən isə NQK-nin texnoloji obyektlərinin ərazicə paylanması telemexaniki sistemlərin, mürəkkəb texnoloji obyekt və proseslərin distant nəzarəti və sistemli idarə edilməsinin təşkilati strukturlarının işlənməsi və tətbiqinin iqtisadi məqsədəuyğunluğu məsələlərinin həllini tələb edirdi. Lakin bu ideyaların reallaşması yolunda əsas maneələr aşağıdakılar idi:

- Mükəmməl olmayan informasiya-kommunikasiya infrastrukturu.
- İlkin ölçü avadanlıqlarının (cihazlarının) məhdud imkanları.
- Verilənlər xəzinəsinin kifayət olmayan hesablama gücü və tutumu.
- Verilənlərin ötürülməsinin məhdud imkanları.

Verilənlərin mübadiləsi üçün proqram vasitələrinin açıq olmaması neft-qaz istehsalı müəssisələrində avtomatlaşdırma məsələlərində texniki və təşkilati həllərin xarakterinə mənfi təsir edirdi. Bu proses lokal xarakter daşıyır, təşkilat daxilində olan hər bir müəssisə və ya bölmə digər sistemlərlə uzlaşmayan öz (xüsusi) idarəetmə sistemini istifadə edirdi.

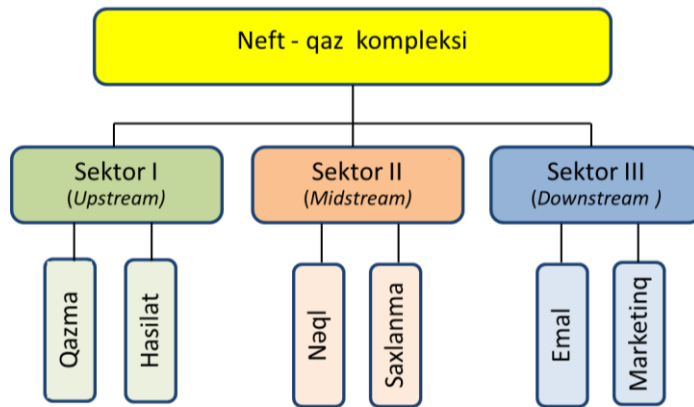
Lakin informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) dayanıqlı inkişafı, İnternetin meydana gəlməsi və əlçatanlığı, həmçinin funksional cəhətdən yeni olan ilkin informasiya sensorlarının meydana çıxması fiziki obyektlərin birbaşa İnternet vasitəsilə idarə edilməsinin

həyata keçirilməsi üçün müəyyən texniki imkanlar yaratdı. Xüsusu halda, əşyaların İnterneti (Əİ), etibarlı rabitə kanalları, bulud texnologiyaları və rəqəmsal platformalar, verilənlər axınının dəfələrlə artması açıq informasiya sistemlərinin və ayrı-ayrı müəssisələrdən kənarında bir-birləri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan sənaye şəbəkələrinin meydana gəlməsini təmin etdi [2]. Belə sistemlər və şəbəkələr avtomatlaşdırma sistemlərinin dördüncü sənaye inqilabı – Sənaye 4.0 (*ing. Industry 4.0* termini 2011-ci ildə alman təşəbbüsü çərçivəsində yaranmışdır) səviyyəsinə keçməsinə prinsipial təsir etdi. *Industry 4.0* anlayışının izahı müxtəlifliyi ilə fərqlənir, belə ki, o hələ də tədqiqat və işlənmə mərhələsindədir. Lakin onun texniki mahiyyətinin kibernetik sistemlərin (KFS), Əİ və xidmətlərin istehsal və logistika da daxil olmaqla, sənaye proseslərinə inteqrasiyası kimi qəbul olunması mühüm əhəmiyyət daşıyır. Əİ KFS ilə əlaqədə vacib paradigmadır, belə ki, mövcud texnologiyalar və arxitekturaların fiziki qurğuların identifikasiyası və virtuallaşdırılmasının irimiqyaslı sistemlərində istifadəsi üçün geniş imkanlar yaradır.

Məqalədə Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətində tətbiq edilməsi məqsədi ilə NQK-nin effektiv və etibarlı işləməsinə təmin etmək üçün müasir vəziyyət və əsas problemlərin həlli yolları tədqiq olunur.

Neft-qaz kompleksində mövcud vəziyyətin qısa icmalı

NQK-nin strukturunda texnoloji proseslər *Upstream*, *Midstream* və *Downstream* adlandırılan ardıcıl üç sektorda həyata keçirilir [3] (şəkil 1).



Şəkil 1. NQK-də texnoloji proseslərin blok-sxemi

Sektor I (*Upstream*) karbohidrogenlərin (neft və təbii qazın) potensial yataqlarının axtarışı, kəşfiyyat qazması və xammalın çıxarılması mərhələlərindən, yəni dəniz platformalarından və ya quruda yerin dərinliklərindən neftin və ya təbii qazın hasilatından ibarətdir.

Sektor II-də (*Midstream*) çıxarılan qarışıqlı neft lokal boru xətləri ilə axır və ilkin rezervuar-batareyalara doldurulur, orada neft qaz və sudan ayrılır. Sonra xam neft rezervuar-anbarlarda saxlanılır, oradan isə böyük diametrlı magistral boru xətləri ilə neft emalı zavodlarına, digər rezervuar-anbarlara, daşınma üçün tanker gəmilərinə və ya vaqon-sisternlərə nəql olunur. Neftin boru xətlərinə vurulması üçün bütün marşrut üzrə müntəzəm intervallarla nasos stansiyaları qoyulur. Nasoslar təzyiğin yaradılması və saxlanması, sürtünmənin dəf edilməsi, marşrut boyu hündürlük fərqi və digər amillərin nəzərə alınması üçün istifadə edilir.

Sektor III-də (*Downstream*) neft və ya təbii qazın benzin, kerosin, reaktiv yanacaq, dizel yanacağı, mazut, sürtkü yağları, sıxılmış qaz, plastmas və digər materiallar kimi son məhsulları almaq üçün emalı həyata keçirilir.

Hər bir təsvir edilən sektorda bir sıra kritik problemlər vardır ki, onları da aşağıdakı əlamətlər üzrə təsnifatlandırmaq olar:

- borulara, quyulara, texnoloji avadanlıqlara xidmət;
- qazma, hasilat və nəql proseslərində neft və qazın olması və sızmasına nəzarət;
- magistral boru xətlərinin vəziyyətinin (korroziya, təzyiq) və onların kənar müdaxilələrdən

təhlükəsizliyinin monitorinqi;

- texnoloji proseslərin bütün mərhələlərində ətraf mühitin monitorinqi;
- bütün nasos növlərinin işinin optimallaşdırılması;
- texnoloji avadanlıqlarda dayanmaların monitorinqi və risklərin minimallaşdırılması;
- xərclərin azalması zamanı məhsuldarlığın yüksəldilməsi.

Bu problemlərin texniki əsaslandırılması, vaxtında və operativ həlli NQK-nın inkişafına təsir edən vacib amillər sayıla bilər.

NQK-nın müxtəlif sektorlarında monitorinq və idarəetmə sistemlərinə çoxlu işlər həsr olunmuşdur. Onlardan bəziləri aşağıda göstərilir.

1. *Qazma*. [4]-də qazma prosesinin avtomatlaşdırılması prosesinə sistemli yanaşma təklif edilmişdir. Real vaxt rejimində alınan quyu və səth verilənləri əsasında hesablanan praktiki modellər nəzəri modellərlə müqayisə edilir. Dəyişən şəraiti nəzərə alaraq, belə sistem istismar parametrlərini, məsələn, nasosda məsrəf, çəngəldə çəki və ya qazma sütununun fırlanma sürətini dəyişir. Qazma qurğularının parametrlərini ölçmək üçün bəzi sensorları sadalayaq:

- Qazma xətti üzrə trosun dartılmasına nəzərən çəkinin ölçülməsi;
- Yağın, suyun və hidravlik mayenin təzyiqinin ölçülməsi;
- Fırlanma momentinin izlənməsi;
- Qazma məhlulunun təzyiqinin ölçülməsi və axınına nəzarət;
- Birbaşa və dolaylı yüklənmənin ölçülməsi;
- Rezervuarlarda mayenin səviyyəsinin ölçülməsi;
- Balta sahəsində yüksək temperaturalarda və təzyiq diapazonlarında təzyiqin və ya təzyiq dəyişməsinin ölçülməsi;

- Xam neftin və/və ya təbii qazın quyudan və ümumilikdə nəzarətsiz axınına nəzarət və monitorinq.

Cari proses haqqında biliyə malik olaraq və qazma prosesinin əsas parametrlərinə nəzarət edərək uyğun qərarlar qəbul edilir.

2. *Nəql*. NQK-nın əsas problemlərindən biri neft və qazın və onların əsasında məhsulların nəqli və istehlakçılara çatdırılmasıdır. Bu istiqamətdə dəmiryol nəqliyyatı, avtomobillər, gəmilər və boru xətləri istifadə olunur. Qəza və digər fəvqəladə hadisələr zamanı sızma və daşmalar, karbohidrogen xammalının yanması üzündən onların hamısı böyük ekoloji təhlükə yaradır. Neft-qaz boru xətləri bir neçə min kilometr uzana bilər (məsələn, Kanadada “Redwater – Port-Credit” neft xəttinin uzunluğu 4840 km, Bakı–Tbilisi–Ceyhan neft xəttinin uzunluğu 1768 km-dir) [5]. Burada qəzalar, həm də korroziya/erroziya prosesləri üzündən baş verə bilər. Boru xətləri çətin keçilən və seyrək məskunlaşmış yerlərdən çəkilə bildiyinə görə, onlarda istifadə edilən materialların dağılmasının dəqiq və vaxtında diaqnostikası və ölçülməsi zərurəti mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Bəzi hallarda korroziyanı sadəcə vizual monitorinqlə (VM) müəyyən etmək kifayətdir. VM daha sadə, lakin eyni zamanda daha uzun və əmək tutumlu metoddur. VM-in aparılması üçün boru xəttindən izolyasiya qatını tamam çıxarmaq lazımdır. Paslanmanın aşkar edilmiş yerlərini əl aləti, yaxud defektlərin sahəsini və dərinliyini maksimal dəqiq müəyyən etməyə kömək edən 3D-skannerlə ölçülür. Neft-qaz boru xəttinin monitorinqində kiçik pilotsuz uçan aparatlardan (dronlardan) da istifadə olunur [6]. Eroziya borunun daxili səthini aşılaraq qazlı abraziv qum şəklində təzahür edir. Göstərilən təzahürlərlə mübarizə üçün texnoloji proseslərin dayandırılmasını tələb edən dövrü profilaktik işlər zəruridir. Lakin bu dayanmalar gözlənilməz problemlər üzündən plansız da ola bilər. Borunun qalınlığının daimi nəzarəti üçün ultrasəs dalğaları əsasında sensor korroziya/errozianın sürətini müəyyən edir [7]. Bu verilənlər əsasında profilaktik xidmət intervalları hesablanır, borunun istismarı və ya dəyişdirilməsi haqqında əsaslandırılmış qərar hazırlanır.

3. *Mexaniki sistemlərin etibarlılığı*. NQK mürəkkəb texniki sistemdir, orada istehsalın bütün mərhələlərində mexaniki avadanlıqlar, məsələn, fırlanan mexanizmlər: asinxron mühərriklər, kompressorlar, nasoslar və s. istifadə edilir. Onların vəziyyətinin monitorinqi və təhlükələrin

əvvəldən aşkarlanması qəza vəziyyətlərinin inkişafını proqnozlaşdırmağa və itki risklərini (maliyyə, ekoloji və insan) aradan qaldırmağa imkan verir. Hal-hazırda mexaniki avadanlığın texniki vəziyyətinin daha informativ əlaməti vibrasiya siqnalının parametrlərinin analizidir. Müxtəlif səviyyəli praktiki və tədqiqi məsələlərin həlli üçün aşağıdakılar istifadə olunur:

- mexanizmlərin küylərinin analizi;
- vibrasiyanın ümumi səviyyəsinin ölçülməsi;
- vibrasiya parametrlərinin ölçülməsi;
- vibrasiya siqnalının spektrinin analizi.

Vibrasiya parametrlərinin tədqiqi və onun əsasında maşın və mexanizmlərdə yaranan defektlərin proqnozlaşdırılması yayılmış praktikadır.

4. *Ekoloji monitoring və işlərin təhlükəsiz aparılması.* Qazma işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı vacib analitik məsələlərdən biri qaz ciblərinin açılması və neftin fəvvarə vurması riskinin qabaqlanmasıdır. Bu məqsədlərə nail olmaq üçün qazma işlərinin reallaşması prosesində qazma məhlulunda qazların tərkibinin dövrü nəzarəti və ölçülməsi həyata keçirilir [8]. Onların ətraf mühitə düşməsi ekoloji disbalansa, insana təsiri isə başgicəllənməyə, baş ağrılarına və hətta ölümə gətirib çıxara bilər. Tezalışan qazların partlayış riskləri də çox böyükdür. Beləliklə, qazların və toksiki maddələrin kimyəvi tərkibinin istehsal proseslərinin bütün mərhələlərində sensorların köməyi ilə izlənməsi ekoloji monitoring və işlərin təhlükəsiz aparılmasının vacib aspektidir.

Yuxarıda göstərilən işlərə və informasiya texnologiyalarının (İT-nin), xüsusi halda Əİ-nin tətbiqi ilə aparılan analizinə yekun vuraraq, güman etmək olar ki, NQK müəyyən dərəcədə informasiya emalı üzrə fabrikdir, bu da KFS-in informasiya-texnoloji konsepsiyasına uyğun gəlir. Bu, qurulmuş sensorlu, prosessorlu və verilənlərin saxlanması vasitələri olan çoxsaylı qurğuların ayrı-ayrı komponentlərinin sistemə birləşməsi yolu ilə daha böyük effektdə nail olmağa imkan verir. NQK-nın effektiv və etibarlı işləməsinin daha mükəmməl nəticələrinə nail olmaq üçün aşağıdakı aktivlərin optimal iş qabiliyyətini dəstəkləmək lazımdır:

- istehsal-texnoloji (quyular, nasoslar, kompressorlar, boru xətləri, xammalın təkrar emalı prosesləri və s.);

- informasiya-texniki (informasiya mənbələri kimi sensorlar, hesablama qurğuları, saxlama qurğuları, telekommunikasiya avadanlıqları və uyğun proqram təminatı).

Problemin həllinə texniki xidmətin optimal seçimi, tətbiqi və idarə edilməsi hesabına nail olmaq olar. NQK obyektlərində texniki xidmətə tələbat təkcə dəniz neft-qaz platformasında baş verən çoxsaylı nasazlıqlarla əsaslandırıla bilər [9], onun təşkili prinsipləri və əsas məlum strategiyaları isə bir sıra işlərdə və standartlarda göstərilmişdir [10–12]. Həmin işlərin analizi göstərir ki, Əİ texnologiyalarının tətbiqi yeni texnoloji imkanlar təqdim edir, bunlar da istehsal avadanlıqlarına baxış və texniki xidmətin aparılması yollarını kəskin dəyişir. [13]-də *Condition Based Maintenance (CBM)* texnologiyalarından istifadəni əsaslandırmaqla NQK proseslərinin monitoringinin müxtəlif metodlarının nümunələri göstərilmişdir. Burada ölçmə texnikasının köməyi ilə avadanlığın real vəziyyətinin monitoringi və diaqnostikası həyata keçirilir və sonra riyazi aparat əsasında avadanlığın funksional nasazlığına imkan vermədən gələcək profilaktiki və təmir işlərinin məqsədəuyğunluğu haqqında proqnoz edilir. *CBM* texnologiyasının tətbiqinin müxtəlif aspektləri [14–16]-da geniş analiz edilmişdir.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, KFS-in işi onun istehsal-texnoloji və informasiya-texniki altsistemlərinin inteqrasiyası ilə həyata keçirilir. Onun qarşısına qoyulan istehsal məsələlərinin yerinə yetirilməsi kontekstində müxtəlif növ ziyanların minimallaşdırılması məqsədilə kritik texnoloji proseslərin etibarlılığının təmini zəruridir. Bu məsələnin həlli üçün *Reliability Centered Maintenance (RCM)* və *Risk Based Maintenance (RBM)* texniki xidmət strategiyaları daha qəbul edilən sayılır [17]. Faktiki *RCM* və *RBM* defekt və imtinaları aradan qaldırmaq üçün deyil, avadanlıqda ehtimal olunan nasazlıqlar üzündən mümkün neqativ nəticələri minimallaşdırmaq və istehsalın effektivliyini saxlamaq üçün monitoringin, texniki xidmətin və təmirin tətbiqini nəzərdə tutur. Bu məqsədlə alət kimi *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* və *Fault Tree Analysis*

(FTA) istifadə edilir [18]. FMEA metodunun mahiyyəti ehtimal olunan defekt və ya imtinaların, onların mümkün nəticələrinin aşkarlanması və analizində, eləcə də bu səbəblərin aradan qaldırılması, mümkün nəticələrə yol verilməməsi və aradan qaldırılması üzrə tövsiyə və fəaliyyətlərin işlənməsindədir. FTA-da riyazi metodların köməyi ilə bütün sistemin imtinasına gətirən aşağı səviyyə imtinalarını birləşdirən məntiqi diaqram qurulur və analiz edilir.

İKT yönümlü texnologiyaların neft-qaz kompleksində tətbiqi vəziyyəti

Məlumdur ki, İT-nin və mikroelektronikanın müasir nailiyyətləri Əİ-nin yaranmasına, inkişafına və müxtəlif sahələrdə tətbiqinə gətirib çıxarmışdır. Əİ mahiyyətə İnternetə qoşulan obyekt, maşın və qurğulardan verilənlərin toplanması, saxlanması, emalı və analizi texnologiyasıdır, burada adamlar və əşyalar, eləcə də əşyaların öz arasında yeni əlaqə formaları təmin edilir. Sensorlar temperaturu, təzyiqli, maqnit sahəsini, vibrasiyanı, radiasiyanı və digər fiziki parametrləri ölçən və dəyişiklikləri qeyd edən vericilərin həssas elementləridir. Öz qabaritlərinə görə sensorların sənayedə tətbiqi bəzi məhdudiyətlərə malik idi, lakin həmişə onların qabaritlərinin azalmasına və şəbəkədə istifadəsinə tələbat duyulmuşdur. Hal-hazırda elektron qurğuların mikrominiaturlaşması və şəbəkə texnologiyalarının inkişafı bir silisium kristalında sensorların, hesablama bloklarının, eləcə də verilənlərin, audio və video siqnalların ötürülməsi üçün qlobal və lokal şəbəkələrlə naqilsiz rabitə qurğularının yerləşməsinə imkan verir. Yekunda məkanca paylanmış obyektlərin idarə edilməsi və monitorinqi məqsədləri üçün bir neçə rejimli və müxtəlif şəbəkələrdə iş imkanlı radioqurğuların yaranması üçün şərait yaranır.

Beləliklə, Əİ-nin formalaşması və inkişafının əsas texniki amillərinə aşağıdakıları aid etmək olar [19]:

- Nəzarət və idarəetmə obyektlərindən müxtəlif informasiyanın (temperatur, təzyiqli, vibrasiya, məsafə, mövqe, dönmə bucağı, maddənin kimyəvi tərkibi və s.) toplanması imkanlı mini, mikro və nanosensorların istehsalı texnologiyasının təkamülü;

- Qoşulan sensorların, həm də qurğuların sayına məhdudiyətləri aradan qaldıran IPv6 texnologiyasına keçid;

- Müxtəlif texnoloji proseslərin parametrlərinin real ölçülməsi zonasında quraşdırılan sensorlardan informasiyanın birbaşa alınmasına imkan verən naqilsiz rabitə texnologiyalarının tətbiqi;

- Böyük həcmli informasiyanın saxlanması və emalına şərait yaradan və *Big Data*, *Data Mining*, *OLAP*, *Pattern Recognition* və s. kimi mürəkkəb analitik alətlərin tətbiqinə imkan verən bulud (*ing. cloud*), duman (*ing. fog*), şəh (*ing. dew*) strukturlarının inkişafı və təkmilləşməsi.

Əİ-nin əsas elementi sensor şəbəkə topologiyasıdır. Sensor şəbəkələri lokal qovşaqlardan ibarətdir. Hər bir qovşaq verilənlərin əldə olunması üçün sensorla, ilkin emal və icra mexanizmlərinə idarəedici təsirləri yaradan mikroprosessorla və informasiyanın iyerarxiya üzrə növbəti qovşağa qəbulu və ya ötürülməsi şlüzü ilə təchiz olunmuşdur [20].

Bir qayda olaraq, sensor şəbəkələrinin qovşaqları fasiləsiz rejimdə və ya sorğu rejimində işləyirlər. Birinci rejimdə şəbəkə qovşağı verilənləri fasiləsiz qəbul edir və real vaxt rejimində (*ing. on-line*) və ya ilkin emaldan sonra qonşu və ya mərkəzi qovşağa ötürür. İkinci rejimdə qovşaq hibernasiya rejimində (*ing. hibernation*) olur, qonşu və ya mərkəzi qovşaqdan əmr gözləyir.

Əİ qovşağının şəbəkə komponenti – şlüzü onu digər qovşaqlara və əlçatan kompüter sistemlərinə qoşur. Avtonom iş rejimində ötürülmə diapazonları, verilənlərin ötürülmə sürəti, güc və vaxt kimi rabitə tələbatlarından asılı olaraq Əİ qovşaqları naqilli və ya naqilsiz metodlar da daxil olmaqla müxtəlif rəqəmsal metodların köməyi ilə qoşula bilirlər. Naqilli qurğular şəbəkəyə adətən mis və ya fiber–optik kəbellə *Ethernet*–birləşmə vasitəsilə qoşulurlar. Naqilli birləşmələrin üstünlükləri etibarlılıq, əngələ dayanıqlılıq, sanksiyasızlaşdırılmış əlçatanlıqdan müdafiə, verilənlərin yüksək sürətlə ötürülməsi, qida gərginliyinin verilənlərin ötürülməsi ilə eyni zamanda verilməsi imkanı, ötürmə uzunluğudur. Çatışmazlıqları isə montaj işlərinin mürəkkəbliyi, çox sayda avadanlıq və naqillərdir.

Hal-hazırda Əİ texnologiyasında ənənəvi olaraq radiotezlik spektrində qoşulan naqilsiz qurğular geniş istifadə olunur. Naqilsiz rabitə protokolları çox fərqlənə bilər və beynəlxalq səviyyədə unifikasiya edilmiş, həm də daha dar sinif məsələlərin həllinə yönəlmiş ola bilər [21]. Əİ-nin naqilsiz rabitə protokolları üçün tezliklərin paylanması cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1

Əİ-nin naqilsiz rabitə protokolları üçün tezliklərin paylanması

Protokolun adı	Tezlik, MHs														Alternativ ad
	13,56	169	220	315	426	433	470	779	868	915	920	2400	5800	5900	
NFC/EMV	◆	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				ISO14443
Wireless M-Bus		◆				◆			◆						EN13757
China WMRNET		■	■	■	■	◆	◆								WMRNET I, II, III, IV
LoRa		■	■	■	■	◆	◆		◆	◆					
SIGFOX		■	■	■	■				◆	◆					
Telensa		■	■	■	■				◆	◆					
OnRamp		■	■	■	■							◆			802.15.4k
Wi-SUN		■	■	■	■							◆			802.15.4g/e/6LoWPAN
ZigBee		■	■	■	■			◆	◆	◆	◆	◆			802.15.4-2003, c d
Thread												◆			802.15.4-2003/6LoWPAN
WirelessHART												◆			802.15.4e
ISA100.11a												◆			802.15.4e/6LoWPAN
Z-Wave									◆	◆	◆				ITU G9959
EnOcean				◆						◆	◆				ISO14543-3-10
ANT+												◆			
Bluetooth												◆			802.15.1
802.11/a/b/g/n/ac												◆	◆		Wi-Fi
802.11ah (HaLow)							◆	◆	◆	◆					Wi-Fi HaLow
802.11p														◆	V2X
Positive Train Ctrl			◆												802.15.4p

Burada yaşıl rənglə subqıqahers diapazonları protokolu ailəsi, açıq-qəhvə rəngində isə IEEE 802.15.4 ailəsi qeyd edilmişdir. Qara romblar isə Əİ texnologiyasının tezliklər zolağına uyğunluğunu göstərir.

Bluetooth, *Wi-Fi*, *ZigBee* adətən kiçik təsir radiuslu (bir yataq hüdudunda yüz metr) qovşaqlar səviyyəsində istifadə edilir, eyni zamanda mobil və ya peyk rabitəsi uzaq təsir radiuslu naqilsiz birləşmələr (dəniz platformaları, magistral boru xətlərinin monitorinq sistemi) üçün istifadə olunur.

Əİ texnologiyasında sensor və qurğuların qoşulması qlobal unikal ünvan tələb edir. Aydındır ki, 6-cı versiya İnternet protokoluna (*IPv6*) keçid hər bir sensora, qovşağa və ya qurğuya unikal *IP*-ünvana malik olmağa imkan verir. Lakin *IPv6*-nın tətbiqinin bəzi aspektləri ilə, məsələn, təhlükəsizliyin idarə edilməsi, *IPv6* və *IPv4* ikili mühiti dəstəkləyən interfeyslərin reallaşması və yeni standartların qəbulu ilə bağlı problemlər mövcuddur.

Digər sahələrlə müqayisədə Əİ-nin nailiyyətləri daha çox dərəcədə NQK-nın səmərəliliyinə təsir göstərir. NQK-də maşın və mexanizmlərin geniş istifadə edilməsi ilə əlaqədar avadanlığın məhsuldarlığının, texniki xidmətə və mümkün nasazlıq hallarına tələblərin monitorinqi üçün sensorlardan istifadə bütün kompleksin fəaliyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edə bilər. Məsələn, *BP* şirkəti *Silicon Microgravity* ilə birgə əməkdaşlıq çərçivəsində yer qravitasiyasının gücünün milyardda bir hissəsini ölçməyə qabil olan sensorlar işləmişdir. Bu sensorlar quyunun çox dərinliyində suyun və neftin səviyyəsinə nəzarət etməyə imkan verir və nəticədə suyun neft quyuları ilə çirklənməsinin erkən aşkarlanmasına imkan yaradır. Digər bir tanınmış şirkət *Apache Corporation* isə elektrik sualtı nasosların nasazlıqlarının monitorinqi və proqnozlaşdırılması üçün

smart sensorlardan və intellektual analitikadan istifadə edir [22].

Son illərdə verilənlərin dispetçer idarə edilməsi və yığıcı sistemi *SCADA*, *M2M* və *WSN* əsasında müxtəlif həllər işlənmişdir. [23]-də avadanlığın vəziyyətinə nəzarət qurğularında, neft məhsullarının istehsalı və boru xətlərinin monitorinqində, boru xətləri üçün katod müdafiəsi stansiyalarında, korroziyanın aşkarlanmasında, quyu ağzı və nasos qurğularının monitorinqində, neft quyularının qazılması sistemlərində sensorlardan istifadə təklif edilmişdir. [24]-də göstərilmiş qurğuda verilənlər naqilsiz kanal üzrə boru xətlərinə dolanmış naqıl sargılarından istifadə etməklə maqnit induksiya rabitəsi vasitəsilə ötürülür. Lakin maqnit induksiya qovşaqları və ya sargıları arasında qısa rabitə diapazonu olduğundan yeraltı boru xətlərinin geniş miqyasda yerləşdirilməsi və ya uzunmüddətli monitorinqi mümkün deyildir. Bu sistemlər çevik deyil, miqyaslanmada mürəkkəbdirlər və verilənlərin toplanması, ötürülməsi və yenidən emalı zamanı çoxlu sayda problemlərə malikdirlər.

Bu qısa icmaldan o nəticə əldə etmək olar ki, Əİ texnologiyası mövcud çatışmazlıqların aradan qaldırılması üçün üstünlüyə malikdir və NQK-nın bütün sektorlarına inteqrasiya edilə bilər.

Əİ bazasında təklif edilən konseptual model

NQK-də informasiyanın yığıcı və emalının düzgün strategiyasının reallaşma üsulu kimi Əİ texnologiyasının tətbiqi aktual məsələdir. Nəticədə idarəetmənin operativliyinə nail olunur, effektiv qərar qəbul olunur, istehsal prosesləri təkmilləşdirilir və rəqabət qabiliyyəti artırılır.

Beynəlxalq Telekommunikasiya İttifaqının Telekommunikasiyanın standartlaşdırılması sektoruna (*ing. International Telecommunication Union — Telecommunication sector, ITU-T*) görə, Əİ – “informasiya cəmiyyəti üçün mövcud və inkişaf edən funksional uyğun İT əsasında əşyaların (fiziki və virtual) bir-birilə birləşməsi yolu ilə daha mürəkkəb xidmətlərin təqdimi mümkünliyünü təmin edən qlobal infrastrukturdur” və konsepsiya kimi yaxın illərdə sənayenin inkişafını müəyyən edir [25]. Əİ-nin sənayedə tətbiqi yeni terminin – sənaye Əİ-nin yaranmasına səbəb olmuşdur, bu ad altında çoxsəviyyəli sistem başa düşülür, burada müxtəlif sensorlarla təchiz olunmuş müxtəlif tip obyektlərin birbaşa qarşılıqlı informasiya əlaqəsi həyata keçirilir, verilənləri ötürə bilən, qərar qəbul edə bilən və bir-birilə qarşılıqlı əlaqə saxlayan intellektual qurğular mövcuddur.

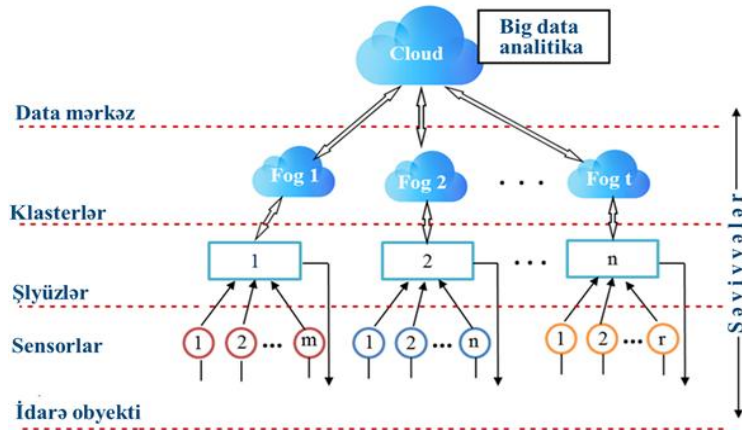
NQK-də Əİ texnologiyası bazasında təklif edilən konseptual model şəkil 2-də göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, sistemin fəaliyyəti dörd səviyyədə həyata keçirilir [26]. Hər bir səviyyəni qısa xarakterizə edək.

Sensorlar. Məlumdur ki, istənilən sistemin əsasını fiziki səviyyə təşkil edir və burada böyük verilənlər axınının generasiyası baş verir [27]. Bu səviyyəni informasiyanın formasının çevrilməsi səviyyəsi (Sensorlar) adlandırmaq. Bu səviyyədə obyektlər sensorlarla təchiz olunur, onların köməyi ilə təcil, yerdəyişmə, temperatur, təzyiq və s. kimi fiziki kəmiyyətlər bir qayda olaraq elektrik signalına çevrilir və sonrakı mərhələlərdə emal edilir.

Sensor texnologiyalarında müasir tendensiya seçimliliyi, həssaslığı, sabitliyi (məsələn, Xoll və ya Koriolis effektində sensor elementləri) yüksəltmək üçün aktiv ölçmə prinsiplərinin, eləcə də öz-özünü diaqnostika və kalibrəlmə imkanlarının istifadəsidir. Perspektiv istiqamət *Fiber Bragg Grating (FBG)* əsasında fiber-optik sensorlardır [28]. *FBG* əsasında sensorlar təzyiq vericiləri kimi və temperaturun çoxlu ölçmə nöqtələri olan uzun massivlərdə (məsələn, boru xətləri) xüsusilə cəlbedicidir. Onlar daha etibarlı verilənləri təmin edir, avadanlığın ağır istismar şəraitində işləyə və verilənləri onlarla kilometr məsafəyə ötürə bilərlər.

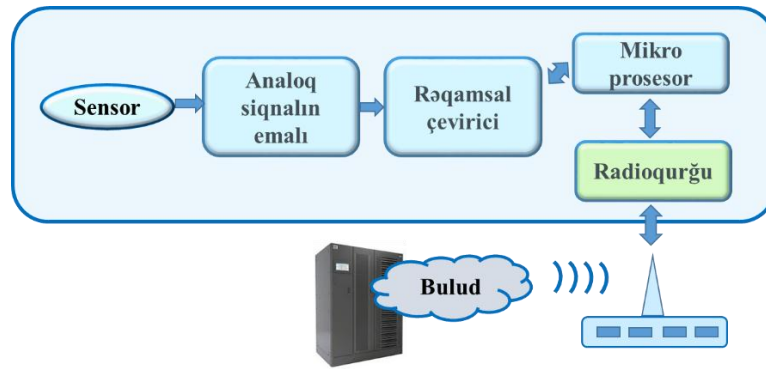
Sənayeyə analogi olaraq, sensor texnologiyasının inkişafında dörd təkamül mərhələsini ayırırlar [29]:

1. Sensor 1.0 – mexaniki indikatorlar;
2. Sensor 2.0 – elektrik sensorlar;
3. Sensor 3.0 – elektron sensorlar;
4. Sensor 4.0 – smart və ya “ağıllı” sensorlar.



Şəkil 2. Əİ-nin NQK-də tətbiqinin konseptual modeli

Smart sensorun xassələri və imkanlarına baxaq. Smart sensor ölçmə qurğusundan, ölçmələrin nəticələrini analiz edən hesablama blokundan və rəqəmsal informasiyanın sensorlar şəbəkəsi vasitəsilə böyük sistemə və ya buluda köçürülməsi üçün rabitə blokundan ibarətdir (şəkil 3) [30].



Şəkil 3. Smart sensorun blok-sxemi

Təzahürlərin dəqiq təqdimi üçün signal müxtəlif güclənmə və filtrasiya mərhələlərini keçir. Lakin elektrik signalının rabitə kanalları üzrə analoq şəkildə sonrakı ötürülməsi bir sıra çatışmazlıqlara malikdir. Onlardan əsasları əngələ dayanıqlıq və energetik effektivliyin aşağı olmasıdır. İlkin informasiyanın emalı, saxlanması və ötürülməsində yararlı verilənləri rəqəmsal formatda təqdim etmək üçün analoq-rəqəm çevirilməsi proseduru zəruridir. Verilənlər adətən lokal serverdə saxlanır, sonra isə onların emalı mərkəzinə göndərilir.

Şlyuzlar – verilənlərin ilkin emalı və kommunikasiyalar səviyyəsidir. Bu səviyyədə verilənlər real vaxt rejimində emala məruz qalır, əks əlaqə ilə idarə obyektinə təsir edir və lazım olduqda, yuxarı səviyyəyə nəql olunur.

Klasterlər – duman tətbiqləri (ing. fog) və anomaliyaların aşkarlanması səviyyəsidir. Qeyd edək ki, texnoloji proseslərin əsas mərhələləri ərazicə paylanmış xarakterə malikdir. Müəyyən xüsusiyyətlərinə görə onlar qruplaşdırılır (klasterlərə bölünür) və verilənlər Data mərkəzə (ing. cloud) ötürülmədən burada operativ emal olunur. Beləliklə, yükün bulud xidmətindən duman hesablamalarına (ing. fog computing) bölüşdürülməsi həyata keçirilir. Bu səviyyədə, həmçinin toplanmış verilənlərin etalon və ya baza verilənləri ilə müqayisəsi əsasında aşkarlanmış anomaliyaların hansı qrupa aid olunması müəyyən edilir.

Data mərkəz – proqnostika və analitika səviyyəsidir (ing. Big Data analytics). Diaqnostik verilənlər əsasında zaman üzrə qaçılmaz nasazlıqların müəyyən edilməsi üçün proqnostik qiymətləndirmə aparılır. Proses avadanlıqlarda baş verə biləcək nasazlıqlar haqqında spesifik informasiya əsasında həyata keçirilir. Həmçinin, texnoloji prosesin həyat tsiklinin optimallaşdırılması, avadanlıq və ya prosesin boş dayanması vaxtının qısaldılması hesabına

müəssisədə məhsuldarlığın artırılması üçün hansı hərəkətlər etmək haqqında informasiya təqdim olunur [31]. Buludda saxlanılan böyük həcmli verilənlər emal olunur və analitik təhlillər aparılır.

Verilənlər standart formatlardan istifadə edilərək buludda saxlanılır və dəstəklənir. Standart formatlardan istifadə NQK-nın müxtəlif səviyyələrində istifadəçilərə informasiyanın təqdim edilməsi üçün interaktiv veb və mobil tətbiqlər yaratmaq imkanı verir.

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, idarəetmənin etibarlılığı və iş qabiliyyətinin təmin olunması üçün (nasazlıqlar, rabitə kanallarının həddən artıq yüklənməsi hallarında) qovşaqlar arasında virtual sensor - sensor, şlüz – şlüz, duman - duman və çarpaz əlaqələr yaradılır.

Əİ-nin neft-qaz kompleksində tətbiqindən gözlənilən nəticələr

Əİ texnologiyasının NQK-də tətbiqi istehsal prosesinin bütün mərhələlərində iqtisadi əsaslandırılmış və ekoloji tələblərə cavab verən effektiv istismara nail olmağa imkan yaradır. Əİ-nin innovasiya ideyaları NQK-nın əsas texnoloji problemlərini, o cümlədən aşağıdakıları həll edə bilər:

- “Ağıllı” NQK-nın yaradılması;
- Neft və qaz yataqlarının kəşfiyyat, qazma və istismarı texnoloji proseslərinin təkmilləşdirilməsi;
- Neft və qaz quyuları və hasilat avadanlıqlarının vəziyyətinin monitorinqi, effektiv istismarı və profilaktik xidməti, təhlükəli istehsalatın və qiymətli avadanlığın distant monitorinqi;
- Nəzarət, idarəetmə və profilaktikanın operativliyi;
- Resurstutumlu proqnozların avtomatik yerinə yetirilməsi;
- Proseslərin və personalın məhsuldarlığının artırılması;
- Enerji istehlakının azaldılması;
- Quyularda proqnozlaşdırılmayan dayanmaların, texniki xidmət və təmir üzrə işlərin azaldılması;
- Sağlamlıq və həyat üçün təhlükəli istehsal zonalarında personalın olmasını tələb edən işlərin ləğvi;
- Ekoloji risklərin azaldılması və təhlükəsizliyin artırılması və s.

Bütün bunlar qeyd etməyə əsas verir ki, Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətində Əİ texnologiyasının tətbiqi aktual məsələ kimi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Nəticə

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, NQK-də texnoloji problemlərin həllində İT-nin tətbiqi daim genişlənir. İT-nin davamlı inkişafı, İnternetin, həmçinin funksional cəhətdən yeni ilkin informasiya sensorlarının meydana çıxması fiziki obyektlərin idarə olunmasının birbaşa İnternet vasitəsilə həyata keçirilməsi üçün müəyyən texniki imkanlar yaratmışdır. Məqələdə bu texnoloji yeniliklərin Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətində tətbiq edilməsi məqsədi ilə texnoloji problemlərin mövcud vəziyyəti və həlli yolları tədqiq olunmuşdur. Problemlərin həllində Əİ, smart sensorlar, simsiz rabitə şəbəkələri kimi texnoloji yeniliklərin imkanları verilmiş və NQK-də tətbiqlərinin konseptual modeli təklif edilmişdir. NQK-də Əİ-nin təklif olunan konseptual tətbiqi modelinin reallaşdırılması onun sektorlarında əsas texnoloji proseslərin daha effektiv və etibarlı nəticələrlə idarə edilməsinə potensial imkanlar yaradır.

Minnətdarlıq

Bu iş Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin Elm Fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir – Qrant № 01 LR – AMEA, ADNŞ NF 2017.

Ədəbiyyat

1. Хасанов И.И., Логинова Е.А. История развития автоматизации нефтегазовых процессов // История и педагогика естествознания, 2017, №1, с.64–68.
2. Kagermann H. et al. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry, Final report of the Industrie 4.0

- Working Group, 2013, 79 p. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>
3. Devold H. Oil and gas production handbook. 2013, 152 p. <https://new.abb.com/oil-and-gas>
 4. Aldred W. et al. Drilling Automation // Oilfield Review, 2012, vol.24, no.2, pp.18–27.
 5. <https://businessman.ru/magistralnyie-nefteprovodyi-klassifikatsiya-i-sostav.html>
 6. Gómez C., Green D.R. Small unmanned airborne systems to support oil and gas pipeline monitoring and mapping // Arab J-I Geosci, 2017, vol.10, no.9, pp.202–219.
 7. Davies J. Ultrasonic Sensor Technology and its Application in the Oil & Gas Sector, 2015. <https://www.sensorsmag.com/components/ultrasonic-sensor-technology-and-its-application-oil-gas-sector>
 8. Oil and Gas Industry – Safety Monitoring. Flame, Toxic/LEL Gas, Ultrasonic, and Particle Detection. <http://emerson.com/documents/automation/application-note-oil-gas-industry-safety-monitoring-en-72588.pdf>
 9. Natarajana S., Srinivasana R. Multi-model based process condition monitoring of offshore oil and gas production process // Journal Chemical engineering research and design, 2010, vol.88, pp.572–591.
 10. BS 8210: 2012 Guide to facilities maintenance management, <http://www.safety-managementuk.com/wp-content/uploads/2018/04/BS-8210-2012-3.pdf>
 11. DIN 31051 Fundamentals of maintenance. <https://standards.globalspec.com/std/1539923/din-31051>
 12. Mostafa Sh. et al. Lean thinking for a maintenance process // Production and Manufacturing Research, 2015, vol.3, no.1, pp.236-272.
 13. Telford S., Mazhar M.I., and I. Howard. Condition Based Maintenance (CBM) in the Oil and Gas Industry: An Overview of Methods and Techniques / International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Malaysia, 2011, pp.1152–1159.
 14. Selcuk S. Predictive maintenance, its implementation and latest trends // Journal of Engineering Manufacture, 2016, vol.231, issue 9, pp.1670–1679.
 15. Niu G., Pecht M. A framework for cost-effective and accurate maintenance combining CBM RCM and data fusion / 8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety, ICRMS 2009, pp.605–611.
 16. Reidt A., Schuhbäck S., and Krcmar H. Comprehensive View on Architectural Requirements for Maintenance Information Systems / 13th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, 2018, pp.249–257.
 17. Reliability centered maintenance. Guide for facilities and collateral equipment, NASA, 2000, 348 p.
 18. De Queiroz Souza R., Alvares A.J. FMEA and FTA Analysis for Application of the Reliability Centered Maintenance Methodology: Case Study on Hydraulic Turbines / ABCM Symposium Series in Mechatronics, 2008, vol.3, pp.803–812.
 19. Фаталиев Т.Х., Мехтиев Ш.А. О некоторых вопросах применения технологии "Интернета вещей в нефтегазовой промышленности / 3-я конференция Информационная безопасность и компьютерные технологии". Кропивницкий, Украина. 19-21 апреля 2018, с.273–276.
 20. Алгулиев Р.М., Фаталиев Т.Х., Агаев Б.С., Алиев Т.С. Сенсорные сети: состояние, решения и перспективы // Телекоммуникации, 2013, №4, с.27–32.
 21. <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-1217EN.pdf>
 22. Digital transformation advances reshaping the oil and gas industry. <https://siliconvalley.center/digital-transformation-oil-gas>
 23. Wazir Zada Kh., et al. A reliable Internet of Things based architecture for oil and gas industry / 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 19-22 Feb.2017, pp.705–710.
 24. Sun Zh. et al. MISE-PIPE: Magnetic induction-based wireless sensor networks for underground

- pipeline monitoring // Ad Hoc Networks. May 2011, vol.9, Issue 3, pp.218–227.
25. Recommendation ITU-T. Y.2060: Overview of the Internet of things, 06/2012. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>
 26. Alguliyev R., Fataliyev T., Mehdiyev Sh. Some issues of application of internet of things in the oil and gas complex / The 6th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications, July 11-13 2018, pp.46–48.
 27. Alguliyev R., Imamverdiyev Y., Sukhostat L. Cyber-physical systems and their security issues // Computers in Industry, 2018, vol.100, pp.212–223.
 28. Cheng L.K., Nieuwland R.A., Toet P.M., and Agovic K. Fiber Bragg grating sensors / Symposium IEEE Photonics Benelux Chapter, 2010, pp.149–152.
 29. Schütze A., Helwig N., and Schneider T. Sensors 4.0 – smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0 // Journal of Sensors and Sensors Systems, 2018, no.7, pp.359–371.
 30. Lebsack G., Sensors Drive IoT Intelligent Systems, 2018/01/04. <https://semiengineering.com/sensors-drive-iot-intelligent-systems/>
 31. Jantunen E., et al. Remote maintenance support with the aid of cyber-physical systems and cloud technology // Journal of Systems and Control Engineering, 2018, vol.232, issue 6, pp.784–794.

УДК 001:004.7

Фаталиев Тахмасиб Х.¹, Мехтиев Шакир А.²

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

¹depart3@iit.science.az, ²depart11@iit.science.az

Пути решения существующих технологических проблем нефтегазового комплекса на основе ИКТ ориентированных инновационных технологий

Статья посвящена решению существующих технологических проблем в нефтегазовом комплексе с применением современных технологий. Было проанализировано текущее состояние технологических проблем и исследованы основные пути их решения. В решении этих проблем приведены возможности таких технологических инноваций, как Интернет вещей, смарт сенсоры, беспроводные сенсорные сети и предложена концептуальная модель их применения в нефтегазовом комплексе. Показано, что в результате реализации модели будут достигнуты более эффективное и надежное функционирование, производительность и конкурентоспособность комплекса.

Ключевые слова: Интернет вещей, киберфизическая система, нефтегазовый комплекс, сенсорные сети, смарт сенсор.

Tahmasib Kh. Fataliyev¹, Shakir A. Mehdiyev²

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

¹depart3@iit.science.az, ²depart11@iit.science.az

Solution ways of existing technological problems of the oil and gas complex based on ICT-oriented innovation technologies

The article is devoted to the solution of existing technological problems in the oil and gas complex through modern technologies. The current state of technological problems is analyzed and the main solution ways are explored. Solution of these problems may involve the possibilities of such technological innovations as the Internet of things, smart sensors, wireless sensor networks, and a conceptual model of their use in the oil and gas complex is proposed. The implementation of this model results in more efficient and reliable functioning, productivity and competitiveness of the complex.

Keywords: Internet of Things, cyber-physical system, oil and gas complex, sensor networks, smart sensor.