

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

NEFTMƏDƏN AVADANLIQLARI VƏ QURĞULARININ İSTİSMARI PROSESLƏRİNDƏ ETİBARLIĞIN VƏ SƏNAYE TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

İxtisas: 3313.02 – Maşınlar, avadanlıqlar və proseslər

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Könül Babək qızı İravanlı**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin nəzdində “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-də yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Texnika üzrə elmlər doktoru, professor
İbrahim Əbülfəz oğlu Həbibov

Rəsmi opponentlər:

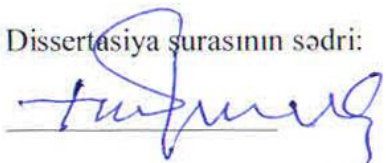
Texnika üzrə elmlər doktoru, professor
Fariz Qaçay oğlu Əmirov

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Nailə Ağa Kazım qızı Həsənova

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru
Natiq Sabir oğlu Seyidəhmədov

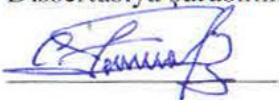
Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının “Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti” PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



texnika üzrə elmlər doktoru, professor
İbrahim Əbülfəz oğlu Həbibov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:



texnika üzrə elmlər doktoru, dosent
Tahir Qafar oğlu Cabbarov

Elmi seminarın sədri:



texnika üzrə elmlər doktoru, professor
Zakir Əli Ağa oğlu Rüstəmov



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Azərbaycanın müasir neft-qaz sənayesi onun iqtisadiyyatının həlledici faktorlarından biri olmaqla ölkənin dinamiki inkişafının əsasını təşkil edir. Son illərdə kəşf edilən və istismar olunan yataqlarda neftlə bərabər böyük həcmdə qaz amilinin aşkarlanması Azərbaycan Respublikasını yeni bir mövqeyə - qaz ixrac edən ölkələr sırasına çıxara bilmişdir.

Hazırda ölkədə hasil olunan karbohidrogenlərin dünya bazarına çıxışında logistik vasitələrin bütün növlərindən (boru kəmərləri, dəniz və dəmir yolu nəqliyyatı) istifadə olunsada boru kəmərlərindən daha çox istifadə öz aktuallığını saxlamaqdadır.[114]¹

Xəzər dənizi və Abşeron yarımadasında hasil olunan neft və qazın nəqlində istifadə olunan çoxşaxəli boru kəmərləri sistemi, eləcə də buraya daxil olan avadanlıq və qurğular ağır və mürəkkəb şəraitdə istismar olunurlar. Belə ki, onlar funksional təyinatlarından asılı olaraq yüksək təzyiq, dinamiki xarakterli yükləmələr, quyu dibi depressiyası səbəbindən yaranan titrəyişlər və s. bu kimi faktorlarla yanaşı, aqressiv mühit və müxtəlif iqlim dəyişmələrinin təsirinə məruz qalırlar. Sənayenin bu sahəsində istifadə olunan avadanlıq və texniki vasitələrin hazırlanmasında müxtəlif markalı metallardan, rezin və polimerlərdən, eləcə də keramikadan istifadə olunur.

Metallardan hazırlanan mədən avadanlıqlarının, o cümlədən boru kəmərləri, qurğu və metalkonstruksiyalarda korroziya proseslərinin intensivləşməsi ekoloji və sənaye təhlükəsizliyinin azalmasına səbəb olur.[26]²

Korroziya dünya ölkələrinin iqtisadiyyatına, oradakı ekoloji duruma təsir edən ən önəmli proseslərdən biridir. Hesablamalara görə korroziya səbəbindən itkilərin həcmi inkişaf etmiş ölkələrdə milli gəlirin təxminən 3-4%-ni təşkil edir və metal məhsulların 10%-i tamamilə məhv edilir.

¹ Сейфуллаев, Г.Х. Эксплуатационные характеристики магистральных и сетевых газопроводов, действующих в Азербайджане // Нефтяная промышленность Азербайджана, – 2018. №5, – с.35-40.

² Nəcəfov, E.Ə. Neft-qaz sənayesi müəssisələrində ekoloji təhlükəsizliyin təmin olunma məsələləri // Azərbaycan neft təsərrüfatı. –2016. № 9, – s.57-62.

Hazırda korroziyanın yaratdığı fəsadlar, maliyyə məsrəfləri dünya probleminə çevrilmişdir. Təkcə dünyada böyük neft və qaz ixrac edən ölkələrdən biri olan qonşu Rusiya Federasiyasında korroziya səbəbindən orta illik metal itkilərinin həcmi 1,5 mln.ton təşkil edir. Dünya miqyasında bu göstərici 15–20% və ya 150-200 mlrd. ABŞ dolları təşkil edir. Bunun 60–80 milyardı neftin və qazın nəqli sistemində baş verən korroziya prosesləri, eləcə də kimya və neftçixarma sahələri ilə bağlıdır [8]³. Müqayisə üçün qeyd etmək olar ki, bu göstərici Azərbaycanda azlıq təşkil etsə də problem öz aktuallığını saxlamaqdadır. Belə ki, hazırda neftin və qazın çıxarılması, saxlanması, emalı və nəqli sistemində istifadə olunan avadanlıq, qurğu və boru kəmərlərində baş verən qəza səbəblərinin 70-85 %-i korroziya prosesləri ilə bağlıdır. Hər il istismarda olan metal konstruksiyalarda, neftqazmədən avadanlıqlarında (NQMA), magistral və mədənlərarası boru kəmərləri sistemində korroziya yeyilməsi səbəbindən 20-25% yenilənmə işləri aparılır.

Boru kəmərlərinin, eləcə də metal konstruksiyaların və avadanlıqların korroziyadan qorunmasında tətbiq olunan metodlar sırasında müxtəlif tərkibli örtük materiallarından istifadə geniş tətbiq olunsada, burada həlli tələb olunan məsələlər öz aktuallığını itirməmişdir [89]⁴.

Bu baxımdan dissertasiya işi, neftin və qazın nəqli sistemində korroziya səbəbindən yarana biləcək risklərin qiymətləndirilməsi, sənaye və ekoloji təhlükəsizliyin yüksəldilməsi kimi aktual bir məsələnin həllinə yönəldilmişdir.

NQMA Neft və qaz sənayesinin, neft yataqlarının işlənməsi, neftin hasilatı və daşınması üçün zəruri olan aqreqatlar və sistemlər toplusu nəzərdə tutulur. Bura neft və qaz quyularının qazılması, eləcə də geniş çeşidli hasilat avadanlıqları, quyuların tədqiqi, təmir-bərpa işlərinin aparılmasında istifadə olunan avadanlıqlar, texniki vasitələr,

³ Enerji resurslarının əsas nəql marşrutları. [Electronic resource] / URL: <https://azerbaijan.az/related-information/133>.

⁴ Насибуллина О.А., Гареев А.Г. Коррозионные испытания ингибиторов коррозии в условиях низкой обводненности // Образование и наука в современных условиях: матер. Внутривуз. науч.-практ. конф. Стерлитамак: Полиграфия, - 2016, - с. 287–288.

eyni zamanda çoxşaxəli boru kəmərləri sistemi, müxtəlif quruluşlu həcmilər, texniki vasitələr və digərləri daxildir.

Qeyd edilən avadanlıq və qurğularda müxtəlif əsaslı imtinaların baş verməsinə səbəb olan korroziya proseslərinin qarşısının alınması, onların istismar prosesində etibarlılığını artırmaqla sənaye və ekoloji təhlükəsizliyin yüksəldilməsi istiqamətində xarici ölkələrlə yanaşı Azərbaycanda da geniş elmi-tədqiqat və elmi-praktiki işlər aparılır. Bu sırada S.H.Babayev, H.F.Mirələmov, Q.Q.İsmayılov, Y.M.Bilalov, İ.Ə.Həbibov, F.Ə.Əmirli, V.N.Pratasov və başqalarının işlərini göstərmək olar.

Tədqiqatın obyektı və predmeti.

Neftin və qazın nəqli sistemində istifadə olunan boru kəmərləri və burada istifadə olunan avadanlıqlarda yarana biləcək texniki və ekoloji risklərin qiymətləndirilməsi və idarə olunması metodları, eləcə də etibarlılığının artırılmasında polimer-bitum əsaslı nanomaterialın işlənməsinin və tətbiqinin nəticələri.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.

Dissertasiya işinin məqsədi, neftmədən avadanlıqları və qurğularında, istismar proseslərində yarana biləcək texniki-ekoloji risklərin qiymətləndirilməsi, idarə olunması metodlarının işlənməsi, eləcə də etibarlılığının artırılmasında polimer-bitum əsaslı nanomaterialın işlənərək tətbiqi ilə etibarlılığının və sənaye təhlükəsizliyinin yüksəldilməsidir.

Dissertasiya işin məqsədinin təmini istiqamətində aşağıdakı əsas məsələlər qarşıya qoyulmuş və həll edilmişdir:

- qazın nəqli sistemində istifadə olunan boru kəmərləri, avadanlıq və qurğularda istismar şəraitinin təhlili, mövcud etibarlılıq və təhlükəsizlik problemlərinin tədqiqi;

- neftqazçıxarma və nəqli sistemindəki imtina səbəblərinin analizi və bununla bağlı yaranan itkilərin təhlili;

- boru kəmərləri sistemindəki ekoloji risklərin qiymətləndirilməsi metodunun işlənməsi;

- neft və qaz kəmərlərində, eləcə də burada istifadə olunan avadanlıqlarda istismar təhlükəsizliyinin təmini, risklərin idarə olunması məqsədi ilə qaz itkilərinin nöqtəvi və interval qiymətləndirmə metodunun işlənməsi;

-dinamik sistemlər nəzəriyyəsi əsasında boru kəmərlərinin etibarlılıq parametrlərinin dəyişmə xarakterinin tədqiqi;

-boru kəmərləri sisteminə daxil olan avadanlıq və metal konstruksiyaların korroziyadan mühafizəsi üçün polimer-bitum əsaslı aşağı su keçirmə və yüksək adheziya qabiliyyətinə malik nanokompozisiya materialının işlənməsi;

-metal konstruksiyaların və boru kəmərlərinin istismar göstəricilərinin dəyişməsini proqnozlaşdırmağa imkan verən modelin işlənməsi;

-qaz tənzimləyicisinin membranının hazırlanması üçün material seçiminin əsaslandırılması və onun rəşional qalınlığının təyin edilməsi.

Tədqiqat metodları. Tədqiqat işində qoyulmuş məqsəd və məsələləri həll etmək üçün riyazi statistika və ehtimal nəzəriyyəsi, qeyri-xətti dinamik sistemlər və neftmədən avadanlıqları sistemlərində, istismar və ekoloji təhlükəsizliyin təmini nəzəriyyələrinin əsaslarından istifadə edilmişdir.

Eyni zamanda komputer texnologiyaları tətbiq etməklə risklərin qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması məsələləri həll edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

-neftin və qazın boru kəmərləri vasitəsi ilə nəqli prosesində, eləcə də burada istifadə olunan NQMA-nın istismarı ilə bağlı toplanmış statistik məlumatlara əsaslanan ekoloji və sənaye riski qiymətləndirə bilən metodologiya;

-metal konstruksiyaların və boru kəmərlərinin korroziyadan qorunmasında istifadə oluna biləcək polimer-bitum əsaslı nanokompozit örtük materialı;

-örtük materialının aparıcı göstəricilərinin dəyişməsi əsasında ilkin məlumatlara əsaslanan və onun proqnoz edilməsinə imkan verən dinamik modelin işlənməsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

-metal konstruksiyalar, mədən avadanlıqları və boru kəmərləri sistemində baş verən müxtəlif xarakterli qəzalar səbəbindən yaranmış itkilərlə bağlı toplanmış məlumatlar əsasında ekoloji riskin qiymətləndirilməsi metodologiyası işlənməmişdir;

-itkilərin paylanma sıxlığını maksimum həqiqətə yaxın

qiymətləndirməklə, boru kəmərlərində baş verən orta itkilər sayı müəyyən edilmişdir;

- avadanlıq və boru kəmərlərinin etibarlıq göstəricilərinin dəyişmə sırasına görə onların proqnozlaşdırılmasına imkan verən dinamiki model işlənmişdir;

- metal konstruksiyaların və qaz kəmərlərinin korroziyadan mühafizəsi üçün nanoəsaslı polimer-bitum kompozisiya materialı işlənmiş və onun optimal tərkib göstəriciləri müəyyən edilmişdir;

- polimer-bitum əsaslı nanokompozit materialdan istifadənin effektivliyi təsdiqlənmişdir;

- qazın paylanması istifadə olunan tənzimləyici membranın qalınlığının seçimi əsaslandırılmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı praktiki məsələlərin həllinə imkan yaradır:

- mədən avadanlıqları və boru kəmərləri sistemində itkilərin qiymətləndirilməsi ilə bağlı metodların istifadəsi statistik məlumatlar əsasında neftin və qazın nəqli prosesində risklərin dəyərləndirilməsi imkanları yaradır.

- polimer-bitum əsaslı nanokompozisiya örtük materialı yüksək səviyyəli keyfiyyət göstəricilərinə malik olmaqla, aqressiv mühitdə istismar olunan boru kəmərlərinin və avadanlıqların uzunömürlüyünü 35-40% artırmağa köməklik edir.

- təklif olunan kompozisiya örtük materialının istifadə texnologiyasının sadəliyi, onun istənilən şəraitdə istifadəsinə imkan verir.

- qaz tənzimləyici membranın qalınlığı rəasional qiymətinin müəyyənləşdirilmişdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı konfrans və seminarlarda müzakirə olunmuşdur: «Xəzərneftqazıyaraq-2014» Elmi texniki konfrans, 2014, Bakı; XIII Международная научно-практическая конференция «Научное обозрения физико-математических и технических наук в XXI веке», 2015, Москва; Fövqaladə hallarda təhlükəsizlik problemləri” professor-müəllim heyətinin IV beynəlxalq elmi-texniki konfransı, Bakı, 2018; Bakı Ali Neft Məktəbi tərəfindən Ümummillil lider H.Əliyevin anadan olmasının 97-ci il donümünə həsr olunmuş

“Tələbə və gənc tədqiqatçıların I beynəlxalq elmi konfransları”nda, Bakı, 2020; 11th Scientific Conference “Intelligent systems for industrial automation,” WCIS-2020, held in Tashkent, Uzbekistan, 2020; Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Üzvi maddələr və yüksəkmolekullu birləşmələrin texnologiyası” kafedrasının 60 illik yubileyinə həsr olunmuş “Makromolekullu birləşmələr texnologiyasının müasir problemləri” adlı beynəlxalq konfransda, Bakı, 2024; eləcə də ADNSU-nun “Mühəndis və kompüter qrafikası” kafedrasının elmi seminarında, “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-nin “Quruda və dənizdə işləyən neft avadanlığının etibarlılığı və səmərəliliyi” problem laboratoriyasının seminarında və “Azərbaycan dövlət əməyin mühafizəsi və təhlükəsizlik texnikası” ETİ-nin “Texniki təhlükəsizliyin “Yaşıl” inkişafı” üzrə elmi-praktiki konfransında müzakirə edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yeririldiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdindəki “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-nin, “NB Group” şirkəti (Boya zavodu), «AZİNMAŞ» və «Neftqazəlimtədqiqatlayihə» institutunun, eləcə də Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Üzvi maddələr və yüksəkmolekullu birləşmələrin texnologiyası” kafedrasının laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Alınmış nəticələr “Quruda və dənizdə işləyən neft avadanlığının etibarlılığı və səmərəliliyi” problem laboratoriyasının İş Planına və ADNSU-nun “Mühəndis və kompüter qrafikası” kafedrasının elmi-tədqiqat işlərinin mövzularına uyğun olaraq aparılmışdır.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi girişdən, beş fəsildən, nəticələrdən, 156 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən (4 əlavə), o cümlədən, 22 şəkil, 21 cədvəldən və 10 qrafikdən ibarətdir.

Dissertasiyanın məzmununda giriş 7 səhifə olub 12065 işarədən, birinci fəsil 28 səhifə olub 37715 işarədən, ikinci fəsil 17 səhifə olub 24690 işarədən, üçüncü fəsil 24 səhifə olub 31595 işarədən, dördüncü fəsil 23 səhifə olub 30490 işarədən, beşinci fəsil 27 səhifə olub 30740

işarədən, nəticələr 2 səhifə olub 1905 işarədən və istifadə edilmiş 156 sayda ədəbiyyat siyahısı 15 səhifədən ibarətdir.

Dissertasiyanın həcmi 148 səhifə kompüter yazısından ibarət olmaqla, cədvəllər, şəkillər, qrafiklər və ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla ümumi həcmi 169200 işarəni təşkil edir..

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin aktuallığı, məqsədi, yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulan əsas məsələləri, elmi yenilikləri, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəaları işin praktik əhəmiyyəti, strukturu və həcmi haqqında məlumatlar, eləcə də alınmış nəticələrin tətbiqi ilə bağlı şərtlər əks olunmuşdur..

Birinci fəsildə Azərbaycanın magistral və mədənlərarası qaz kəmərləri və qurğuların istismar şəraitinin xüsusiyyətləri araşdırılmış, əsas perspektiv istiqamətlərin təhlili verilmişdir. Aparılan nəzəri təhlillər nəticəsində Xəzər dənizindən başlayaraq Abşeron yarımadası və sonradan ölkənin bütün coğrafi ərazilərində şaxələnən boru kəmərləri sistemlərinin, onların keçdiyi ərazilərin, bu ərazilərin ekoloji durumu, buradakı su və torpağın tərkib göstəricilərinin, boru kəmərləri sisteminin etibarlıq və uzunömürlülyünə təsir edən vəziyyətin təhlilinə baxılmışdır.

İkinci fəsildə ilkin mərhələdə magistral qaz kəmərlərinin korroziyadan qorunmasında istifadə oluna biləcək kompozisiya materiallarının reseptinin işlənməsi məsələsi öz həllini tapmışdır.

Sonrakı mərhələlərdə onların mədən şəraitində istifadə olunması ilə bağlı sınaqların nəticələrinin müzakirəsi əks olunmuşdur. Tədqiqat işində nanodolduruculu kompozisiyaların hazırlanmasında mexaniki metoddan istifadə edilmişdir. Polimer matrisanın tərkibinə nanomisin daxil edilməsində bərabər paylanmanın təmin edilməsi, eləcə də aqreqatlaşmanın qarşısının alınması məqsədi ilə sonokimya texnologiyasından-maye mühitinə ultrasəs dalgaları (USD) ilə təsir effektindən istifadə edilmişdir.⁵ Tədqiqat işində qaz axınının sürətinin

⁵ Применение ультразвука при производстве наноматериалов. [Electronic resource] / URL: <https://utinlab.ru/articles/primenenie-ultrazvuka-pri-proizvodstve-nanomaterialov>.

örtük qatının dayanıqlığına təsirinin qiymətləndirməsi məqsədi ilə xüsusi olaraq layihələndirilmiş və hazırlanmış qurğudan istifadə edilmişdir.

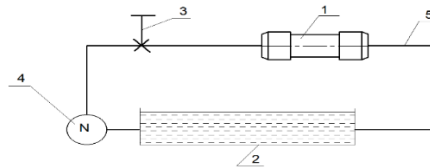
Sınaq işləri, fiziki-kimyəvi göstəriciləri aqressivlik nöqtəyi-nəzərdən fərqli olan Bulla-dəniz və 28 May yataqlarında hasil olunan qazkondensat yataqlarında aparılmışdır. Sınaq qurğusunun ümumi iş sxemi şəkil 1-də verilmişdir.

Sınaq borusunun istismar xəttinə aşağıdakılar daxildirlər: 1- Sınaq borusu; 2-Yataqlarından gətirilmiş neft məhsulları ilə doldurulmuş çən; 3 - Sistemdə təzyiqin tənzimlənməsi üçün nəzərdə tutulan tıxayıcı kran; 4 -Vurucu nasos, 5 -birləşdirici borular (bax şəkil 1,a). Sınaq borusuna daxil olanlar: 1- daxili səthi örtülmüş sınaq borusu; 2, 3-sınaq borusunun qapayıcıları; 4,5 -ştuserlər; 6,7- Mayenin sistemdə dövr etməsi üçün rezin borular; 8 – Örtük qatı

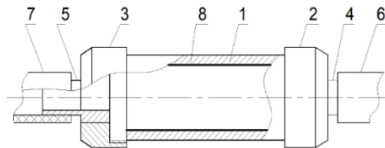
Örtüklərin müqavimət qabiliyyətinin (Δm) qiymətləndirilməsi, onların mühitin təsirindən əvvəlki və sonrakı çəkirlərinin müəyyən edilməsi kimi dəyərləndirilmişdir.

$$\Delta m = \frac{Q_t - Q_0}{Q_0} \cdot 100 \%$$

Burada Δm – örtük materialının müqavimət qabiliyyəti; Q_t - istismar mühitində sınaqlara uğradılmış nümunənin çəkisi (qr), Q_0 - sınaq nümunəsinin ilkin çəkisidir (qr).



a) Sınaq borusunun yığımlı



b) Sınaq borusu

Şəkil 1. Örtük materialının mühitin təsirinə qarşı müqavimətinin(Δm) qiymətləndirmə stendi:

a) Sınaq borusunun istismar sxemi; b) Sınaq borusu

Cədvəl 1.

Bulla-dəniz və 28 May yataqlarından götürülmüş sınaq nümunələrinin boru kəmərinin daxili səthinə çəkilməş örtük materallarında baş verən korroziyaya qarşı müqavimət qabiliyyətinin (Δm) dəyişmə xarakteri

Yatağın adı və kimyəvi göstəriciləri	Sınaq komp.	Aylar üzrə müqavimət qabiliyyətinin (Δm) dəyişmə xarakteri								
	K-5	3	6	12	18	24	30	36	42	48
28 May yatağı M=25mq/l, T=1,15 mgKOH/100ml, K= 0,20 %	-	-	-	-	0,008	0,015	0,033	0,051	0,062	0,085
Bulla dəniz M=70 mq/l, T=2,6 mgKOH/100ml, K=0,29 %	-	-	-	0,017	0,024	0,066	0,085	0,121	0,144	0,198

Cədvəl 1-in təhlilindən göründüyü kimi sınaq nümunələri götürülən yataqlarda korroziyaya qarşı müqavimət qabiliyyəti (Δm) aşağıdakı kimi sıralanmışdır: Bulla dəniz > 28 May yatağı. 48 ay müddətində aparılmış sınaqların nəticəsində müqavimət qabiliyyəti göstəricilərinin nisbəti $0,198:0,085=2,32$ təşkil edir.

Tədqiqat obyekti qismində neftmədən avadanlığı və qurğuları sırasından RDUK-2 tipli qaz təzyiq tənzimləyici və diametrləri (16") 306 mm və (20") 508 mm olan borular qəbul edilmişdir.

Üçüncü fəsildə neftmədən avadanlıqları və qurğularının xarici səthinin korroziyadan qorunması məqsədi ilə beş müxtəlif tərkibdə polimer-bitum əsaslı nanokompozisiya örtük materialı işlənmiş və sınaqlarının nəticələri verilmişdir. Təcrübə-sınaq işlərində istifadə olunan kompozisiya materiallarının tərkibi cədvəl 2-də əks olunmuşdur.

Kompozisiya materialının tərkib göstəricilərinin seçimində matrisa qismində polimer-bitum qarışığı qəbul edilmişdir. Kompozisiyada qovulmuş bitumdan (tərkibindən yüngül fraksiyalar və yağ fraksiyaları çıxarılmış) istifadə olunmasında, onun fiziki-mexaniki xassələrinin (plastifikator, yüksək su keçirməzlik

qabiliyyəti) yüksəldilməsində önəmli rolu var. Tərkibə əlavə edilən ED-20 epoksid oliqomeri isə yüksək adheziya qabiliyyətinə malik olmaqla yanaşı aşınmaya, kimyəvi təsirlərə və nəmliyə davamlılığı ilə fərqlənir. Bitumun kövrəklik xüsusiyyətlərinin aradan qaldırılması və ya azaldılması məqsədi ilə kompozisiyaların tərkibində müxtəlif kauçuklardan istifadə edilmişdir.

Cədvəl 2.

Sınaq kompozisiyalarının tərkibi

№	Komponentlər, Qr	Kompozisiyanın tərkibi, (k.h.)				
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5
1.	Bitum (BNB70/30)	54	54	54	54	54
2.	BK	10	10	-	-	-
3.	BNK-40	-	-	10	10	10
4.	FFO	10	-	-	-	-
5.	KFFO	-	10	-	-	1
6.	MFFO	-	-	10	-	-
7.	ED-20	-	-	-	10	85
8.	Disperqator (MPA-60X)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
9.	TK	6	6	6	-	-
10.	Talk (Persitalc ISW)	-	-	-	6	32
11.	Mis nanohissəciyi %	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
12.	Urotropin	10	10	10	-	-
13.	PEPA	-	-	-	10	23,2
14.	Benzin, ml	100	100	-	100	-
15.	Aseton, ml	3	3	3	-	-
16.	Benzol, ml	-	-	100	-	100
17.	Ksilol, ml	-	-	-	-	150

Kompozisiyaların su keçirməzlik qabiliyyətinin yoxlanılması məqsədi ilə onların geniş çeşidli mühitlərdə dayanıqlığını xarakterizə edən su keçirməməzlik dərəcəsi yoxlanılmışdır. Sınaq mühiti qismində neft, dəniz və mədən suları, eləcə də distillə edilmiş su qəbul edilmişdir. Seçim onunla əsaslandırılır ki, magistral neft və qaz boru kəmərləri əsasən bu kateqoriyalı ərazilərdən keçir. Kompozisiyaların su keçirməzlik qabiliyyətlərinin qiymətləndirilməsi ilə bağlı sınaqların nəticələri cədvəl 3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.

Su keçirməməzliyin mühit dəyişmələrindən asılılığı

№	Sınaq mühiti	Material qrupu	Sınaq müddəti, ay.					
			3	6	9	12	15	18
1	Distillə edilmiş su	K-1	-	-	0,60	0,63	0,66	0,71
		K-2	-	-	0,40	0,45	0,51	0,62
		K-3	-	-	0,32	0,34	0,38	0,41
		K-4	-	-	-	0,	0,27	0,31
		K-5	-	-	-	22	0,01	0,01
2	Neft	K-1	-	0,90	0,95	0,98	1,02	1,05
		K-2	-	0,70	0,72	0,76	0,77	0,80
		K-3	-	-	0,48	0,52	0,59	0,65
		K-4	-	-	-	0,12	0,14	0,19
		K-5	-	-	-	-	0,01	0,01
3	Dəniz suyu	K-1	-	1,93	2,11	2,18	2,23	2,30
		K-2	-	1,87	1,95	2,01	2,12	2,11
		K-3	-	1,55	1,65	1,73	1,78	2,05
		K-4	-	-	-	0,10	0,12	0,15
		K-5	-	-	-	-	0, 01	0,01
4	Mədən suyu	K-1	-	3,10	3,89	4,32		5,24
		K-2	-	2,77	2,97	3,33		4,32
		K-3	-	2,52	2,83	2,91		3,51
		K-4	-	-	-	0,11		0,18
		K-5	-	-	-	-		0,01

Müəyyən olunmuşdur ki, IV və V tərkib kompozisiyaların adheziv xüsusiyyətləri və su keçirməməzliyi ilk üç kompozisiyanın göstəricilərinə nisbətən daha yüksəkdir. Beşinci kompozisiya isə dördüncü kompozisiya ilə müqayisədə daha yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malikdir. Alınmış nəticələrin təhlilindən göründüyü kimi örtük materialına qarşı ən yüksək aqressivlik nümayiş etdirən mədən və dəniz sularıdır. Eyni zamanda, müəyyən olunmuşdur ki, K-5 kompozisiyası sınaqlar müddətində (18 ay) faktiki olaraq öz çəkisini dəyişməmişdir. Ən zəif mühafizə qabiliyyəti K-1 kompozisiyasında müşahidə olunmuşdur. Kompozisiyanın eyni zamanda ekoloji problemlər yarada biləcəyini nəzərə alaraq, tədqiqat işlərinin sonrakı mərhələlərində yalnız K-4 və K-5 tərkibli kompozisiyalardan istifadə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, kompozisiyaların tərkibində matrisanın kütlə hissəsinə əsasən bərkidicilərə olan nisbəti onların aparıcı xassələrinə ciddi təsir edir. Qrafik 1-də K-4 və K-5

kompozisiyalarının tərkibində matrisa və bərkidicinin nisbətinin adheziya və penetrasiya göstəricilərinə təsiri göstərilmişdir.

Cədvəl 4-də kompozisiya materiallarının sınaqlarının yekun nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 4.

Bitum əsasında kompozisiyaların fiziki – mexaniki xassələri

Kompozisiyanın işarəsi	Su keçirməməzli k, %	Adheziya, MPa	Penetrasiya 25 ⁰ C, 0.1mm	Yumşalma temperaturu, ⁰ C
K-1	0,6-5,24	12,3-14,1	28-30	75
K-2	0,4-4,32	16,4-18,6	26-27	75
K-3	0,32-3,51	20,1-22,8	24-25	75
K-4	0,18-0,22	22,4-25,3	21-23	80
K-5	0,01	33,5-38,2	18-20	80

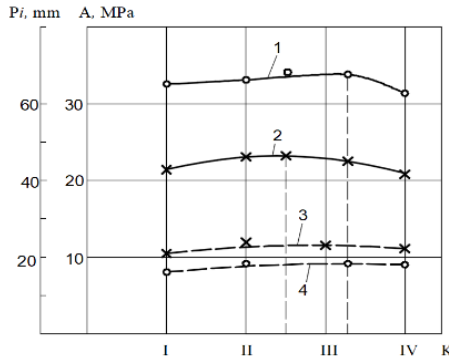
Müəyyən olunmuşdur ki, IV və V tərkib kompozisiyaların adheziv xüsusiyyətləri və su keçirməməzliyi ilk üç kompozisiyanın göstəricilərinə nisbətən daha yüksəkdir.

Beşinci kompozisiya isə dördüncü kompozisiya ilə müqayisədə daha yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malikdir.

Müəyyən yapışqanlıq qabiliyyətinə malik olan ED-20 qatranı kimyəvi bərkimə zamanı torvari quruluşun yaranmasında əsas rol oynayır. Bu da onun adheziya möhkəmliyini daha da artırır.

Alınmış örtüyün fiziki-mexaniki xassələri öyrənilən zaman müəyyən olunmuşdur ki, tərkibində modifikasiya olunmuş FFO olan kompozisiyanın adheziv xüsusiyyətləri və su keçirməməzliliyi, tərkibində modifikasiya olunmamış FFO oliqomeri olan kompozisiya ilə müqayisədə nisbətən daha yüksəkdir.

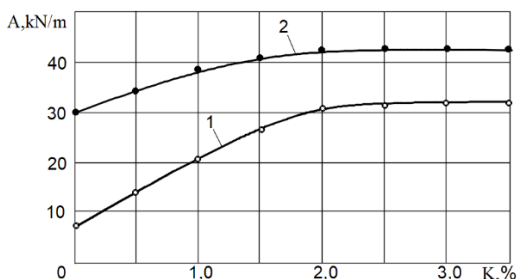
Qrafik 1-in təhlilindən aydın olur ki, bərkidicinin həcmnin kompozisiyanın tərkibində dəyişməsi (artması) ilkin mərhələdə onların adheziya möhkəmliyinin və penetrasiya göstəricisinin yüksəlməsinə səbəb olur



Qrafik 1. Kompozisiyanın tərkibində matrisa və bərkidicinin nisbətindən adheziya möhkəmliyi və penetrasiya göstəricisinə təsiri: 1,2- uyğun olaraq K-5 və K-4 kompozisiya materiallarında adheziya; 3,4 - uyğun olaraq K-4 və K-5 kompozisiya materiallarında penetrasiya göstəricisinin dəyişməsi.

Sonrakı mərhələlərdə, yəni bərkidicinin miqdarının artırılması hallarında bu faktorların aşağı düşməsi müşahidə olunur. Son olaraq örtük materialı qismində tövsiyə olunan (K-5) örtük kompozisiyasının adheziya möhkəmliyinin onun tərkibinə əlavə edilən nanohissəciyin miqdarından və ölçüsündən asılılıq qrafikindən görünür ki, tərkibə nanohissəciyin (nanomis (60-80 nm)) əlavə edilməsi onun adheziya xassəsinin yaxşılaşmasına səbəb olur.

Kompozisiyanın tərkibində nanohissəciyin miqdarı (bax qrafik 1) 0,5 %-dən başlayaraq monoton şəkildə artaraq onun adheziya qabiliyyətinin yüksəlməsinə səbəb olur. Nanohissəciyin miqdarının 0,5-1,75(2,0) % hədlərində adheziya möhkəmliyi 31,2 MPa-dan 42,7 MPa-a qədər yüksəldikdən sonra stabilləşmə müşahidə olunur. Belə ki, kompozisiyanın tərkibində mis nanohissəciyinin miqdarının 0,5-2,0 %-ə qədər artması onun polimer matrisanın molekullar arasına nüfuz etməsini sürətləndirir, onların arasında əlaqələndirici körpülər yaradaraq fiziki-mexaniki göstəricilərin güclənməsinə ciddi əsas yaradır. Mis nanohissəciklərin miqdarının sonrakı artımı (2,0%-dən yuxarı) örtük materialının metal səthə yapışma qabiliyyəti ciddi şəkildə azalır. Bu nanohissəciklərin miqdarının formalaşan struktura təsiri ilə izah edilir. Qrafik 2-də nanohissəciyin ölçülərinin onun aparıcı xassələrindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir.



Qrafik 2. Örtük kompozisiyasının aparıcı xassələrinin nanohissəciklərin ölçülərindən asılılığı: 1 - 80 nm; 2 - 60 nm.

Sınaqların nəticələrinə əsasən kompozisiyanın tərkibindəki nanohissəciklərin ölçüləri böyüdükcə adheziya möhkəmliyinin qiyməti azalır (bax şəkil 3, qrafik 1, $l=80$ nm üçün). Nanohissəciklərin kiçik qiymətlərində (60 nm olduqda) adheziya möhkəmliyinin qiyməti (bax qrafik 2, $l=60$ nm üçün) daha yüksəkdir. Analoji asılıqlarda örtük materialının su keçirməməzliyi və zərbəyə davamlılıq göstəriciləri müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 4-ün təhlilindən göründüyü kimi tərkibinə mis nanohissəciklər əlavə edilmiş örtük materialının su keçirməməzlik və zərbəyə davamlılıq qabiliyyəti nanohissəcik qatılmayan kompozisiya materialı ilə müqayisədə daha yüksəkdir. Müəyyən edilmişdir ki, birinci halda (nanolu), su keçirməməzlik 1,39 - 2,12 dəfə az, zərbəyə davamlılıq isə 1,15 - 1,3 dəfə çoxdur. Tədqiqat işlərinin davamı olaraq qazın axın sürətinin örtük materialının dayanıqlığına təsirinin qiymətləndirilməsi məsələsi öyrənilmişdir.

Cədvəl 4

Kompozisiyaya əlavə olunan nanohissəciklərin onun xassələrinə təsiri

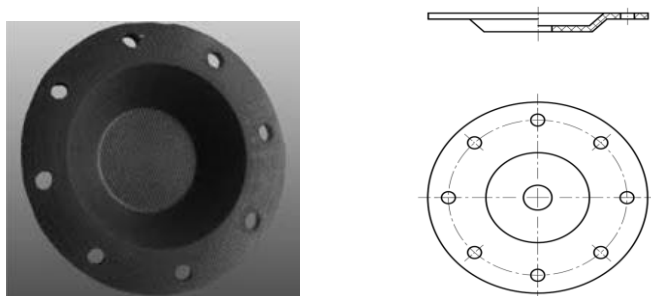
Nanodoldurucu	Keyfiyyət göstəriciləri	Nanodoldurucunun miqdarı, %-lə					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Mis nanodoldurucu örtük	Su keçirməməzlik, %	0,042	0,034	0,025	0,019	0,022	0,031
	Zərbəyə davamlılıq, mm	300	400	450	500	430	380
Nano doldurucusuz örtük	Su keçirməməzlik, %	0,053	,041	0,032	0,045	0,057	0,065
	Zərbəyə davamlılıq, mm	260	350	420	435	400	325

Beləliklə, neftin və qazın nəqlində istifadə olunan boru kəmərlərinin, eləcə də magistral xətlər boyunca tətbiq olunan

avadanlıq və metal konstruksiyaların korroziyadan qorunması üçün polimer-bitum əsaslı nanokompozisiya materialı müvəffəqiyyətlə tətbiq oluna bilər. Tədqiqatın digər hissəsində qaz tənzimləyici və idarəedici membranın hazırlanması üçün material seçiminin və qalınlığının nəticələri göstərilmişdir.

Şəkil 2-də tədqiqat obyekti olan RDUK-2 tipli qaz təzyiq tənzimləyicisinin membranı göstərilmişdir.

Tənzimləyicilərdə membranlar adətən rezin və ya üzəri rezinləşdirilmiş parçadan hazırlanır. Membran materiallarının xüsusiyyətləri əsasən onları təşkil edən elementlərlə müəyyən edilir - möhkəmləndirici parça və elastomerik örtük. Membran təbəqəsinin xüsusiyyətləri, eləcə də xidmət müddəti rezin təbəqənin təhlükəsizliyi ilə müəyyən edilir. 100 ədəd qaz tənzimləyicisində baş verən imtina səbəblərinin öyrənilməsi ilə bağlı aparılan araşdırmalar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, il ərzində onlarda baş verən dayanmalar aşağıdakı kimi təsnifatlaşdırıla bilər (cədvəl 5.).



Şəkil 2. Qaz təzyiq tənzimləyicisinin membranı

Cədvəl 5-in təhlilindən göründüyü kimi qaz tənzimləyicisinin membranının dağılması səbəbindən baş verən imtinalar üstünlük təşkil edir. Müasir membranın hazırlanmasında rezin-kapron tərkib materiallarından istifadə olunur.

Hal-hazırda texniki membranların istehsalında butadien-nitril, etilen-propilen, flüor - kauçuklara əsaslanan böyük bir rezin qarışığı tövsiyə olunur. Eyni zamanda, armatur və cihazların hermetik və tənzimlənən cihazlarının iş şəraitinin sərtləşdirilməsi, cihazların həssas elementlərinə və tənzimləyicilərin güc elementlərinə tələblərin artmasına səbəb olur.

Cədvəl 5.**Qaz tənzimləyicisində baş verən imtina səbəbləri**

№	İmtinanın səbəbi	Konstruksiyada yeri və həcmi	
		Çertyojda Mövqeyi (bax şək.2)	Ümumi imtinada həcmi, %
1.	Qaz tənzimləyicisinin membrasının Dağılması	4	51-53
2	İdarəedici tənzimləyicisinin membranında hermetikliyin pozulması	10	26-28
3	Sazlama yayı boşalması	12	10-12
4	İstiqamətləndirici sütun və yəhərin yeyilməsi	6, 7	7-9
5	Digərləri	-	2

Kompozisiya materialının əsasını təşkil edən parça qismində ən çox poliamid parçalar (kapron, neylon) istifadə olunur. Bununla yanaşı polyester (lavsan), poliuretan, tetrafloretlen, yüksək möhkəmlikli, yüksək modullu parçalar (teflon), fiber şüşələrdən istifadə olunur. Eyni zamanda membranlar məsaməli, məsaməsiz, lifli, hibrid və digər növdə olurlar. Əsas aparıcı xüsusiyyətləri, yüksək su keçirməməzik və buxar keçiricilikdir.

Bu səbəbdən işçi mühit nəzərə alınmaqla ilkin mərhələdə parça materialın növü müəyyən edilmişdir.

Membranın etibarlı iş rejimi, onun material seçiminin nə dərəcədə düzgün müəyyən edilməsindən asılıdırsa, qalınlıq ölçüsünün rəşional qiymətinin təyin edilməsi bir o qədər önəmlidir.

Texnoloji prosesin ən önəmli mərhələsi rezin – parça sisteminin tələb olunan adheziya möhkəmiyyətinin təmini məsələsidir. Bu məqsədlə kompozisiyanı təşkil edən təbəqələr arasında aktiv maddə yapışdırıcıdan istifadə olunur. Belə ki, bu məqsədlə istifadə olunan butadien nitril kauçuku, xloropren kauçuklarından fərqli olaraq yüksək nəticələrlə fərqlənir. Səbəb kristallaşmanın baş verməməsi kimi izah oluna bilər

Hazırlanma prosesində yapışqan birləşmələrin tələb olunan güc xüsusiyyətlərini təmin etmək üçün BNK əsaslı yapışqan kompozisiyasından istifadə olunmuşdur. Bu məqsədlə tədqiqat işində

ЭХ-1 xinol efirindən istifadə edilmişdir.

Vulkanizasiya prosesi aşağıdakı texnoloji rejimdə həyata keçirilmişdir: temperatur – 150 °C, təzyiqi - 50-60 MPa), vulkanizasiya müddəti-30 dəqiqə. Sınaq işlərinin nəticələri cədvəl 6 və qrafik 3-də verilmişdir. Alınmış nəticələrin təhlilindən göründüyü kimi membranın tərkibinə daxil olan poliamid parçanın qalınlığının 70-150 mkm sərhədlərində dəyişməsi adheziya möhkəmliyinin 8,15-8,05 kN/m qədər tənzimlənməsinə imkan yaradır. Membranın dağılmasına tələb olunan qırıcı yükün qiyməti 380-130 N olur.

Qazın tənzimlənmə təzyiqinin qiymətindən asılı olaraq (aşağı – 0,05 kq/sm², orta – 0,05 -3 kq/sm² və yüksək 3- 12 kq/sm² (0,3-1,2 MPa) membranın qalınlığı müəyyən edilir. Adətən $h_{mem}=0,9-3,0$ mm intervalında qəbul olunur.

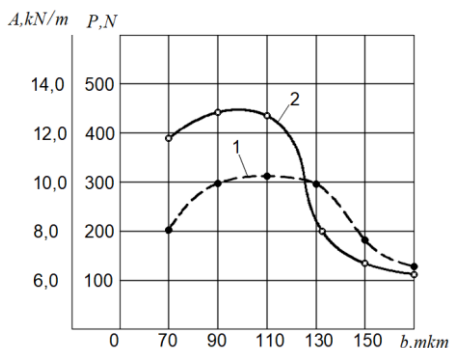
Qaz tənzimləyicisinin membranın qalınlığının müəyyənləşməsi ilə bağlı sınaqların nəticələri aşağıda göstərilmişdir.

Cədvəl 6

Sınaq göstəricilərinin membranın qalınlığından asılılığı

Sınaq göstəriciləri	Membranın qalınlığı, mm				
	0,9	1,2	1,5	2,0	3,0
Poliamid parçanın qalınlığı, mkm	70	125	130	135	150
Adheziya möhkəmliyi, kN/m	8,15	10,33	10,55	10,11	8,08
Qırıcı yük, H	380	435	443	243	131

Qrafik 3-ün təhlilindən göründüyü kimi membranın tərkibinə daxil olan poliamid parçanın qalınlığının əlverişli qiyməti 125-130 mkm-dir.



Qrafik 3. Adheziya möhkəmliyinin (1) və qırıcı yükün (2) poliamid parçanın qalınlığından asılılığı

Membranda tələb olunan güc xüsusiyyətlərini təmin etmək üçün BNK əsaslı yapışqan kompozisiyasından və ЭХ-1 xinol efirindən istifadə olunur və əlverişli nəticələr alınır. Qaz tənzimləyicisinin membranının rosional qalınlığı $h_{\text{mem}} = 1,2-1,5$ mm intervalında tövsiyyə olunur.

Dördüncü fəsil magistral qaz kəmərinə baş verən sızmaların paylanma sıxlığına və qazın nəql edilməsi prosesində ekoloji risklərin qiymətləndirilməsinə həsr olunmuşdur. Qaz kəmərləri sisteminin təhlükəsiz istismarı və etibarlı iş qabiliyyətini qorumaq üçün onların faktiki texniki vəziyyətini müasir diaqnostika vasitələri ilə müəyyən etmək lazımdır.

MQK-nin qaz sızmalarına gətirən imtinalar sayının paylanma sıxlığının qiymətləndirilməsi üçün bizim tərəfimizdən sıxlığın kök qiymətləndirilməsinin xüsusi halı olan sıxlığın histoqram qiymətləndirilməsindən istifadə olunmuşdur. Təsadüfi kəmiyyətin paylanma sıxlığının kök qiymətləndirilməsi metodu ehtimalın sıxlığının (kvant mexanikasında dalğa funksiyasına analoji olaraq psi-funksiya adlanan) hər-hansı funksiyanın modulunun kvadratı kimi təsvir edilməsinə əsaslanır.

$$\psi_x(x) = |f(x)|^2$$

Sıxlığın histoqram qiymətinin qurulması üçün paylanmanın sonlu oblastda verildiyi qəbul olunur. Sonsuz intervalda verilmiş dəyişənlər üçün “quyruqları” minimal və maksimal qiyməti sərhəd kimi götürməklə kəsilməsi məqsədəuyğundur.

Dəyişənin bütün dəyişmə intervalını sonlu sayda intervallara bölək. $x_0, x_1, \dots, x_{s-1}$ nöqtələri təsadüfi X kəmiyyətinin bütün dəyişmə diapazonunu s sayda qruplaşdırma intervallarına bölür. Kəmiyyətlərin x və $\bar{x}$ böyük qiymətlərində $x = \tilde{x}$ olacaq. Belə olduqda deməli, gözləmək olar ki, $P(x) > P(\bar{x})$ bu zaman risk üçün riyazi gözləmənin qiyməti ona uyğun olaraq dəyişəcək

$$M[R(X)] > M[R(\tilde{X})]$$

Axtarılan bu funksiyanın sıxlığının müəyyən edilməsi üçün maksimum oxşarlıq (MO) modeli müəyyən edilmişdir. Şərh olunan metodun qrafik 4-də təsvir edilmiş statistik verilənlərin paylanma

sıxlığının qiymətləndirilməsinə tətbiqini göstərək.

8, 4, 3, 2, 19, 12, 13, 9, 25, 18, 20, 14, 26, 21, 25, 18, 25, 23, 23, 21, 23, 22, 21, 19, 17, 20, 18, 18, 15, 14, 18, 17, 14, 13, 17, 15, 12, 12, 16, 14, 11, 11, 16, 14, 10, 9, 15, 14. ($n=48$)

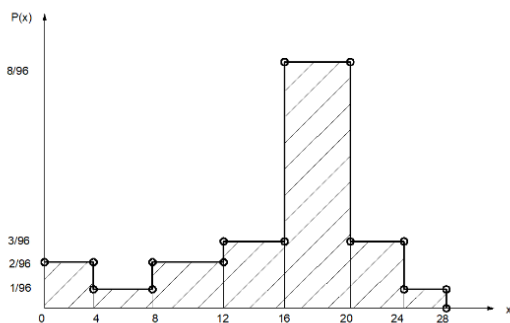
Verilmiş seçim qiymətlərinə uyğun olan variasiya sırasını yazaq

2, 3, 4, 8, 9(2), 10, 11(2), 12(3), 13(2), 14(6), 15(3), 16(2), 17(3), 18(4), 19(2), 20(2), 21(3), 22, 23(3), 25(3), 26.

$$R(x) = P(x) \cdot Q(x),$$

kəmiyyəti başa düşülür, burada $P(x)$ - X halının baş verməsi ehtimalıdır, $Q(x)$ - zərərin və ya X halının nəticələrinin aradan qaldırılmasına çəkilən xərclərin funksiyasıdır.

Şərh olunan metodun qrafik 4-də təsvir edilmiş statistik verilənlərin paylanma sıxlığının qiymətləndirilməsinə tətbiqini göstərək. Verilənləri illərin tam dövrü ərzində əvvəlcə yanvar, sonra fevral və s. üzrə dekabr ayının verilənlərinə qədər yazaraq təsadüfi X kəmiyyətinin (qaz sızmaları sayının) aşağıdakı qiymətlər yığımını alırıq (bax qrafik 4):



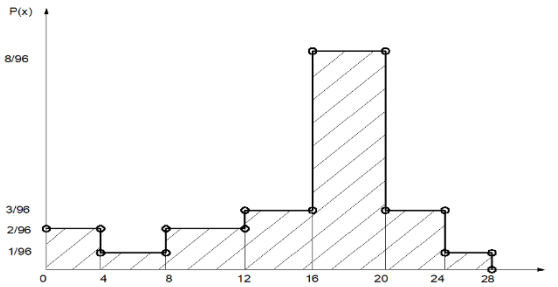
Qrafik 4. $\tilde{X}$ təsadüfi kəmiyyətinin paylanma sıxlığının histoqram qiymətləndirilməsi

Paylanması $\tilde{X}$ təsadüfi kəmiyyətinin paylanmasına bərabər olan $R(\tilde{X})$ təsadüfi kəmiyyəti üçün statistikanı quraq

$$T_{\tilde{s}(\tilde{n})}(R(\tilde{X})) = \frac{1}{\tilde{s}(\tilde{n})} \sum_{i=0}^{s(\tilde{n})-1} g(\tilde{x}_i)$$

Burada $\tilde{s}(\tilde{n}) = 7$, $g(\tilde{x}_i) = R(\tilde{x}_i) \cdot f(\tilde{x}_i)$, $f(\tilde{x}_i)$ - təsadüfi $\tilde{X}$ kəmiyyətinin paylanma sıxlığının histoqram qiymətinin $\tilde{x}_i$ s nöqtəsində qiymətidir. Statistikası $R(\tilde{X})$ riskinin empirik orta qiymətidir, $R(\tilde{X})$ təsadüfi kəmiyyəti üçün $M[R(X)]$ riyazi gözləməsini aproksimasiya edir.

Qrafik 4. və qrafik 5-dən görünür ki, X və $\tilde{X}$ təsadüfi kəmiyyətlərinin böyük x və $\tilde{x}$ qiymətlərində $x = \tilde{x}$ olduqda $P(x) > P(\tilde{x})$. bu zaman risk üçün riyazi gözləmənin qiyməti ona uyğun olaraq dəyişəcək. $M[R(X)] > M[R(\tilde{X})]$



Qrafik. 5. $\tilde{X}$ təsadüfi kəmiyyətinin paylanma sıxlığının histoqram qiymətləndirilməsi

Deməli, gözləmək olar ki, $M[R(X)] > M[R(\tilde{X})]$. Doğrudan da, məsələn, zərər funksiyasının $Q(x) = A \cdot x$ ($A = \text{const}$) şəklində xətti olduğu halda $\bar{R}(X)$ və $\bar{R}(\tilde{X})$ empirik orta riskləri uyğun olaraq aşağıdakı kəmiyyətlərə bərabər olacaq:

$$\bar{R}(X) = \frac{167}{48}A \quad \text{və} \quad \bar{R}(\tilde{X}) = \frac{153}{24}A$$

Deməli,

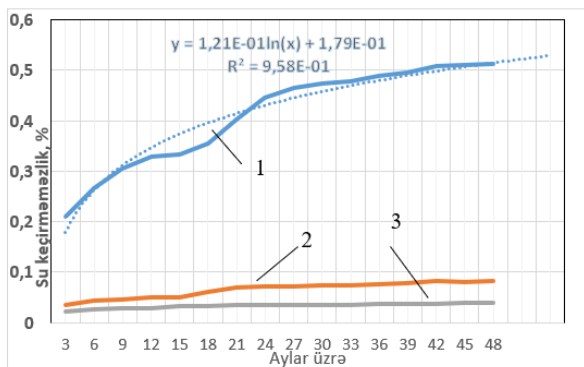
$$\bar{R}(X) > \bar{R}(\tilde{X})$$

Beşinci fəsildə zaman sıralarına görə dinamik modelin konstruksiya edilməsi əsasında örtüklərin su keçirməməzlik qabiliyyətinin və adheziya möhkəmliyinin proqnozlaşdırılmasına həsr

olunmuşdur. Qaz kəmərlərinin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üzrə tədqiqat nəticələrinin təhlili göstərdi ki, boru kəmərləri sistemi müxtəlif relyefli sahələrdən keçir. Bu yollardakı qruntlar müxtəlifdir və onlar müxtəlif dərəcədə rütubətli və şoranlaşmaları ilə fərqlənilirlər. Bu prosesdə vəziyyətin qiymətləndirilməsi üçün şurflar üzrə boruların potensiallar fərqinə və torpağın xüsusi müqavimətinə görə tədqiqatlar aparılmışdır. Bundan əlavə boru divarının qalınlığının ultrasəsle ölçülməsi və qaz kəmərinin korroziya əleyhinə mühafizəsinin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi həyata keçirilir.

MQKS-nin real istismar şəraiti nəzərə alınmaqla örtük materialının izolyasiya qabiliyyətinin proqnozlaşdırılması məsələsinin vacibliyi nəzərə alınmaqla aşağıda zaman sıralarına görə onun köhnəlmə (aşınma) dinamik modelinin işlənməsi və bu əsasda örtüklərin su keçirməməzlik qabiliyyətinin və adheziya möhkəmliyinin proqnoz qiymətləndirilməsi ilə bağlı tədqiqatların nəticələri verilmişdir.

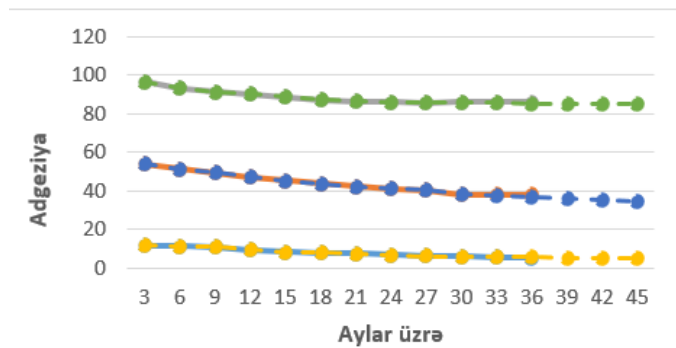
Cədvəl 7-də, eləcə də qrafik 6 və qrafik 7-də sınaqdan keçirilən materialların su buraxma qabiliyyətinin və adheziya möhkəmliyinin ilkin verilənləri (son 6 ay üçün) və proqnoz (retro və gələcək) qiymətləri göstərilmişdir.



Qrafik 6. Örtük materialında su keçirməməzlik, %-lə

Onların təhlilindən göründüyü kimi sonuncu 36-cı müşahidə ayında baxılan materialların su keçirməməzlik göstəricilərinin faktiki qiymətləri ilə 45-ci ayda müvafiq proqnoz qiymətləri BNB 70/30,

BNB+KFFO+ED-20+BNK-40 və nanolaşdırılmış BNB+ED-20+KFFO+BNK-40+Cu arasında aşağıdakı kimi olmuşdur: 2,1; 1,0 və 0,1 % . Adheziya möhkəmliyi göstəriciləri üçün isə istismar müddətində 0,3MPa azalması müşahidə olunmuşdur.



Qrafik 7. Örtük materialının adheziya möhkəmliyi

Cədvəl 7.

Örtük materiallarında su keçirməməzlik və adheziya möhkəmliyi

Örtük materialının adı	Aylar üzrə örtük materialında su keçirməməzlik, %				
	Retro		Proqnoz		
	33	36	39	42	45
BNB 70/30	0,481	0,491	0,503	0,511	0,512
BNB+ED-20+KFFO+BNK-40	0,072	0,082	0,082	0,082	0,083
Nanolaşdırılmış BNB+ED-20+KFFO+BNK-40+ Cu	0,041	0,041	0,042	0,042	0,042
BNB 70/30	Aylar üzrə örtük materialında adheziya möhkəmliyi, MPa				
	5,61	5,46	5,26	5,03	4,91
BNB+ED-20+KFFO+BNK-40	37,90	37,80	37,73	37,60	37,48
Nanolaşdırılmış BNB+ED-20+KFFO+BNK-40+ Cu	85,68	85,62	85,48	85,40	85,31

Tədqiqat işinin yekunu olaraq alınmış nəticələrin praktiki dəyərləndirilməsi üçün təcrübə sınaq işləri ilə yanaşı sənaye əhəmiyyətli yoxlamalar aparılmışdır. Bu işlər “Azkompozit”

şirkətində, “Bakı Neftqazmədən Avadanlıqları” müəssisəsində, SOCAR-ın “N.Nərimanov adına NQÇİ”-də və “Sənaye Təhlükəsizliyi” idarəsində yerinə yetirilmişdir.

Sınaq işləri SOCAR-ın “N.Nərimanov adına NQÇİ”-də aparılmış və müəssisənin balansında olan diametri 20” (508 mm) və uzunluğu l=50 metr olan borunun xarici səthinə çəkilərək mərhələli şəkildə aparılmışdır. Birinci mərhələdə sınaq işləri 10.01.2020 - 23.09.2021-ci il müddətini əhatə etmişdir.

Sınaq nümunələrinə örtük materiallarının çəkilməsi açıq havada əl ilə (fırça vasitəsi ilə) həyata keçirilmişdir.

Yüksək nəmliyi ilə seçilən və yerüstü açıq hava şəraitində aparılan ölçmələr hər 3 ayda bir dəfə olmaqla nəzarətə götürülmüşdür. Boru kəmərlərinin vizual müşahidəsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, onlarda örtük materialının qopması, dağılması və qabarması halları baş verməmişdir.

Sınaqların nəticələri aktlaşdırılsa da nəzarət işi 2023-cü ilin sonuna qədər davam etdirilmişdir. Bu müddətdə örtük materialında dəyişikliklər müşahidə olunmamışdır.

Aşağıda diametri 20” (508 mm) və uzunluğu l=50 metr olan borunun xarici səthinə çəkilmək üçün tələb olunan örtük materialının çəkisinin ($Q_{\text{örtük}}$) təyini verilmişdir.

Beləliklə, bir ədəd borunun örtülməsi üçün tələb olunan örtük materialının miqdarı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$Q_{\text{örtük}} = V_{\text{örtük}} \times l \times \rho = \pi (D^2 - d^2) \times l \times \rho = 3,14 (5,12^2 - 5,08^2) \times 1000 \times 1,22 = 1532,2 \text{ qr} = 1,53 \text{ kq.}$$

Onda L=50 metr (5 boru nəzərə alınmaqla) üçün tələb olunan örtük materialının miqdarı aşağıdakı kimi təyin olunacaqdır: $Q_{\text{ümumi}} = 5 \times 1,53 = 7,66 \text{ kq.}$

N.Nərimanov adına NQÇİ ilə paralel olaraq təcrübələr 10.01.2019 - 10.01.2020-ci il tarixlərində neft şirkətinin “Sənaye Təhlükəsizliyi” idarəsində də aparılmışdır. Sınaq işləri Qaradağ Bahar magistral qaz xəttinin sahil ərazisindən keçən 260 metr uzunluğunda olan boru xətlərində aparılmışdır. İstismar şəraiti və örtük materialının çəkilişi eyni qaydada aparılmışdır. Burada da açıq hava şəraitində, dəniz sahilinə yaxın sahələrdən keçən 26 ədəd diametri 508 mm olan borular təqdim olunan örtük materialı ilə örtülmüşdür. Prosesdə 40 kq

material istifadə olunmuşdur. Sınaq müddətinin sonunda boru kəmərlərinin xarici səthlərinin vizual müşahidəsi əvvəlki nəzarət işlərinin yekunu ilə eyni xarakterli olduğunu göstərmişdir, yəni onlarda örtük materialının qopması, dağılması və qabarması halları müəyyən edilməmişdir. Bunlara əsaslanaraq komissiya təqdim edilən örtük materialının mədənlərarası boru kəmərlərinin xarici səthlərinin korroziyadan mühafizəsi üçün yararlı olduğunu qeyd edərək onun geniş tətbiqini tövsiyə etmişdir. Mövcud bazar qiymətləri nəzərə alınmaqla 1 kq örtük materialının dəyəri $M = 6,61 \text{ AZN}$ təşkil edir (bax cədv. 8).

Cədvəl 8.

Komponentlərin istehsalçı müəssisələr tərəfindən müəyyən edilmiş qiymətləri

Komponentlər, qr	Komponentlərin qiyməti, Manat			Kompozisiyanın qiyməti,				
	Kq	Litr	500mq	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5
Bitum (BNB70/30)	0,53	-	-	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
BK	25,4	-	-	0,25	0,25	-	-	-
BNK-40	33,66	-	-	-	-	0,34	0,34	0,34
FFO	-	-	0,99	0,099	-	-	-	-
KFFO	-	-	0,752	-	0,07	-	-	0,007
MFFO	-	-	0,88	-	-	0,088	-	-
ED-20	0,023	-	-	-	-	-	0,0002	0,002
DisperqatorMPA-60X	-	-	6	0,045	0,045	0,045	0,45	0,045
TK	5	-	-	0,03	0,03	0,03	-	-
Talk Per-sitalc ISW	3,40	-	-	-	-	-	0,002	0,10
Nanomi,%	1,7	-	-	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Urotropin	9,35	-	-	0,093	0,093	0,093	-	-
PEPA	13,2	-	-	-	-	-	0,08	0,42
Benzin, ml	-	2	-	0,2	0,2	-	0,2	-
Aseton, ml	-	6,54	-	0,02	0,02	0,02	-	-
Benzol, ml	-	0,75	-	-	-	0,075	-	0,075
Ksilol, ml	-	1,9	-	-	-	-	-	0,28
Cəmi 100 k.h.	-	-	-	1,025	0,996	0,97	1,360	1,323
Cəmi 1 kq	-	-	-	5,12	4,98	4,9	6,68	6,61
Cəmi 20kq	-	-	-	87,13	84,66	82,45	115,6	112,4

Cədvəl 9-da hal-hazırda “Azəriqaz” İB tərəfindən boru kəmərlərinin korroziyadan qorunması məqsədi ilə tətbiq olunan bəzi örtük boya materiallarının satış qiymətləri göstərilmiş və hazırlanmış

örtük materialı (K-5) ilə qarşılıqlı qiymət müqayisəsi verilmişdir.

Cədvəl 9.

Boru kəmərlərinin korroziyadan mühafizəsi üçün istifadə olunan bəzi örtük boya materialları

№	Marka	2,5 (lt), manatla	20 (lt), manatla
1	FAB	20	136
2	Rocol	20	136
3	Sobplus	22	149,6
4	Star paint	22	149,6
5	Betek	28	190,4
6	Panda	20	136
7	K-5	16,54	112,4

Cədvəl 8 və cədvəl 9-un təhlilindən göründüyü kimi təklif olunan örtük materiallarının dəyəri mövcud materiallarla müqayisədə 12-15% aşağıdır. Bu isə örtük materiallarının yüksək istismar göstəriciləri ilə yanaşı, iqtisadi effektivliyini də təsdiqləyir.

NƏTİCƏLƏR

1. Neftin və qazın hasilatı, saxlanması və nəqli sistemində etibarlılıq və texniki təhlükəsizliyin səviyyəsinin qaldırılmasında həlledici faktor olmaqla, burada tətbiq olunan avadanlıq və qurğuların korroziya müqavimətinin yüksəldilməsi böyük önəm kəsb edir.

2. Neftin və qazın hasilatı, saxlanması və nəqli sistemində tətbiq olunan avadanlıq və qurğuların korroziyadan mühafizəsi üçün yüksək aparıcı xassələrə malik polimer-bitum əsaslı nanoörtük kompozisiya materialının yerli istehsal komponentlərinə əsaslanan resepturası işlənmiş, laboratoriya və sənaye sınaqlarına uğradılmışdır [12]⁶.

3. Müəyyən edilmişdir ki, tövsiyyə olunan nanolaşdırılmış polimer-bitum əsaslı kompozisiya örtük materialı yüksək səviyyəli keyfiyyət

⁶ Həbibov, İ.Ə. Neft və qaz boru kəmərlərinin korroziyadan qorunması üçün bitum-polimer əsaslı örtük materiallarının işlənməsi./ İ.Ə. Həbibov, K.B. İravanlı // Azerbaijan journal of chemical news. - Bakı: - 2020, Vol. 1, No1, - s. - 30–35.

göstəricilərinə malikdir. Analəqlardan fərqli olaraq bu örtük materialının su keçirməməzliyi müşahidə müddətində 0,01%, adheziya möhkəmliyi ortalama 1,1 MPa və zərbəyə davamlılığı 1,12 dəfə dəyişmişdir [15]⁷

4. Sınaq müddətində və sınaqlarda sonrakı zaman intervalında örtük materialı qismində tövsiyə olunan K-5 kompozisiya materialı fiziki-mexaniki xassələrində ciddi dəyişikliklər baş verməmişdir. 33 ayda kompozisiya materialının adheziya qabiliyyətinin retro qiyməti – 85,62MPa, sukeçirməməzlik qabiliyyəti – 0,0221 mq, 45-ci ayda adheziya qabiliyyətinin proqnoz qiyməti – 85,31 MPa, sukeçirməməzlik qabiliyyəti proqnoz qiyməti – 0,0224mq).

5. Neftin və qazın hasilatı, saxlanması və nəqli sistemində müxtəlif xarakterli qəzalar səbəbindən baş verən itkilərlə bağlı toplanmış məlumatlar əsasında ekoloji riskin qiymətləndirilməsi metodologiyası işlənmişdir.

6. Qaz tənzimləyicinin etibarlığının və sənaye təhlükəsizliyinin təmini məqsədi ilə membranda poliamid parçanın qalınlığı 90-110 mkm seçilmiş və ümumi membranın divarının qalınlığının rəasional qiyməti isə 1,2-1,5 mm müəyyən edilmişdir. Bu qalınlıqlarda adheziya möhkəmliyi 10,33-10,55kN/m, qırıcı yükə sərf olunan güc 435-443kN/m hədlərində olur [16]⁸.

7. Təklif olunan örtük materiallarının dəyəri mövcud materiallarla müqayisədə 12-15% aşağıdır. Bu isə örtük materiallarının yüksək istismar göstəriciləri ilə yanaşı, iqtisadi effektivliyini də təsdiqləyir.

⁷ Habibov, I.A. The results of using new polymer-bitumen based coating materials in corrosion protection of main gas pipelines / I.A.Habibov, I.G.Abdullayeva, S.M.Abasova, K.B.Iravanli // PPOR, – 2023. Vol. 24, No. 2, – p. 333-340.

⁸ İravanlı, K.B. Qaz tənzimləyicisi membranının hazırlanması üçün material seçimi və divarının qalınlığının müəyyən edilməsi. // Equipment technologies materials, - Bakı, - 2024. Vol.22(06), No.4, - p.33-40.

DİSSERTASIYA MÖVZUSU ÜZRƏ ÇAP OLUNMUŞ ELMİ ƏSƏRLƏRİN SİYAHISI

1. Габибов, И.А. Оценка экологического риска в системе транспортировки нефти и газа / И.А.Габибов, К.Б.Ираванлы // Журнал «Экоэнергетика», - Баку, - 2013. №1, - с. 27-38.
2. Əmirov, F.Ə. Neft-mədən avadanlıqlarının və qurğularının korroziyadan qorunmasında istifadə olunan polimer örtük materiallarının reoloji xassələrinin tədqiqi. / F.Ə. Əmirov, E.Q. İsmayılov, K.B. İravanlı // “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və Kimya” ETİ-nin Elmi əsərləri, -Bakı:- 2013, Cild XIV, - s. 169-178.
3. Camalov, Ə.T. Azərbaycanın magistral qaz kəmərlərinin müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri / Camalov Ə.T., Həbibov İ.Ə., İravanlı K.B. // Azərbaycan Milli Aerokosmik agentliyin xəbərləri, - Bakı, - 2014, №1 (17), т.63, - s. 59-66.
4. Ираванлы, К.Б. Классификация полимерных покрытий, используемых при защите нефтепромыслового оборудования от коррозии.// Сборник статей НТК «Хазарнефтьгазтаг. - Баку, - 2014, - с.123-125.
5. Габибов, И.А., Ираванлы, К.Б. Разработка покрытия для защиты наружных поверхностей газопроводов от почвенной коррозии. // Международная научно-практическая конференция «Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке», – Москва, – 2015, – с.8-11.
6. Габибов, И.А. Полимер-битумное покрытия для антикоррозионный защиты газопроводов. / Габибов И.А Гасанов Я.Г., Ираванлы К.Б.// Научный журнал “Lingvo-Science”, – 2017. №2, – с.27-29
7. Габибов, И.А. Управление рисками в системе транспортировки газа / И.А. Габибов, К.Б.Ираванлы // Актуальные проблемы. Гуманитарных и естественных наук. – 2017. - с.36-43
8. Дышин, О.А. Моделирование динамики и прогнозирование эксплуатационных характеристик газопроводов с различными покрытиями / О.А., Дышин, И.А., Габибов, К.Б.

- İravanlı // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов, – 2018. №3 (113), – с.114-123.
9. Həbibov, İ.Ə., İravanlı, K.B. Qazın nəqli sistemində boru kəmərlərində baş verən əsas imtina səbəblərinin təhlili. //“Fövqəladə hallarda təhlükəsizlik problemləri”professor müəllim heyətinin IV beynəlxalq elmi-texniki konfransı. - Bakı: - 2018, - s. 166-171.
 10. İravanlı, K.B. Qazın nəqli sistemində istifadə olunan boru kəmərləri sistemində etibarlılıq və təhlükəsizlik problemləri. // Bakı Ali Neft Məktəbi.Ümummilli lider H.Əliyevi anadan olmasının 97-ci il dönmünə həsr olunmuş”Tələbə və gənc tədqiqatçıların I beynəlxalq elmi konfransı”. - Bakı: - 2020,- s.-42-43
 11. İravanlı, K.B. Azərbaycanda magistral qaz kəmərlərinin korroziyadan mühafizəsinin müasir vəziyyəti. //Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. Avadanlıqlar, texnologiyalar, materiallar. - 2020, №3, - s. 1-6.
 12. Həbibov, İ.Ə. Neft və qaz boru kəmərlərinin korroziyadan qorunması üçün bitum-polimer əsaslı örtük materiallarının işlənməsi./ İ.Ə. Həbibov, K.B. İravanlı // Azerbaijan journal of chemical news. - Bakı: - 2020, Vol. 1, No1, - s. - 30–35.
 13. Habibov, I.A., İravanlı. K.B. Predicting the performance of marital gas pipelines with different coatings. Advances in intelligent systems and combuting //1323. 11 th world conference “Intelligent system for industrial automation”. - 2020, №1-2, - p.147-157.
 14. İravanlı, K.B. Neft-qaz nəqlində istifadə olunan avadanlıqların karroziyadan qorunma metodları. // “Makromolekullu birləşmələr texnologiyasının müasir problemləri” adlı beynəlxalq elmi konfrans.- Bakı, - 2024, 23-24 aprel. - s.16.
 15. Habibov, I.A. The results of using new polymer-bitumen based coating materials in corrosion protection of main gas pipelines / I.A.Habibov, I.G.Abdullayeva, S.M.Abasova, K.B.Iravanli // PPOR, – 2023. Vol. 24, No. 2, – p. 333-340.
 16. İravanlı, K.B. Qaz tənzimləyicisi membranının hazırlanması üçün material seçimi və divarının qalınlığının müəyyən edilməsi. //

Equipment technologies materials, - Bakı, - 2024. Vol.22(06), No.4, - p.33-40.

17. İravanlı, K.B. Neftin qazın nəqlində istifadə olunan boru kəmərləri sisteminin ekoloji fəsadları və aradan qaldırılması yolları // Prohis, Əməyin mühafizəsi və sənaye təhlükəsizliyi üzrə məqalələr toplusu.– 2024. Cild 03-04, – s.145-151.



Dissertasiyanın müdafiəsi 16 may 2025-ci il saat 14⁰⁰-da ADNSU PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan Az 1010, Bakı, Azadlıq pr. 20.

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

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

Avtoreferat 11 aprel 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 07.04.2025

Kağızın formatı: A5

Həcmi: 38230

Tiraj: 100 nüsxə