

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

YERALTI BORU KƏMƏRLƏRİNİN ÇƏKİLİŞİNDƏ VƏ İSTİSMARINDA GEOEKOLOJİ ÖLÇMƏ METODLARININ İŞLƏNİLMƏSİ

İxtisas: 3337.01 – informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri
(Texnoloji ölçmə)

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Həbib Mirqalib oğlu Nəsirov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Sumqayıt - 2022

Dissertasiya işi Milli Aerokosmik Agentliyinin Ekologiya İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Tofiq İbrahim oğlu Süleymanov

Rəsmi oponentlər: AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika elmləri doktoru, professor
Əminəğa Bəhmən oğlu Sadıqov
texnika elmləri doktoru, professor
Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov
texnika elmləri doktoru, professor
Bayram Qənimət oğlu İbrahimov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Sumqayıt Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.25 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru,
professor
Aqil Həmid oğlu Hüseynov



Dissertasiya şurasının elmi katibi: texnika elmləri üzrə fəlsəfə
doktoru, dosent
Turqay Kilim oğlu Hüseynov

Elmi seminarın sədri: texnika elmləri doktoru,
professor
Əli Həsən oğlu Nağıyev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. İndiki dövrümüzdə ölkəmizin iqtisadi stabilliyinin təmin edilməsində və inkişafında bir çox sənaye sahələrinin, o cümlədən yanacaq – energetika kompleksinin əhəmiyyəti olduqca böyükdür. Bu sahənin iqtisadi səmərəliliyinin artırılması nəinki mövcud resursların istismar keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması, yeni yataqların istifadəyə verilməsi ilə, həmçinin mövcud infrastrukturun sənaye və ekoloji təhlükəsizliyi, etibarlılığı ilə əldə edilir. Bu məqsədlə neft və qazı nəql edən magistral boru xətti sistemlərinin vəziyyətinin monitorinqi, qiymətləndirilməsi, proqnozlaşdırılması və optimallaşdırılması zərurəti qarşıya çıxır.

Yeraltı magistral qaz – neft boru kəmərlərinin müasir monitorinq sistemləri aşağıdakı funksiyaların yerinə yetirilməsini nəzərdə tutur:

– boru xəttinin texniki diaqnostikası;

– boru xəttinin plan – hündürlük vəziyyətinin və boru xətti çəkilişinin hidrogeoloji şəraitini xarakterizə edən parametrlərin monitorinqi.

Monitorinq sistemi vasitəsilə həll edilən əsas məsələlər aşağıdakılardır:

– boru xəttinin texniki vəziyyətinin pozulması hallarının aşkarlanması;

– mürəkkəb geoloji şərait zonalarında çəkilmiş boru xətti sahələri üzərində daimi monitorinqin aparılması;

– Yer təkində baş verən aktiv proseslərin boru xəttinin gərginlik – deformasiya vəziyyətinə təsirinin qiymətləndirilməsi;

– yüksək seysmik aktiv zonaların, subasma və duzlaşma ərazilərinin korroziya təhlükə zonalarının dəqiqləşdirilməsi;

– diaqnostika tədqiqatlarının aparılması və s.

Bununla belə, magistral boru kəmərlərinin mövcud monitorinq sistemləri yalnız boru xəttinin istismarı mərhələsində fəaliyyət göstərdiyindən və əsasən kontakt tipli ilkin ölçmə vericiləri əsasında

qurulduğundan, magistral boru xətlərinin ilkin layihələndirilməsi, çəkiliş ərazisinin monitorinqi və monitorinq nəticələri əsasında optimal marşrutların seçilməsi üçün yararlı hesab edilmir.

Bununla da boru xətlərinin həm layihələndirilməsi, həm də istismar dövrü ərzində nəzarət funksiyalarını yerinə yetirə bilən universal monitorinq sistemlərinin nəinki kontakt tipli ilkin ölçmə çeviriciləri, həmçinin aerovizual müşahidələr, məsafədən zondlama texnologiyası, lazer skanerləri əsasında yaradılması və nəticədə onların istehsal və ekoloji təhlükəsizliyinin yeni əsasda təmin edilməsi aktual məsələ kimi qarşıya çıxır.

Tədqiqatın obyektı və predmeti: Dissertasiya işinin tədqiqat obyektı olaraq magistral boru kəmərləri, boru xətlərinin keçdiyi torpaq sahələrində geokoloji ölçmə nəticələri, korroziya itkilərinin torpağın məxsusi parametrlərindən asılılığının analitik ifadələri, həmçinin torpağın vəziyyət parametrlərinin qiymətləndirilməsinin spektral indeksləri götürülmüşdür.

Tədqiqatın predmeti boru kəmərlərinin diaqnostikası və geokoloji ölçmələrin aparılması üsullarından, borularda sızma yerlərinin müəyyənləşdirilməsinin inteqral göstəricilərinin aşkarlanmasından, monitorinqin aparılması üçün spektral ölçmələrin həcmnin və boruların optimal çəkiliş marşrutunun təyini metodlarının işlənməsindən ibarətdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin əsas məqsədi magistral neft – qaz boru kəmərlərinin layihələndirilməsi və istismarı dövründə boru xəttinin özündə və keçdiyi ərazidə geokoloji ölçmələrin aparılmasının, nəzarət və qiymətləndirməni həyata keçirən universal monitorinq sisteminin yaradılmasının elmi – metodoloji əsaslarının işlənilməsindən ibarətdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıda göstərilən tədqiqat məsələləri qoyulmuş və öz həllini tapmışdır:

1. Azərbaycanın neft – qaz terminallarının və boru kəmərlərinin ərazilərində geokoloji ölçmələrin təkmilləşdirilməsi və boru xəttinin dövrü monitorinqi üçün lidar – termal ölçmə metodlarının işlənilməsi.

2. Torpağın fiziki xüsusiyyətlərindən asılı olaraq yeraltı boru xəttinin korroziyalılıq monitorinqinin aparılmasının zaman dövrünün təyini modelinin işlənməsi və korroziya itkilərinin minimallaşdırılmasının optimal temperatur rejiminin müəyyənəşdirilməsi.

3. Boru xəttinin korroziyalılıq dərəcəsi ilə torpağın xüsusi müqaviməti, temperatur və elektrik keçiriciliyi arasındakı əlaqələrin müəyyənəşdirilməsinin optimallaşdırılması məsələlərinin həlli.

4. Boru xəttinin keçdiyi yüksəklik zonalarında korroziyalılığın ölçülməsinə imkan verən semivarioqramın inteqral modelinin işlənməsi, xüsusi müqavimətin ölçülmüş qiymətləri əsasında torpağın korroziya aqressivliyinə görə təsnifatı.

5. Neftlə örtülmüş torpaq sahələrinin monitorinqində spektrometrik ölçmələrin zəruri sayının müəyyənəşdirilməsi metodunun və Landsat ETM+ peyk ölçmələrinin kombinasiyasından ibarət yeni spektral indeksin işlənməsi.

6. Yeni ölçmə siqnaturasına əsaslanmaqla yeraltı qaz kəmərlərinin sızma yerini müəyyənəşdirməyə imkan verən diaqnostika metodunun işlənməsi.

7. Dairəvi gərginlikdən asılı olaraq boru divarının zərbəyə qarşı davamlı hesab edilən qalınlığının və diametrinin analitik ifadəsinin müəyyənəşdirilməsi, sıxılma gərginliyinin minimum qiymət almasının optimallaşdırılması məsələsinin həlli.

8. Bütün trassa üzrə boru xəttinin torpaq sürüşməsinə və torpağın təcilinin pik qiymətinə məruz qalmasının inteqral göstəricisinin və optimal çəkiliş marşrutunun müəyyənəşdirilməsi metodunun işlənməsi.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində qoyulan məsələlərin həlli üçün əsasən atmosfer və torpaq fizikasının, metalın korroziya nəzəriyyəsinin elementlərindən, məsafədən spektral zondlama texnologiyasından, qazların spektral xassələrini, seysmologiyanın fiziki – kimyəvi qanunauyğunluqlarını əks etdirən metodlardan istifadə edilmişdir. Bu metodların nəzəri reallaşdırılması riyazi analizin, inteqral və diferensial hesablaşma üsullarının, variasiya

optmallaşdırma nəzəriyyəsinin əsas müddəalarına uyğun olaraq həyata keçirilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Boru kəmərlərinin və neft – qaz terminallarının yerləşdiyi ərazilərdə geokoloji ölçmələrin aparılması metodu və korroziyalıq monitorinqinin optimal zaman dövrünün təyini modeli.

2. Yeraltı magistral boru xətlərinə nəzarətin lidar – termal zondlama üsulu, ölçmə xətasının kiçildilməsini təmin edən uçuş hündürlüyü ilə torpağın ilkin gərginliyi arasındakı asılılığın optimal ifadəsi.

3. Boru xəttində yaranan korroziya itkilərinin torpağın məxsusi parametrlərindən asılılığının analitik ifadəsi və bu itkilərin minimuma endirilməsini təmin edən torpağın xüsusi müqavimətinin dəyişmə qanunauyğunluğu.

4. Yüksəklik zonalarında torpağın xüsusi müqavimətinin dəyişkənliyinin ölçülməsinə imkan verən semivarioqramın optimal inteqral modeli, korroziya aqressivliyinə görə torpaqların təsnifatı proseduru.

5. Neftlə örtülmüş torpaq sahələrinin monitorinqi üçün zəruri spektral ölçmələrin həcmnin təyininin qrafo – analitik metodu, müxtəlif torpaq tiplərinin vəziyyətinin qiymətləndirilməsinin yeni spektral indeksi.

6. Yeraltı qaz kəmərlərindən sızma yerinin müəyyənləşdirilməsinin yeni siqnaturaya əsaslanmış metodu.

7. Seysmik aktiv zonada və müxtəlif dikliyə malik yamaclarda boru xəttinin torpağın təcilinin pik qiymətinə məruz qalmasının inteqral göstəricisi və optimal çəkiliş marşrutunun təyini metodu.

8. Mümkün mexaniki təsirlər nəticəsində sıxılma gərginliyinin minimum qiymət almasını təmin edən borunun xarici diametri ilə divarının qalınlığı arasındakı asılılığın analitik ifadəsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

1. İlk dəfə olaraq Azərbaycanın neft-qaz terminallarının və boru kəmərlərinin funksional xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla geokoloji ölçmələrin, müvafiq nəzarət prosedurlarının

təkmilləşdirilməsi metodikaları, korroziyalılıq monitorinqinin aparılması dövrünün təyini modeli təklif edilmişdir.

2. Lidar – termal zondlama üsulu ilə yeraltı boru xəttinin mövqeyinin və həndəsi koordinatlarının təyində meydana çıxan xətlərin azaldılması üçün sensor daşıyıcılarının uçuş hündürlüyü ilə torpağın ilkin gərginliyi arasında optimal asılılıq müəyyənləşdirilmişdir.

3. Yeraltı boru kəmərinin korroziya itkilərinin temperatur, pH, torpağın müqaviməti kimi rejim göstəricilərindən asılılığını müəyyənləşdirən yeni ifadə alınmış, korroziya itkilərinin zamana görə minimuma endirilməsi üçün torpağın temperaturunun zəruri olaraq cari zamana görə invers dəyişməsi şərti aşkarlanmışdır.

4. Torpağın inteqral korroziyalılıq dərəcəsinin təyini üçün boru xəttinin uzunluğu ilə torpağın xüsusi müqavimətinin hasilinin inteqralından ibarət yeni göstərici təklif edilmiş, boru xəttinin qüsursuz fəaliyyətini təmin edən məhdudiyyət şərti müəyyənləşdirilmişdir.

5. Torpağın temperaturunun artması ilə elektrik keçiriciliyinin azalmasının xətti modeli əsasında korroziyalılığın maksimuma çata bilməsi şərtinin yeni riyazi ifadəsi alınmışdır.

6. İlk dəfə olaraq yüksəklik ərazilərdə boru kəmərinin çəkilişi zamanı torpağın xüsusi müqavimətinin ölçülməsi üçün semivarioqramın ortalaşmış inteqral modeli təklif edilmiş, həmin modelin riyazi çoxhədli kimi təqdim olunmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.

7. Boru kəmərinə qaz sızmalarının yerini müəyyənləşdirmək üçün metan və oksigenin konsentrasiyası arasındakı əks asılılığa və ölçmə nöqtələri arasındakı məsafənin optimal funksiyasına əsaslanan yeni metod təklif edilmişdir.

8. Boru xəttinin çəkiliş marşrutunun seçilməsində yamacların dikliyi ilə təcillərin pik qiyməti arasındakı əks asılılığa əsaslanan yeni yanaşma təklif edilmiş, mümkün mexaniki təsirlər nəzərə alınmaqla optimal layihələndirmə metodikası işlənmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

1. Bort ölçmə sistemlərinin rejim parametrlərinin optimal seçilməsi ilə həyata keçirilən lidar – termal məsafədən zondlama üsulu yeraltı boru xətlərinin koordinatlarının təyin edilməsi dəqiqliyini artırmağa imkan verir ki, bu da geniş ərazilərdə dövrü monitorinqin aparılmasında xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

2. Boru xəttinin korroziya itkilərinin qiymətinin analitik ifadəsi, torpağın inteqral korroziya göstəricisi, müxtəlif zonalar üzrə korroziyalılıq dərəcəsini xarakterizə edən boru xətti modeli, korroziyanın intensivliyinə təsir edən ayrı-ayrı faktorlar arasındakı riyazi asılılıqlar magistral boru kəmərlərinin layihələndirilməsində və istismarında avtomatlaşdırılmış sistemlərin tətbiqi proqramlarının hazırlanması üçün nəzəri əsasların işlənilməsində müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər.

3. Qauss modeli əsasında sintez edilmiş optimal ortalaşmış inteqral semivariogram yüksəklik ərazilərdəki torpaqların xüsusi müqavimətini təyin etməyə imkan verir ki, bu da çətin keçilən sahələrdə, yolsuzluq şəraitində torpağın korroziyalılığının tədqiqində əhəmiyyət kəsb etməklə yanaşı, iqtisadi cəhətdən səmərəlidir.

4. Torpaq sahələrinin vəziyyət parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün təklif edilmiş yeni spektral indeks, spektral ölçmələrin həcmnin müəyyənləşdirilməsinin qrafo – analitik metodu antropogen faktorlar və təbii proseslər nəticəsində deqradasiyaya uğramış torpaq tiplərinin və neftlə çirklənmiş ərazilərin təsnifatının daha dəqiq indikasiya modellərinin işlənilməsinə imkan verir.

5. Torpaq sürüşməsi zonalarında yamacların dikliyi ilə təcillərin pik qiyməti arasındakı əks asılılığın təmin olunması, borunun diametri ilə divarının qalınlığı arasındakı optimal funksional asılılıq, mümkün mexaniki təsirlər nəzərə alınmaqla işlənilmiş layihələndirmə metodikası yeraltı boru kəmərlərinin sınıma və yarılmalara məruz qalma riskini azaltmaqla onun qüsursuz və səmərəli fəaliyyət göstərməsində xüsusi praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları MAKA – nın Birləşmiş Elmi – Texniki Şurasının iclaslarında,

həmçinin, aşağıdakı elmi – texniki konfrans və forumlarda müzakirə edilmişdir:

1. XII Международная научно-практическая конференция “Актуальные проблемы экологии и охраны труда”, Россия, Курск, 20 мая 2020г.

2. İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər. Beynəlxalq Elmi konfrans. Sumqayıt Dövlət Universiteti, 9-10 iyul, 2020.

3. Материалы международной конференции «Proceedings of the International Conference». International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. St. Louis, Missouri, USA, April 2022, №1.

Dissertasiyanın əsas nəticələrindən Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin “Neft Kəmərləri” İdarəsində boru kəmərlərinin keçdiyi marşrutun vəziyyətinin qiymətləndirilməsində, terminal sahələrinin korroziyalılıq monitorinqinin aparılmasında istifadə olunması mütəxəssislər tərəfindən tövsiyyə olunmuşdur (tətbiq olunma haqqında 01 oktyabr 2021-ci il tarixli akt dissertasiya işinə əlavə olunur).

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin Milli Aerokosmik Agentliyinin Ekologiya İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyası tərəfindən qoyulan tələblərə uyğun qaydada yazılmışdır. Dissertasiya işinin girişi 17140, I fəsil 38800, II fəsil 32000, III fəsil 33286, IV fəsil 41966 işarədən ibarət olmaqla ümumilikdə 163192 işarədən ibarət mətnə şərh olunmuşdur.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri müəyyənləşdirilməklə müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, elmi yenilik, işin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti şərh olunmuş, aprobeiasiyası və tətbiqi haqqında məlumat verilmişdir.

Dissertasiyanın **birinci fəsl**i yeraltı neft-qaz boru kəmərlərinin çəkilişində və istismarında istifadə olunan monitorinq sistemində geokoloji ölçmələrin optimal təşkil olunması məsələlərinə həsr edilmişdir. İlk növbədə Rusiyanın “Transneft” cəmiyyəti ilə Bauman adına Ali Texniki Məktəbin birgə hazırladığı magistral boru xətlərinin çəkilişi sahələrində mürəkkəb geoloji proseslərin monitorinqi sisteminin əsas funksiyaları araşdırılmış, ölçmələrin xarakteri təhlil edilərək metodiki yanaşmalarda bəzi çatışmazlıqlar aşkar edilərək təkmilləşdirilmiş, monitorinq sisteminin strukturu təklif olunmuşdur. Sonra Azərbaycan ərazisindəki Dübəndi və Səngəçal terminallarının və xidmət göstərdiyi boru xətlərinin istismarı zamanı aparılması zəruri olan geokoloji ölçmələrin, nəzarət metodlarının və prosedurların arsenalı müəyyənləşdirilmişdir. Boru xətlərinin geokoloji monitorinqinin aparılmasında torpağın korroziyalılıq potensialı, hidroloji proseslər, təbii-dağıdıcı hadisələr əsas faktorlar kimi araşdırılmış, bu məqsədlə dünya təcrübəsində istifadə olunan məsafədən zondlamanın lazer və infraqırmızı ölçmə metodlarının şərhli verilmişdir.

Deyilənlər nəzərə alınmaqla korroziya dərinliyinin hesablanması üçün əvvəllər eksperimental tədqiqatlar nəticəsində alınmış

$$P_0 = 0,5k_0 \cdot t^{0,373} \quad (1)$$

asıllığı araşdırılmışdır¹.

Burada P_0 – torpağın vəziyyətini xarakterizə edən müəyyən şərtlər daxilində maksimal korroziya dərinliyinin orta qiymətinə olan nisbəti, k_0 – torpağın fiziki göstəricilərindən asılı olan kəmiyyətin təcrübi qiyməti, t – maksimal korroziya dərinliyinin qeydə alındığı zamandır. Həmin asılılıqda coğrafi ərazilərin xüsusiyyətləri nəzərə alınmadığından, boru xəttinin çəkildiyi ərazidə torpağın ümumi

heterogenliyi əsas faktor kimi qəbul edilməklə korroziyalıq monitorinqinin optimal zaman dövrünün müəyyənləşdirilməsi üçün model təklif edilmişdir. Bunun üçün baxılan ərazi n sayda k_i ($i = \overline{1, n}$) sahələrinə bölünmüş və qəbul edilmişdir ki, $k = \{k_i\}$ nizamlı çoxluqdur, yəni $k_i = k_{i-1} + \Delta k$; $\Delta k = const$; $k_0 = 0$ şərti ödənilir. Bu halda maksimal korroziya dərinliyinin orta qiyməti

$$P_{or} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \cdot t^n \quad (2)$$

kimi müəyyənləşdirilmişdir. Boru xəttinin ayrı-ayrı hissələrinin ömür müddəti eyni olmadığından, P_{or} - nın minimal qiymətini təmin edən $t = f(k)$ optimal funksiyasının tapılması məsələsinə baxılmışdır.

Bunun üçün $\int_0^{k_{max}} f(k) dk = C$; $C = const$ məhdudiyət şərti daxilində kəsilməz variantda (2) ifadəsi

$$P_{or.k} = \frac{1}{k_{max}} \cdot \int_0^{k_{max}} f(k)^n dk \quad (3)$$

kimi təqdim edilmiş və optimallaşdırmanın F məqsəd funksionalı tərtib olunmuşdur:

$$F = \frac{1}{k_{max}} \cdot \int_0^{k_{max}} f(k)^n dk - \lambda \left[\int_0^{k_{max}} f(k) dk - C \right].$$

Burada λ – Lagranj vuruğudur. Beləliklə F funksionalını maksimuma çatdıran $f(k)$ funksiyası variasiya optimallaşdırılma metodu ilə aşağıdakı kimi tapılmışdır:

$$f(k) = {}^{(1-k)}\sqrt{k} \cdot C_1; \quad C_1 = {}^{(1-k)}\sqrt{\frac{n}{k_{max} \cdot \lambda_0}}. \quad (4)$$

¹ Soil corrosivity analysis. http://www.corrosionsurvey.co.kr/viewer/pdf/n_02.pdf

Bununla da müəyyən edilmişdir ki, dövrü (periodik) monitorinqin period müddəti (4) ifadəsi ilə təyin olunan dövrdən kiçik olmalı və korroziya dərinliyinin maksimumuna çatmasına imkan verilməməlidir.

Daha sonra həmin fəsildə qəza nəticəsində borudan neftin torpağa nüfuz etməsi üzərində dövrü monitorinqin optimallaşdırılması məsələsinə baxılmışdır. İlk növbədə müxtəlif növ torpaqlarda neft məhsullarının nüfuz etməsinin maksimal dərinliyi, buxarlanmanın miqdarı, torpağın saxlama qabiliyyəti və s. araşdırılmış, su ilə doymuş torpağa neftin nüfuz etməsinin orta dərinliyi

$$D_{or}^2 = \ln t \cdot [a_1 a_3 T^2 + T(-a_2 \cdot 15 \cdot a_4 + a_2 \cdot a_3 + a_1 a_4) + a_1 a_3 - a_2 a_3 15] \quad (5)$$

kimi hesablanmışdır.

Burada a_1, a_2, a_3, a_4 - ətraf mühitin temperaturu ilə xarakterizə edilən texnoloji sabitlər olmaqla aktiv tökülmiş neftin həcmi, torpaq üzərində neft gölməçəsinin sahəsi, mayenin özüllük göstəricisi, torpağın saxlama qabiliyyəti, t - zaman müddətidir. Həmçinin ətraf mühitin T temperaturundan asılı olaraq (5) ifadəsinin minimum qiymət alması üçün

$$T_{opt} = \frac{a_2 a_3 + a_1 a_4 - 15 a_2 a_4}{a_2 a_4} \quad (6)$$

şərtinin ödənilməsi göstərilmişdir.

Daha sonra yeraltı boru kəmərlərinin keçdiyi trassaya lidar vasitəsilə və termal üsulla nəzarətin potensial dəqiqliyinin araşdırılması məsələsinə baxılmışdır. Eynilə gərginliyin təsiri ilə torpağın səviyyəsinin yüksəlməsi Fredlund və Paxorco düsturu ilə qiymətləndirilmişdir:

$$S_h = \frac{C_s}{1 + e_0} \cdot h \cdot \log\left(\frac{P_f}{P_0}\right) \quad (7)$$

Burada S_h - səthin səviyyəsinin yüksəlməsi, m ; h - boru xətti üzərindəki torpağın qalınlığı; C_s - torpağın şişmə əmsalının ilkin qiyməti; P_0 - torpağın ilkin gərginliyi; P_f - torpağın cari gərginliyidir. Bununla əlaqədar elə bir optimal $P_0 = \varphi(h)$ asılılığının tapılması

məsələsi qoyulmuşdur ki, $S_{h.or} = \frac{1}{h_{\max}} \int_0^{h_{\max}} \left(\frac{C_s}{1+e_0} \right) \cdot h \cdot \log \left(\frac{P_f}{P_0} \right) dh$

orta inteqral qiyməti minimuma çatsın.

Boru xəttinin keçdiyi zona geotexniki cəhətdən homogen olduğundan, $\int_0^{h_{\max}} \varphi(h) dh = C; C = const$ qəbul edilmiş, Eyler-

Laqranj tənliyinin şərtlərindən istifadə etməklə

$$F = \frac{1}{h_{\max}} \int_0^{h_{\max}} \left(\frac{C_s}{1+e_0} \right) \cdot h \cdot \log \left[\frac{P_f}{\varphi(h)} \right] dh + \lambda \left[\int_0^{h_{\max}} \varphi(h) dh - C \right]$$

optimallaşdırma məsələsi həll edilmiş və F -i minimuma çatdıran

$\varphi(h) = \frac{2Ch}{h_{\max}^2}$ qiyməti alınmışdır. Bununla da göstərilmişdir ki,

geotexniki cəhətdən homogen mühitdə borunun yerləşmə dərinliyi P_0 - a mütənasib olmalıdır və hidromexaniki proseslərin yaratdığı xətalara azaldılması real olaraq mümkündür.

Homogen mühitdə borunun optimal yerləşdirmə dərinliyinin analizi göstərir ki, yuxarıdakı həllin optimallığının mümkün zəruri şərtinin ödənilməsinin kafi şərti h_{t1} və h_{t2} nöqtələrinin hər biri üçün doğrudur. Lakin $P_{02} = \psi(h)$ funksiyası üçün bu şərt yalnız h_{t2} nöqtəsində ödənilir. Beləliklə, belə hesab etmək olar ki, təklif olunan həll yeraltı boru xətti üzərində olan torpaq qatının şişməsinin orta inteqral qiymətinin minimuma çatma şərtidir.

Dissertasiyanın **II fəslində** magistral yeraltı neft – qaz boru kəmərlərinin monitorinqi sistemində torpağın korroziyalılığının ölçülməsi məsələsinə baxılmışdır. Dünya təcrübəsində istifadə edilən Vennerin “dörd çubuq” metodu əsas götürülərək torpağın korroziyalılıq potensialının formalaşmasında nəmlik və duz ionlarının konsentrasiyası torpağın xüsusi müqavimətinin əsas göstəriciləri kimi təqdim olunmuşdur.

Bunlar nəzərə alınmaqla digər müəlliflər² tərəfindən təklif olunmuş torpağın elektrik keçiriciliyinin (σ) onun su tərkibindən (θ), quru torpağın elektrik keçiriciliyindən (σ_s) və palçıq tərkibindən (σ_w) asılılığının

$$\sigma = (a\theta^2 + b\theta)\sigma_w + \sigma_s; \quad a, b = \text{const} \quad (8)$$

ifadəsi əsasında hesablamalar aparılmışdır. Bu məqsədlə 0,45m dərinlikdə torpağın pH göstəricisi və elektrik keçiriciliyi arasındakı məlum $pH = 5,403 - 0,152\sigma \left(\frac{MS}{M}\right)$ asılılığı nəzərə alınmış və boru xəttinin korroziyadan mühafizəsi üçün əsas göstəricilərin müəyyənəndirilməsi metodikası təklif edilmişdir:

1. Torpağın həcmi su tərkibinə (θ) müxtəlif qiymətlər verməklə (σ) elektrik keçiriciliyinin (8) düsturu ilə hesablanması.

2. (8) asılılığı nəzərə alınmaqla

$$pH = 5,403 - 0,152 \cdot 10^3 [(a\theta^2 + b\theta)\sigma_w + \sigma_s]$$

qiymətinin hesablanması.

3. Korroziya nəticəsində metalın çəki itkisinin (W) təsir müddətindən (t) və pH - dan asılılığını nəzərə almaqla, $W = [A - (d_1 + d_2 [5,403 - 0,152 \cdot 10^3 [(a\theta^2 + b\theta)\sigma_w + \sigma_s]])] \cdot t$ (9)

kimi hesablanması ($A = \text{const}; d_1, d_2, a, b = \text{const}$).

4. $\theta, \sigma_w, \sigma_s$ göstəricilərini nəzərə almaqla $\theta = \theta(t)$ funksiyası

mövcud olduqda $F = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} [W(A, d_1, d_2, a, b, t, \sigma_w, \sigma_s, \theta(t))] dt$

funksionalının ekstremumunun hesablanması.

5. $F_1 = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} \theta(t) dt = C; C = \text{const}$ məhdudiyət şərti daxilində

(8) ifadəsinin $W = [A_0 + k_4\theta^2 + k_5\theta] \cdot t$ kimi təyin edilməsi.

Burada $A_0 = A \cdot K_1; K_4 = K_2 \cdot \sigma_w; K_5 = K_3 \cdot \sigma_w; K_1, K_2, K_3$ parametrləri d_1, d_2 və σ_s - in xətti kombinasiyaları ilə təyin olunan kəmiyyətlərdir. Bununla da göstərilmişdir ki, $t_{\max} - t_{\min}$ zaman dövrü ərzində korroziya itkilərinin orta qiymətini xarakterizə edən

² Grandjean G. From geophysical parameters to soil characteristics / G. Grandjean, I. Cousin, M. Seger [et. al.] // Report № BRGM/FP&-DIGISOIL-D2.1. p. 52.

$$F = \frac{1}{t_{\max} - t_{\min}} \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} (A_0 + k_4 \theta^2(t)) t dt + \lambda \left[\int_{t_{\min}}^{t_{\max}} \theta(t) dt - C \right]$$

məqsəd funksionalı

$$\theta = \frac{C}{t \cdot (t_{\max} - t_{\min}) \cdot \ln\left(\frac{t_{\max}}{t_{\min}}\right)} + \frac{k_5}{2k_4 \cdot t \cdot \ln\left(\frac{t_{\max}}{t_{\min}}\right)} - \frac{k_5}{2k_4 \cdot t_m}$$

şərti daxilində minimum qiymət alır, yəni torpağın həcmi tərkibi ilə zaman dövrü arasında əks əlaqə olduqda, korroziya itkiləri minimuma çatır. Burada λ - Laqranj vuruğudur.

Sonra II fəsilə boru xəttinin çəkildiyi zonada torpağın xüsusi müqavimətinin korroziyalılığa təsiri məsələlərinə baxılmışdır. İlk növbədə boru xəttinin normal fəaliyyətini təmin edən əsas faktorlar araşdırılmış, xüsusi müqavimətin torpaqda olan suyun miqdarından, kimyəvi tərkibindən, məsaməliliyindən, keçiriciliyindən, temperaturundan və tipindən asılı olduğu göstərilmişdir. Torpağın xüsusi müqaviməti azaldıqca, onun korroziyalılığının artması əsas faktor kimi götürülməklə yeni inteqral göstərici təklif edilmiş, ekstremuma nail olunmanın şərtləri müəyyənləşdirilmişdir. Bu məqsədlə torpağın korroziyalılıq dərəcəsi (Z) və xüsusi müqaviməti (ρ) arasındakı $Z = -0,014 \ln \rho + 0,2383$ məlum asılılıqdan³ istifadə edilmiş və ρ – nun çoxfaktorlu asılılığı nəzərə alınmaqla

$$\int_0^{R_{\max}} \rho(R) dR = C; \quad C = \text{const} \quad \text{şərti qəbul olunmuşdur. Burada } R -$$

istənilən azimut bucağı üzrə götürülmüş həndəsi koordinatdır. Bununla da korroziyalılığın inteqral göstəricisi

$$\chi(\rho(R)) = \int_0^{R_{\max}} R \cdot Z(\rho(R)) dR \quad (10)$$

³ Lim K.S. The relationship between soil resistivity and corrosion growth in tropical region / K.S. Lim, Y. Nordin, R.O.Siti [et. al.] // 13 July 2013, Vol.

kimi təklif edilmiş və qeyri – şərti optimallaşdırma məsələsi

$$Z_1 = \int_0^{R_{\max}} R[-0,014 \ln \rho(R) + 0,2383]dR + \lambda \left[\int_0^{R_{\max}} \rho(R)dR - C \right] \quad (11)$$

kimi təqdim olunmuşdur. (11) məqsəd funksionalının maksimumuna $\rho(R) = 2CR / R_{\max}^2$ həlli ilə nail olunduğu, yəni boru xəttinin normal fəaliyyəti üçün bu asılılığın ödənilməsinə yol verilməməsi göstərilmişdir.

Həmin fəsildə həmçinin torpağın korroziyalıq potensialını formalaşdıran əsas faktorlar (pH göstəricisi, sulfat və xlorid tərkibli maddələrin miqdarı, temperatur, məsaməlilik, xüsusi elektrik müqaviməti, dənəciklərin həndəsi ölçüsü və s.) araşdırılmış və torpağın xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılığının optimal münasibəti müəyyənəndirilmişdir. Torpağın turşululuğu artdıqca, korroziyanın baş vermə ehtimalının yüksəldiyi, torpağın korroziyalılığının onun xüsusi müqaviməti ilə müəyyənəndirildiyi, torpağın xüsusi müqaviməti yüksəldikcə, onun korroziyalıq potensialının zəiflədiyi əsas götürülmüş, boru xətlərinin uzunluğu boyu trassa üzrə torpağın xüsusi müqavimətinin ölçülməsi o qədər də məqsədəuyğun hesab edilməmişdir. Bununla da bu cür müdaxilələrin metal boru divarlarında makro - korroziya öxəklərinin yaranmasına səbəb olduğu, digər tərəfdən torpağın xüsusi müqavimətinin temperaturdan mürəkkəb formada asılılığa malik olması nəzərə alınmış, bir tərəfdən temperatur artdıqca, torpağın tərkibində olan duz ionlarının hərəkətiliyi artdığı üçün torpağın keçiriciliyinin artdığı və digər tərəfdən də temperatur artdıqca, torpağın məsamələrində olan, elektrolit rolunu oynayan su buxarlandığı üçün torpağın müqavimətinin artdığı əsas faktor kimi qəbul edilmişdir. İlk yaxınlaşmada suyun buxarlanması nəticəsində torpağın keçiriciliyinin azalmasının

$$\sigma_t = \sigma(25^0 C)[1 - k(T - 273)] \quad (12)$$

xətti modelindən istifadə edilmişdir. Burada σ_t – buxarlanma səbəbindən keçiriciliyin azalmış qiyməti; $\sigma(25^0 C)$ – həmin

göstəricinin 25⁰C temperaturda olan qiyməti; k – mütənəsblik əmsəlidir. Eynilə məlum⁴

$$\sigma^T / \sigma^{25^0C} = \exp \left[-\frac{A}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \right] \quad (13)$$

eksponensial modeldən istifadə etməklə optimallaşdırma məsələsinin çoxkriteriyalı məqsəd funksionalı

$$F = \alpha_1 \left(\exp \left[-\frac{A}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \right] \right) + \alpha_2 [1 - k(T - 273)] \quad (14)$$

kimi tərtib olunmuşdur. Burada $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$; A -keçiriciliyin aktivləşmə enerjisi, R -universal qaz sabiti, T -temperaturun kelvinlə qiymətidir.

$dF / dT = 0$ şərti daxilində $\exp \left[-\frac{A}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \right] = \frac{\alpha_2 \cdot k \cdot RT^2}{\alpha_1 \cdot A}$

transendent tənliyi alınmış və d^2F/dT^2 hesablanmaqla ekstremumun maksimum olma şərti $A/T < 2$ kimi hesablanmışdır.

Bununla da göstərilmişdir ki, baxılan şərt ödəniləndə, F məqsəd funksionalı maksimum qiymət alır, yəni temperaturdan asılı olaraq korroziyalılıq ən yüksək səviyyəyə çatır.

II fəsilə həmçinin torpağın korroziyalılığının kosmik vasitələrlə proqnozlaşdırılması imkanlarına baxılmış, yer səthində və atmosferin yuxarı sərhəddində ortalasmış gündəlik radiasiya, ortalasmış aylıq günəş şüalanmasının miqdarı, gün ərzində işıqlı saatların aylıq orta qiymətini bilməklə tədqiqat ərazisində torpağın korroziyalılıq dərəcəsinin müəyyənəşdirilməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Fəslin sonunda yüksək relyef zonalarında torpağın korroziyalılığının tədqiqi üçün optimal semivarioqram metodu şərh edilmişdir. İlk növbədə torpağın xüsusi müqavimətinin məkanca paylanmasının qiymətləndirilməsində istifadə olunan semivarioqramın Gauss modeli araşdırılmış, həmin modeldə ərazinin yüksəkliyinin, yüksəklikdəki torpaqların xüsusi müqavimətinin dəyişkənliyinin

⁴Liera F. J. Temperature dependence of the electrical resistivity of water-saturated rocks / F. J.Liera, M.Sato, K.Nakatsuka [et. al.] // Geophysics. 1990. - Vol.54. - p. 576-585.

nəzərə alınmadığı göstərilmişdir. Bunlar nəzərə alınmaqla müvafiq hesablamaları aparmağa imkan verən semivarioqram modeli təklif olunmuş və optimal variant sintez edilmişdir. Semivarioqramın Qauss modeli aşağıdakı kimi təqdim olunmuşdur:

$$\gamma(\ell) = \begin{cases} 0; \ell = 0 & \text{olduqda,} \\ C_0 + C \left(1 - e^{-\frac{\ell^2}{a^2}} \right); \ell > 0 & \text{olduqda.} \end{cases} \quad (15)$$

Burada $C_0 = \text{const}$, ℓ – nöqtələrarası məsafə, a – həmin məsafənin maksimal qiyməti; C – nöqtələrarası məsafənin dəyişməsi ilə $\gamma(\ell)$ -in dəyişməsini xarakterizə edən göstəricidir. Sonra dəniz səviyyəsinə nəzərən hündürlükdən asılı olaraq torpağın xüsusi müqavimətinin dəyişməsinin eksperimental nəticələrindən istifadə edilmiş və ilk yaxınlaşmada

$$\rho = \rho_0 + kh; \quad k = \text{const} \quad (16)$$

xətti asılılığı əsas götürülmüşdür. (15) və (16) ifadələri nəzərə alınmaqla semivarioqramın Qauss modelinin modifikasiya olunmuş variantı təklif edilmişdir:

$$\gamma = \begin{cases} 0; \ell = 0 & \text{olduqda,} \\ C_{01} + (\rho_0 + kh) \left(1 - e^{-\ln(\rho_0 + kh)} - C_1 \right); \ell > 0 & \text{olduqda.} \end{cases}$$

Təklif olunan model həm $h = 0$ olduqda düzənlik ərazilərdə, həm də $h \neq 0$ olduqda yüksəklik zonalarda semivarioqram qurmağa imkan verir. Sintezi edilmiş optimal inteqral model riyazi çoxhəddli kimi təqdim olunmuşdur.

III fəsil yeraltı neft – qaz boru kəmərləri və onların yüklənmə terminalı zonasında torpağın çirklənmə dərəcəsinin, elektrik keçiriciliyinin ölçülməsi və boru xəttinin diaqnostikasi üsullarının işlənilməsinə həsr edilmişdir. İlk növbədə təbii faktorların təsiri nəticəsində deqradasiyaya uğramış torpaqların neft məhsulları ilə vəziyyət parametrlərini dəyişmiş torpaqlardan fərqlənməsinin tipik nümunələri göstərilmiş, BP şirkətinin Səngəçal terminalını və Bakı – Ceyhan neft kəmərinə əhatə edən qeyri-məhsuldar sahələrin xarakterik xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Bunlar nəzərə alınmaqla təbii – iqlim şəraiti nəticəsində deqradasiyaya uğramış torpaqların

antropogen faktorların və urbanizasiya prosesinin təsiri ilə çılpaqlaşmış torpaqlardan fərqləndirilməsi üçün yeni spektral indeks təklif edilmişdir. İlk növbədə məlum olan ND Ball indeksinin (qeyri-məhsuldarlıq indeksi) çatışmayan cəhətləri araşdırılmış, eyni torpaq tipləri üçün müxtəlif nəticələrin alınmasının aradan qaldırılması üçün eksperimental ölçmə verilənlərindən istifadə etməklə

$$Der = \left| \frac{DN(6) - DN(5)}{DN(7) - DN(6)} \right|$$

indeksi təklif olunmuşdur. Burada $DN(i) - i = 5, 6, 7$ uyğun spektral kanallarda spektral ölçmə verilənləridir. Təklif olunan indeksin ND Ball indeksinə nəzərən üstünlükləri ölçmə verilənləri əsasında göstərilmişdir.

Daha sonra III fəsildə karbohidrogenlərin nəqli zonalarında torpaq çirklənmələrinin tədqiqi üçün aparılan ölçmələrin həcmnin qiymətləndirilməsinin qrafo – analitik metodu işlənmişdir. Təklif olunan metod torpağa tökülmüş neftin miqdarının (x) NDVI (Normallaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksi) indeksinə təsir dərəcəsinin məlum asılılığına əsaslanmışdır⁵:

$$NDVI = -0,5x \cdot 10^{-5} + 0,3465. \quad (17)$$

Sonra isə neftin axıb – töküldüyü andan ölçmələrin aparıldığı ana qədər keçən müddətlə (t) NDVI arasındakı reqressiya asılılığının aşağıdakı ifadəsindən istifadə olunmuşdur:

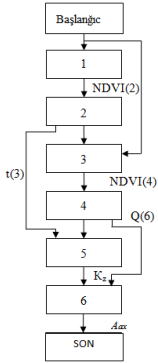
$$NDVI = 0,0003t + 0,2073. \quad (18)$$

Axıb tökülmüş neftlə örtülmüş ərazinin sahəsinin (A_{ax}) tökülmüş neftin həcmindən (Q , m^3), torpağın ilkin nüfuzluğundan (k_i , m^3) və neftin nisbi nüfuzluğundan (k_r , m^3) asılılığının

$$A_{ax} = \frac{0,23782 \cdot Q^{\frac{4}{5}}}{(k_i \cdot k_r)^{\frac{1}{5}}} \quad (19)$$

⁵ Fan X., Liu Y. A global study of NDVI difference among moderate resolution satellite sensors / ISPRS Journal of Photogrammetry. – 2016.- 121. - p.177-191

məlum ifadəsi əsas götürülərək axıb tökülmüş neftlə örtülmüş torpağın ilkin sahəsinin müəyyənləşdirilməsi metodunun realizə edilmə alqoritmi işlənmişdir (şək.1).



Şək.1. Axıb tökülmüş neftlə örtülmüş torpağın ilkin sahəsinin müəyyənləşdirilməsi alqoritminin fəaliyyət ardıcılığı

Təklif edilmiş alqoritmin fəaliyyət ardıcılığı aşağıdakı kimidir:

1. Məsafədən zondlama və ya proksimal zondlama verilənləri əsasında tədqiqat sahəsi üzrə $NDVI$ -nin cari qiyməti müəyyənləşdirilir.

2. Məlum reqressiya asılılığı əsasında neftin axıb tökülməsi anından ölçmələrin aparılması anına qədər keçən zaman intervalı müəyyənləşdirilir.

3. Müvafiq reqressiya xətti şaquli oxu kəsənə qədər sol tərəfə ekstrapolyasiya edilir və həmin nöqtədə $NDVI$ hesablanır.

4. Axmış neftin həcmi ilə $NDVI$ arasındakı məlum reqressiya asılılığı əsasında tökülmüş neftin ilkin həcmi (Q) hesablanır.

5. Yağıntılar haqqında məlum meteoroloji məlumatlar əsasında neft tökülmüş torpağın vəziyyəti müəyyənləşdirilir.

6. 4-cü və 5-ci bəndlər üzrə hesablama nəticələri nəzərə alınmaqla (19) düsturu əsasında A_{ax} kəmiyyəti müəyyənləşdirilir.

Deyilənlər əsasında neftlə örtülmüş sahənin təyin edilməsi üçün model hesablamalar aparılmış, $k_i = 1$, $NDVI = 0,33$ qəbul edilməklə, ekstrapolyasiya olunmuş $NDVI = 0,19$ alınmışdır.

$k_i = 1,2 \cdot 10^{-14} m^2$ məlum qiyməti nəzərə alınmaqla $Q = 416 m^3$ olmuşdur. (19) ifadəsi əsasında $A_{ax} = 2 \cdot 10^3 = 2000 m^2$ alınmışdır. Onda $100 m^2$ torpaq sahəsində $NDVI$ –nin hesablanması üçün tələb olunan ölçmələrin sayı $N_0 = 2 \cdot 2000 / 100 = 40$ alınmışdır.

Sonra həmin fəsilə qaz sızmalarının yeni siqnatürünə əsaslanan və borunun sızma yerlərini müəyyənləşdirməyə imkan verən yeni metod təklif edilmişdir. Hər cür təsadüfi risklərin təsirinin aradan qaldırılması üçün əksər boruların torpağın altında, müəyyən dərinlikdə yerləşdirildiyi, lakin bu halda da magistral qaz kəmərlərinin təbii seysmik təsirlər nəticəsində baş verə biləcək hər hansı deformasiya və yarıma riskindən tam mühafizə olunmadığı əsas götürülmüşdür. Göstərilmişdir ki, mexaniki təsirlər nəticəsində boru kəmərlərinin yarıması baş verir ki, bu da böyük təzyiq altında olan qazın xaricə çıxaraq yarığın qrunut örtüyünün məsələlərinin doldurulmasına gətirib çıxarır. Bu cür hadisələr boru xəttində təzyiqin qismən azalmasına səbəb olur və boru xətti qəza iş rejimində işləməyə başlayır.

Təklif edilən metod sızma yerində metanın və oksigenin konsentrasiyaları arasında mənfi korrelyasiyaya əsaslanmış və torpağın hüdudları daxilində oksigenin konsentrasiyasının (C_{O_2}) hesablanması üçün

$$C_{O_2} = A[1 - \exp(-B \cdot x_0)] \quad (20)$$

ifadəsi əsas götürülmüşdür. Burada A – sızma yerinin kənarında h_0 hündürlükdə oksigenin maksimal konsentrasiyası, B – eksponensial ayrının göstəricisi; x_0 – sızma nöqtəsi ilə O_2 – nin ölçülmə nöqtəsinin horizontal proyeksiyası arasındakı məsafədir.

Daha sonra oksigenin və metanın konsentrasiyaları arasındakı

$$C_{O_2} = E - k \cdot C_{CH_4} \quad (21)$$

reqressiya əlaqəsindən istifadə edilməklə və (20) nəzərə alınmaqla metanın konsentrasiyası $C_{CH_4} = \frac{E - A[1 - \exp(-Bx_0)]}{k}$ kimi təyin olunmuşdur. (21) ifadəsində k -korrelyasiya əmsəlidir ($k \neq 0$). CH_4 və

O_2 arasında korrelyasiya əlaqəsi olmadıqda, E kəmiyyəti oksigenin konsentrasiyasıdır.

Bununla da sızmanın aşkarlanması optimallaşdırılması üçün elə hala baxılmışdır ki, metan O nöqtəsinin proyeksiyasının x_1 məsafəsində, oksigen isə x_0 məsafəsində ölçülmüş olsun. Təklif edilən yanaşma üç əsas mərhələni əhatə etmişdir.

1. C_{O_2} və C_{CH_4} göstəricilərinin orta həndəsi qiyməti (Z) aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Z = (C_{O_2})^{\alpha_1} \cdot (C_{CH_4})^{\alpha_2}; \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1.$$

2. x_1 – lə x_0 arasında $x_1 = f(x_0)$ əlaqə funksiyası daxil edilir.

3. $F_0 = F_1 + \lambda (F_2 - C)$ variasiya optimallaşdırma məsələsi həll edilir.

Burada F_0 məqsəd funksionalı sızmanın siqnaturu, F_1 – optimallaşdırmanın əsas məqsəd funksionalı, F_2 – məhdudiyət şərti, λ – Laqranj vuruğu, C – sabitdir. Göstərilmişdir ki,

$$F_0 = \int_0^{x_0 \max} [A[1 - \exp(-B \cdot x_0)]]^{\alpha_1} \cdot \left[\frac{E}{k} - \frac{A}{k} [1 - \exp(-Bf(x_0))] \right]^{\alpha_2} dx_0 - \lambda \left[\int f(x_0) dx_0 - C \right]$$

məqsəd funksionalının ekstremuma çatdığı qiymət sızmanın əlaməti kimi qəbul edilir.

Üçüncü fəslin sonunda torpağın xüsusi müqavimətinin 3 dərinlikdə ölçülməsinin eksperimental – model tədqiqatlarının nəticələri verilmişdir (cədv.1). Ölçmələrin boru xəttinə yaxınlıq əlaməti və istiqamətdən asılılıq nəzərə alınmaqla çubuq sırası 0,8 m addımla boru xəttinə paralel və perpendikulyar, boru xəttindən 100 m məsafədə yerləşdirilmişdir (cədv.2).

Cədvəl 1.

Ölçmə dərinliyindən asılı olaraq torpağın xüsusi müqavimətinin hesablanmış qiymətləri

№	Çubuqların yerləşdirilməsi	Ölçmə dərinliyi, m	Ölçmə nəticəsi, R, Om	Hesablanmış qiymətlər, $\rho, Om \cdot m$
1	Şimal – cənub	1,0	0,65	2,64
		1,5	0,70	2,80

		2,0	0,74	2,96
2	Şərq – qərb	1,0	0,45	1,80
		1,5	0,64	2,56
		2,0	0,78	3,12

Cədvəl 2

Boru xəttindən 100 m məsafədə torpağın xüsusi müqavimətinin ölçmə nəticələri

Boru xəttinə nəzərən istiqamət	a, m	R, Om	$\rho, Om \cdot sm$
Perpendikulyar	0,8	4,5	2100
Paralel	0,8	1,5	710

Bununla da alınmış qiymətlər və ölçmə nəticələri boru xətti zonasında torpağın xüsusi müqavimətinin qeyri – homogen olduğunu göstərmişdir. Həmçinin metanın və oksigenin konsentrasiyaları arasındakı əks asılılığa əsaslanmaqla təklif edilən metod metanın sızma yerini müəyyənləşdirməyə imkan vermişdir.

IV fəsil təbii-dağıcı proseslər və mexaniki təsirlər zonasında boru kəmərlərinin layihələndirilməsi məsələlərinə həsr edilmişdir. İlk növbədə müxtəlif ölkələrin təcrübələrinə əsaslanaraq boru xəttinin vəziyyətinə təsir edən əsas faktorlar araşdırılmış, borunun diametri, divarının qalınlığı, dairəvi gərginliyi və s. nəzərə alınmaqla boru xəttinin deşilməyə qarşı müqavimətinin hesablanması üçün digər müəlliflərin təklif etdiyi⁶

$$R = \left[1,17 - 0,0029 \left(\frac{D}{t} \right) \right] (\ell + w) \cdot t \cdot \sigma_y \quad (22)$$

asılılığı əsas götürülmüşdür. Burada t – boru divarının qalınlığı; D – borunun xarici diametri; ℓ – boruya zərbə endirən ekskavatorun dişinin uzunluğu; w – həmin dişin eni; σ_y – dartılmaya qarşı möhkəmlik həddidir.

⁶ Greenwood R. Pipeline integrity data: management and application // AGA Operations Conference. - Dallas, Texas. April 29-May 1. - 2001.

Eyni zamanda boru divarında çatın yayılmasının qarşısının alınmasını təmin edən möhkəmlik həddinin hesablanması üçün

$$C_v = 2,836 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_n^2 \cdot D^{\frac{1}{3}} \cdot t^{\frac{1}{3}} \quad (23)$$

Batelle⁷ düsturundan istifadə edilmişdir. Burada C_v – zərbəyə qarşı davamlılığın Şarpi göstəricisi; σ_n – dairəvi gərginlik; D – borunun diametri; t – boru divarının qalınlığıdır.

C_v artdıqca borunun etibarlılığı azaldığından, yəni böyük gərginliyə və diametrə malik borularda çatın yayılması ehtimalı çox olduğundan, boru divarının qalınlığının müəyyənləşdirilməsinin çoxkriterial metodu təklif edilmişdir. Bu zaman boru divarının qalınlığının optimal qiymətinin hesablanması üçün məqsəd funksionalı aşağıdakı kimi təyin olunan $k_1(t)$ və $k_2(t)$ kriteriyalarının skalyar bürünməsi kimi təqdim edilmişdir:

$$K_0(t) = \beta_1 \cdot K_1(t) + \beta_2 \cdot K_2(t); \quad \beta_1 + \beta_2 = 1. \quad (24)$$

Burada β_1 və β_2 – çəki əmsallarıdır.

$K_1(t) = a_1 \cdot t^{\frac{1}{3}}$; $a_1 = 2,836 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_n^2 \cdot D^{\frac{1}{3}}$ qiymətlərini almaqla (22) və (23) ifadələri əsasında hesablanmışdır:

$$K_2(t) = D_0 - \left(a_1 - \frac{a_3}{t}\right) \cdot a_4 \cdot t. \quad (25)$$

Burada $D_0 = const$; $a_2 = 1,17$; $a_3 = 0,0029D$; $a_4 = \sigma_n(\ell + w)$.

Baxılan qiymətlər nəzərə alınmaqla (24) məqsəd funksionalı aşağıdakı kimi təqdim edilmişdir:

$$K_0(t) = \beta_1 \cdot a_1^{\frac{1}{3}} + \left[D_0 - \left(a_2 - \frac{a_3}{t}\right) a_4 \cdot t \right] (1 - \beta_1) \quad (26)$$

Törəmələrin təhlili metodu əsasında $t = \sqrt{\left(\frac{\beta_1 \cdot a_1}{3(1 - \beta_1) \cdot a_4 \cdot a_2}\right)^3}$

⁷ Chatain P. An experimental evaluation of punctures and dents in transmission pipelines // PRC/EPRG Ninth Joint Biennial Technical Meeting on Linepipe Research. – Houston. – Texas. – May. 1993.

qiymətində $K_0(t)$ funksionalının maksimuma çatdığı göstərilmiş, bununla da mümkün mexaniki təsirlər nəzərə alınmaqla borunun optimal layihələndirilməsi metodikası təklif edilmişdir.

Daha sonra həmin fəsildə seysmik təhlükəli zonalarda yeraltı boru xətləri şəbəkəsinin layihələndirilməsində əlavə təsirlərin nəzərə alınması məsələlərinə baxılmışdır.

Bununla əlaqədar müxtəlif ölkələrin boru istehsalı sahələrində sıxılma və dartılma gərginliklərinin hədd qiymətinin müəyyənləşdirilməsi təcrübəsi araşdırılmışdır. Həmin tədqiqatlara uyğun olaraq dartılma üzrə gərginlik həddi $\varepsilon_t = 2\%$ qəbul edildikdə, sıxılma gərginliyi (ε_c)

$$\varepsilon_c = 0,5 \left(\frac{t}{D'} \right) - 0,0025; \quad D' = \frac{D}{1 - 3 \cdot \frac{(D - D_{\min})}{D}} \quad (27)$$

kimi təyin edilmişdir. Burada D – borunun xarici diametri; D_{\min} – minimal diametri; t – boru divarının qalınlığıdır.

Bununla da elə bir $D = f(t)$ funksional asılılığının tapılması tələb olunmuşdur ki, t – nin bütün mümkün qiymətlərində ε_c – nin inteqral qiyməti ekstremuma çatsın. Bu məqsədlə $T = \{t_i\}$, $t_i = t_{i-1} + \Delta t$; $\Delta t = \text{const}$, $i = \overline{1, n}$; $t_0 = 0$ və $D = \{D_j\}$, $D_j = D_{j-1} + \Delta D$; $\Delta D = \text{const}$, $i = \overline{1, n}$, $D_0 = 0$ nizamlı çoxluqlarına baxılmışdır.

$D_j = f(t_i)$ diskret funksiyasına münasibətdə $F_1 = \sum_{i=1}^n f(t_i) = C = \text{const}$ məhdudiyət şərti tətbiq edilmişdir. F_1 məhdudiyət şərti kəsilməz

formada $F_1 = \int_0^{t_{\max}} f(t) dt = C$ kimi təqdim olunmuşdur.

(27) ifadəsi nəzərə alınmaqla optimallaşdırmanın məqsəd

$$\text{funksionalı } F_1 = \int_0^{t_{\max}} \left\{ 0,5t \left[\frac{3D_{\min}}{f(t)} - 2 \right] - 0,0025 \right\} dt + \lambda \left[\int_0^{t_{\max}} f(t) dt - C \right]$$

kimi tərtib edilmişdir. Optimallaşdırma məsələsi Eyler – Laqranj tənliyinin şərtlərinə müvafiq olaraq həll edilmiş və $3D_{\min} > D$ şərti

doğru olduqda F_l məqsəd funksionalının minimum qiymət aldığı, yəni ε_c sıxılma gərginliyinin minimuma çatdığı göstərilmiş, borunun oval diametri ilə xarici diametri arasındakı münasibət müəyyənləşdirilmişdir.

IV fəsildə daha sonra torpaq sürüşməsi təhlükəsi olan zonalarda yeraltı boru kəmərlərinin çəkilməsi metodikası şərh olunmuşdur. İlk növbədə ABŞ-da istifadə edilməsi tövsiyə olunan SGS (torpağın güclü silkələnməsi) və GF (qruntun yarılməsi) göstəricilərini nəzərə alan yeraltı boru xətlərinin zədələnmə funksiyalarına baxılmışdır:

$$R_{SGS} = k_1 \cdot 0,00241 \cdot PGV; R_{GF} = k_2 \cdot 11,223 \cdot PGV^{0,319} \quad (28)$$

Burada R_{SGS} – silkələnmə səbəbindən zədələnmə hallarının bərpa tezliyi; R_{GF} – yarıma səbəbindən zədələnmə hallarının bərpa tezliyidir. Digər müəlliflərin hesablamalarına görə boru xəttinin eyni uzunluqlu hissələri üzrə sızma və yarıma hadisələrinin gözlənilən sayının $N_1 = \sum_i (0,2R_{SGS_i} + 0,8R_{GF_i}) \cdot l_i$ kimi təyin edildiyi nəzərə alınmaqla təklif olunan hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilmişdir.

İlk növbədə boru xəttinin bütün uzunluğu (L) qeyri – bərabər $l_i = l_{i-1} + \Delta l$; $\Delta l = \overline{const}$; $i = \overline{1, n}$; $l_0 = 0$ hissələrə bölünmüş, deməli $L = \{l_i\}$ nizamlı çoxluğu formalaşmışdır. Boru xəttinin hissələri sürüşmə təhlükəsinə görə homogen olmadığından, $PGV = f(l_i)$; $R_{SGS} = k_1 \cdot 0,00241 \cdot f(l_i)$ funksiyaları tərtib edilmiş və $R_{GF} = k_2 \cdot 11,223 \cdot f(l_i)^{0,319}$ qiyməti nəzərə alınmaqla

$$N_1 = \sum_i (0,2k_1 \cdot 0,00241 \cdot f(l_i) + 0,8 \cdot k_2 \cdot 11,223 \cdot f(l_i)^{0,319}) l_i \quad (29)$$

kimi təyin olunmuşdur.

$$\text{Daha sonra } \int_0^{l_{\max}} f(l) dl = C; C = \overline{const} \quad \text{məhdudiyyət şərti qəbul}$$

edilməklə məqsəd funksionalı

$$N_0 = \frac{1}{l_{\max}} \int_0^{l_{\max}} (a_1 f(l) + a_2 f(l)^{a_3}) l dl - \lambda \left[\int_0^{l_{\max}} f(l) dl - C \right] \quad (30)$$

kimi tərtib edilmiş, optimallaşdırma məsələsinin həlli

$$f(l) = a_3^{-1} \sqrt{\frac{\lambda - a_1}{a_2 \cdot a_3 \cdot l}} \quad (31)$$

kimi tapılmışdır. Beləliklə $a_3 = 0,319$ qiymətini və $\lambda = const$ olduğunu nəzərə alsaq, qrunzun permanent yerdəyişməsi l kəmiyyəti ilə düz mütənasib olar. Törəmənin hesablanması ilə göstərilmişdir ki, (31)-in həlli (30) funksionalının maksimum qiymət almasını təmin edir. Bununla da boru xəttinin bütün uzunluğunu qeyri-bərabər və sürüşmə riskinə görə homogen olmayan hissələrə bölməklə sızma və yarıqla hadisələrinin gözlənilən sayını təyin etməyə imkan verən metodika işlənmişdir. Sonra bir sızma halının və yarıqla hadisəsinin aradan qaldırılmasına sərf olunan xərclər nəzərə alınmaqla bərpa işlərinə sərf olunacaq xərclərin hesablanması metodikasını təklif olunmuşdur.

IV fəslin sonunda seysmik hadisələr nəticəsində yaranmış torpaq sürüşmələrindən magistral boru xətlərinin mühafizəsi məsələlərinə baxılmışdır. İlk növbədə Səngəçal terminalının mühafizəsinə həsr edilmiş tədqiqatların nəticələri araşdırılmış, torpaq sürüşmələri riski üzrə Rapolla metoduna əsasən 3 faktor nəzərdən keçirilmişdir: torpağın geotexniki göstəricisi (V_s); yamacın dikliyi; seysmik göstərici (PGA_s). Həmin metoda əsasən zəlzələ nəticəsində yaranan torpaq sürüşməsinə məruz qalmanın yekun indeksi (SI)

$$SI = \frac{S_a + S_b}{2} \cdot S_c \quad (32)$$

kimi təqdim edilmişdir. Burada S_a – litologiya əmsalı; S_b – yamac əmsalı; S_c – seysmik əmsal olmaqla yamacın diklik qradasiyası (β) arasında $S_c = 0,04 \cdot \beta - 0,6$ asılılığı mövcuddur. S_c göstəricisinin intensivliyin maksimumu vasitəsilə təyin edildiyini nəzərə almaqla

$$SI = \left(\frac{a_1}{V_s} - a_2 + a_3 \beta \right) \cdot [a_4 [\lg PGA_s + a_5] - a_6] \quad (33)$$

kimi hesablanmışdır. Burada $a_1=0,2045/2$; $a_2=0,1363/2$; $a_3=0,04/2$; $a_4=0,6667/0,36$; $a_5 = 0,408$; $a_6 = 0,8333$. Beləliklə torpağın sürüşməyə məruz qalma indeksi ilə torpağın təcilinin pik qiyməti arasında (33) loqarifmik asılılığı alınmışdır.

Bununla da torpağın təcilinin pik qiymətinin episentrdən uzaqlaşdıqca tədricən azaldığı nəzərə alınmaqla boru xəttinin keçdiyi trassa üzrə torpağın sürüşməyə məruz qalmasının inteqral göstəricisinin təyini metodikası işlənilmişdir. Bu məqsədlə seysmik dalğanın yayılması istiqamətində olan yamaclar dikliyinin nizamlanmış çoxluğuna baxılmışdır:

$$B = \{\beta_i\}; \quad i = \overline{1, n}; \quad \beta_{i+1} = \beta_i + \Delta\beta; \quad \Delta\beta = const.$$

Boru xətti episentrdən uzaqlaşdıqca β kəmiyyətinin artması və ya azalması nəzərə alınmaqla optimal $PGA_s = f(\beta)$ axtarılmışdır. Onda kəsilməz formada ərazinin torpaq sürüşməsinə məruz qalmasının inteqral qiymətini xarakterizə edən optimallaşdırma funksionalı

$$SI_{\text{int}} = \int_0^{\beta_{\max}} \left(\frac{a_1}{V_s} - a_2 + a_3\beta \right) \cdot [a_4[\lg PGA_s(\beta) + a_5] - a_6] d\beta \quad (34)$$

kimi təyin edilmişdir. β və PGA arasında xətti asılılıq olduğunu

qəbul etməklə və $\int_0^{\beta_{\max}} f(\beta) d\beta = C$; $C = const$ məhdudiyət şərti

daxilində optimallaşdırma funksionalı aşağıdakı kimi təqdim edilmişdir:

$$F(f(\beta)) = \int_0^{\beta_{\max}} \left(\frac{a_1}{V_s} - a_2 + a_3\beta \right) \cdot [a_4[\lg PGA_s(\beta) + a_5] - a_6] d\beta + \lambda \left[\int_0^{\beta_{\max}} f(\beta) d\beta - C \right]. \quad (35)$$

(35) funksionalını maksimuma çatdıran həll

$$PGA_s(\beta) = \frac{(a_8 + a_3\beta) \cdot a_4}{\lambda_0 \cdot \ln 10} \quad (36)$$

kimi tapılmışdır. Burada $a_8 = \frac{a_1}{V_s} - a_2$; $\lambda_0 = - \int_0^{\beta_{\max}} \frac{(a_8 + a_3\beta) \cdot a_4}{C \cdot \ln 10} d\beta$.

Göstərilmişdir ki, (35) məqsəd funksionalı (36) həlli daxilində maksimum qiymət alır. Bununla da yamaclarda yaranan torpaq sürüşmələrindən boru xəttinin səmərəli mühafizə olunması metodikası işlənilmiş, məsələnin model təqdimatı verilmişdir. (36) həllinə əsasən tövsiyə olunmuşdur ki, boru kəməri seysmik hadisənin proqnozlaşdırılmış episentrinə nəzərən elə yerləşdirilməlidir ki, yüksək dikliyə malik olan yamaclarda kiçik təcil pikləri, aşağı diklikli yamaclarda isə yüksək təcilər qeydə alınsın. Bütün bunlar isə yeraltı boru kəmərləri marşrutunun planlaşdırılmasında ölçmə prosedurlarının sadələşməsinə, müvafiq sistemlərin təkmilləşdirilməsinə xidmət edər.

DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. İnformasiya – ölçmə sistemləri vasitəsilə yeraltı magistral boru kəmərlərinin korroziyalıq vəziyyətinin və neftin torpağa nüfuz etməsinin monitorinqinin aparılmasının optimal zaman dövrləri müəyyənəndirilmiş, geoekoloji ölçmələrin təkmilləşdirilməsi metodları təklif edilmişdir.

2. Lidar – termal ölçmə verilənləri əsasında boru xəttinin mövqeyinin təyini metodunun xətasının azaldılması üçün daşıyıcının uçuş hündürlüyü ilə torpağın ilkin gərginliyi arasındakı optimal asılılıq müəyyənəndirilmişdir.

3. Boru kəmərinin korroziya itkilərinin minimuma çatdırılması üçün torpağın əsas göstəriciləri arasındakı əlaqələrin analitik ifadələri alınmış, torpağın xüsusi müqavimətinin ölçülməsinə imkan verən semivarioqramın integral modeli təklif edilmişdir.

4. Trassa üzrə torpağın xüsusi müqavimətini və integral korroziyalıq göstəricisini müəyyənəndirməklə borunun qüsursuz işini təmin edən optimal marşrutun seçilməsi məsələsi həll olunmuşdur.

5. Landsat ETM+ peyk ölçmələrinin kəsir-xətti kombinasiyası kimi təqdim edilmiş yeni indeks vasitəsilə neftlə örtülmüş torpaq

tiplərini fərqləndirmək mümkün olmuş, bununla da sızma yerlərini aşkarlamağa imkan verən alqoritm işlənmişdir.

6. Neftlə çirklənmiş torpaq sahələrinin monitorinqi üçün tələb olunan spektrometrik ölçmələrin həcmünün müəyyənləşdirilməsinin qrafo – analitik metodu təklif edilmiş, ölçmə nəticələri və model hesablamaları əsasında boru xətti zonasında torpağın qeyri – homogenliyi göstərilmişdir.

7. Metanın və oksigenin konsentrasiyası arasındakı əks asılılığa əsaslanan yeni siqnatura əsasında yeraltı qaz kəməmindən sızmaları aşkarlamağa imkan verən metod işlənmişdir.

8. Torpaq sürüşməsi, yamacların dikliyi və mümkün mexaniki təsirlər kimi təbii və antropogen faktorlara qarşı davamlı magistral boru kəmərlərinin layihələndirilməsinin və çəkilmə marşrutunun səmərəli seçilməsinin model həlli təqdim edilmişdir.

Dissertasiya işinin mövzusunə dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Насиров Х.М. Вопросы обеспечения защищенности магистральных нефтепроводов от оползней, вызванных сейсмическим событием // Проблемы сбора подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2020, №3.- с.74-82.

2. Насиров Х. М., Гладлин Д. Е., Чернов В. А. Разработка нового спектрального индекса для различения типов бесплодных деградированных земель в зоне загрузочного терминала магистрального нефтепровода // Сборник статей XII Международной научно – практической конференции. – Курск. – 20 мая. – 2020. - с.120-127.

3. Насиров Х.М. Графо–аналитический метод количественной оценки объема спектральных измерений для исследования загрязненности почвы в зонах транспортировки углеводородов // Нефтегазовое дело. Сетевое издание. – Россия, г.Уфа. - 2020, №4, с. 35-46.

4. Насиров Х. М. Графоаналитической метод определения необходимого объема спектральных измерений для исследования состояния почвы в зонах транспортировки

углеводородов // Информационные системы и технологии: достижения и перспективы. II Международная научная конференция. Сумгаитский Государственный Университет. – Сумгаит, 2020. - с.179-181.

5. Насиров Х. М. Исследования влияния удельного сопротивления почвы на ее коррозионность в зоне прокладки трубопровода // Нефтегазовое дело. Сетевое издание. - Проблемы сбора подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – Россия, г.Уфа. - 2020, №4. - с.4-14.

6. Насиров Х. М. Разработка методики определения степени коррозионности почвы в зоне прокладки трубопроводов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – Москва. - 2020, №4. – с.14-17.

7. Насиров Х. М. Разработка нового спектрального индекса для определения типов бесплодных деградированных земель в зоне загрузочного терминала магистрального нефтепровода // Нефтегазовое дело. Сетевое издание. – Россия, г.Уфа. - 2020, №2. - с.39-51.

8. Насиров Х. М., Сулейманов Т. И., Асадов Х. Г. Метод обнаружения утечек газа из подземных магистральных газопроводов // Газовая промышленности. – Москва. - 2020, №7, с.118-121.

9. Насиров Х. М., Сулейманов Т. И., Асадов Х. Г. Метод оптимальной семивариограммы для исследования коррозионности почвы в зонах прокладки трубопровода с возвышенностью рельефа // Автоматизация и информационные технологии в нефтегазовой отрасли. – Москва. - 2020, №3(41). - с.5-9.

10. Сулейманов Т. И., Асадов Х. Г, Насиров Х. М. О потенциальной точности бортового лидарно – термального контроля трассы прохождения подземных трубопроводов // Контроль. Диагностика. – Москва. - 2021, №1. – с.38-42.

11. Насиров Х. М. Исследования глубины проникновения сырой нефти в почву при аварийных разливах нефтепродуктов // Технологии нефти и газа. – Москва. - 2021, №2. – с.47-49.

12. Насиров Х. М. Методика определения основных геометрических показателей трубопровода по методике многокритериальной оптимизации // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - Уфа. - 2021, №1(129). - с.67-72.

13. Насиров Х. М., Сулейманов Т. И., Асадов Х. Г. Разработка методики прокладки подземных трубопроводов с учетом опасности оползневых процессов // Нефтяное Хозяйство. – Москва. - 2021, №4. - с. 114-117.

14. Сулейманов Т. И., Насиров Х. М. Вопросы оптимального проектирования сети подземных трубопроводов в сейсмически опасной зоне // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – Уфа. - 2021, №1(129). – с.73-78.

15. Насиров Х. М. Эксплуатации ветвей стальных магистральных трубопроводов с учетом гетерогенности свойств среды прокладки труб / Материалы международной конференции. International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. St. Louis, Missouri, USA, April 2022, №1, pp.60-67

Həmmüəlliflərlə birgə işlərdə iddiaçının şəxsi fəaliyyəti:

[1,3,4,5,6,7,11,12,15] – müəllifin sərbəst hazırladığı işlər.

[2,8,9,10,13,14] – işlərində müəllif yeni spektral indeksləri, sızmaların aşkar edilməsi metodikasını, semivarioqramın optimallaşdırılması prosedurlarını, boru xətti trassasına nəzarətin lider-termal üsulunu və optal seçilməsinin riyazi həllini, seysmik təhlükəli zonalarda boru xətlərinin optimal layihələndirilməsi məsələlərini təkib etmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi “25” oktyabr 2022-ci il tarixində, saat 16.00 da Sumqayıt Dövlət Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.25 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Sumqayıt şəhəri, 43-cü məhəllə, Bakı küç. 1, AZ5008
e-mail: info@sdu.edu.az

Dissertasiya işi ilə Sumqayıt Dövlət Universiteti kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları www.sdu.edu.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat “21” sentyabr 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 20.09.2022
Kağızın formatı: A5
Həcmi: 36803
Tiraj: 100