

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYE UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

VÜSAL HAMLET OĞLU HÜSEYNOV

**MÜRƏKKƏB ŞƏRAİTDƏ İSTİSMAR OLUNAN NEFT
KƏMƏRLƏRİNDƏ TEXNOLOJİ PARAMETRLƏRƏ
NƏZARƏT VƏ ONLARIN TƏNZİMLƏNMƏSİ**

**3354.01 “Neft-qaz kəmərlərinin, bazalarının və
anbarlarının tikilməsi və istismarı”**

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

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

Bakı – 2018

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetində yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

Qeylani Minhac oğlu Pənahov

AMEA-nın Riyaziyyat və mexanika institutunun “Maye və qaz mexanikası” şöbəsinin müdiri, AMEA-nın müxbir üzvi, texnika elmlər doktoru

Rəsmi opponetlər:

Sakit Rauf oğlu Rəsulov

ADNSU-nun “Sənaye təhlükəsizliyi və əmək mühafizəsi” kafedrasının müdiri, texnika elmlər doktoru, professor

Mübariz Maşallah oğlu Quliyev

Neftqazəlmitədqıqatlayihə institutu, “Neftin qazın nəqli” üzrə direktor müavini, texnika üzrə fəlsəfə doktoru

Aparıcı təşkilat:

SOCAR Neft Kəmərləri İdarəsi

Müdafiə 29 iyun 2018-ci il tarixdə saat 14⁰⁰-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdindəki D.02.141 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1010, Bakı şəhəri, Azadlıq prospekti 34.

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

Avtoreferat “ 26 ” may 2018-ci il tarixində göndərilmişdir.

**D.02.141 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, t.e.n., dosent**

Ə.V.Məmmədov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Neft yataqlarının istismarında əldə olunan bütün karbohidrogenlər heterogenliyi ilə seçilir. Burada maye-qaz qarışıqlarının və asfalten-qətran-parafin (AQP) tərkibində olan ağır neftlərin boru kəmərləri ilə nəqlində layihə səviyyəsində effektivliyini saxlamaq üçün texnoloji rejimlərinin tədqiqi və həllərinin həyata keçirilməsi vacib məsələlərdəndir.

Bu istiqamətdə bir çox tədqiqatçıların, o cümlədən A.X.Mirzəcanzadə, M.T. Abasov, Ə.B. Süleymanov, R.N. Baxtizin, B.E. Губин, İ.M. Ametov, A.Q.Qalyamov, A.Q. Qumerov, K.R. Aydzadə, R.M. Səttarov, A.X. Şahverdiyev, Q.M. Pənahov, M.M. Hasanov, B.A. Moskovskiy və başqalarının işlərini qeyd etmək olar.

Maye qarışıqlarının birgə nəqlində yaranan təzahürlərin mürəkkəbliyi bir fazalı axınla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Burada problem bunların lazımı qədər öyrənilməməsindən irəli gəlir.

Borularda maye-qaz və AQP qarışıqlarının axınını xarakterizə edən əsas hidrodinamik parametrlərinin dəyişilməsi qanunlarının tədqiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir ki, bu qanunauyğunluqları bilmədən boru nəqli sistemlərinin və boruda gedən texnoloji proseslərin əsaslı layihələşdirməsi mümkün qədər problemlidir. Son zamanlarda qaz-maye axınlarında aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, hətta az sərfdə iki fazalı axın ilə bir fazalı axın arasında əhəmiyyətli dərəcədə fərq var. Buna baxmayaraq, qaz-mayelərin birgə axınlarında, sistematik tədqiqatlar aparılmamışdır.

Tərkibində asfalten-qətran-parafin (AQP) olan ağır neftlərin nəqlində effektivliyinin artırılmasında “xüsusi” üsullardan istifadə olunması tələb olunur.

Magistral neft kəmərlərində iş rejimlərinə nəzarət, kəmərlərdə etibarlılığın artırılması və onların effektiv işlənməsini təmin edən əsas amillərdəndir.

Bu və digər parametrlərin nəzarətdə saxlanması neft kəmərlərinin iş rejimlərinin diaqnozu və vəziyyəti ilə əlaqədar məsələlərin həllini təmin edir.

Neft kəmərlərini düzgün idarə etmək üçün əsas texnoloji parametrlər optimallaşdırılaraq vaxtında nəzarət olunmalıdır.

Belə üsul və təkliflərin hazırlanması nəqldə yarana bilən çətinliklərlə mübarizə aparmağının vacib yollarının axtarılması istiqamətində geniş və düzgün həllərə gətirdiyindən dissertasiya işində həll olunan məsələlər aktualdır.

İşin məqsədi çətin şəraitdə boru kəmərləri ilə nəqldə istismar göstəricilərinin yaxşılaşdırılması məqsədilə parametrlərə nəzarət və tənzimlənməsinin həyata keçirilməsindən ibarətdir.

Tədqiqat üsulları. Qoyulmuş məsələlərin həlli nəzəri və təcrübi yolla modellərin qurulması, neft kəmərləri üzrə faktiki istismar göstəricilərinin emalı, riyazi statistika və proqram vasitələrindən istifadə edilməklə həyata keçirilmişdir.

Elmi yeniliklər. Tədqiqatların elmi yenilikləri aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Borunun “Sərhəd qatı” göstəricilərinin qeyri Nyuton neftlərin özlülük göstəricilərinə təsir etdiyi tapılmış, müxtəlif diametrlə borularda eyni temperaturda reoloji göstəricilərinin müxtəlif qiymətlərə malik olması alınmışdır.

2. Müxtəlif dispers faza nisbətərində qeyri stasionar maye axınlarında yarana biləcək amplitudalar tədqiq edilmiş, xarici təsirlərin bəzi aspektlərinə, o cümlədən gərginlik deformasiyanın dinamikası və deformasiya olunma zamanına birgə baxılaraq, neft və ona (strukturluq xüsusiyyətə malik) dispers faza əlavə olunmuş sistemin reoloji özünü aparmasında qeyri xətti asılılıq alınmış, tiksotropluğa malik strukturlu sistemlərdə əlaqlərin dağılma-bərpa prosesi nəzəri qiymətləndirilmişdir.

3. Neftin kəmərlərlə nəqlində qarışan və qarışmayan əlavələrin mayələrin reoloji xarakteristikalarına və qeyri stasionar proseslərə təsirlərin müxtəlifliyi alınmışdır. Qarışan əlavələr edilən mayələrin reoloji xarakteristikaları əhəmiyyətli dərəcədə onların yeni strukturundan asılı olduğu və sıxlığından asılı olmayaraq mayeyə 5%-ə qədər sərt əlavələr edildikdə, bu sistem ilkin reoloji asılılıqla xarakterizə oluna bilməsi təstiqlənmişdir.

4. Qeyri Nyuton neftlərin nəqli zamanı borunun buraxma qabiliyyətinin termik dayanıqsızlıq şəraitində tənzimlənməsində, qaz qatının yaradılmasının və istilik-fiziki parametrlərinin qiymətləndirməsində bunun nəzərə alınması vacibliyi (istilik keçirmə əmsalı λ və qatın qalınlığı d) göstərilmiş, AQP tərkibində olan neftləri müxtəlif temperaturla qızdırıqda və həlledici qarışıqlar əlavə edildikdə onların reoloji parametrlərində qeyri xətti dəyişilmənin olduğu tapılmışdır.

Müdafio olunan müddəalar:

- Sərhəd qatın qeyri Nyuton neftlərin reoloji parametrlərinə təsirlərinin tədqiqi;

- Strukturluğa malik neftlərdə dağılma-bərpa prosesinin nəzəri qiymətləndirilməsi;

- Termik dayanıqsızlıq şəraitində qeyri-Nyuton neftlərin nəqlində sürüşmə effektivliyinin təsirinin vacibliyinin əsaslandırılması;
- Boruların qalıq neftlərdən təmizlənməsi üçün yeni üsulun işlənməsi.

Praktiki əhəmiyyəti. Baxılan proseslər neft kəmərlərinin düzgün idarəsi üçün əsas texnoloji parametrləri optimallaşdıraraq vaxtında nəzarət etməyə imkan yaradır. Termik dayanıqsızlıq şəraitində karbohidrogen qarışıqlarının nəqli zamanı borunun buraxma qabiliyyətinin tənzimləndirilməsində, sərhəd qatının yaradılmasının və onun istilik-fiziki parametrlərinin xüsusilə istilik keçirmə əmsalı və qatın qalınlığının nəzərə alınması vacibliyini göstərmişdir.

Belə təklif və üsulların hazırlanması nəqldə yarana bilən çətinliklərlə mübarizə aparmağın vacib yollarının axtarılması istiqamətində geniş və düzgün həllərə gətirdiyindən və onların real şəraitdə AzNeft İstehsalat Birliyinin mədənlərində sınaqdan keçirildiyindən iş praktik cəhətdən əhəmiyyətlidir.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri mütəmadi olaraq ADNS Universitetinin “Neftin-qazın nəqli və saxlanması” kafedrası və AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun «Maye və qaz mexanikası şöbəsinin» birgə təşkilatçılığı ilə genişləndirilmiş elmi Seminarında müzakirə edilmiş və bəyənilmişdir. Akademik A.X.Mirzəcanzadənin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq elmi konfransda (Bakı 2013), Rusiyanın Moskva şəhərində RTEA NQPST institutunda keçirilən Elmi Seminarda (2014), AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun 55 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransda (Bakı 2014) Ufa Dövlət Texniki Neft Universitetində Akademik A.X. Mirzəcanzadənin xatirəsinə həsr olunmuş beynəlxalq konfransda (2016), AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun «Maye və qaz mexanikası» şöbəsində (2017), Lvovda (Ukrayna) keçirilən XXIX Beynəlxalq konfransda (2017), Akademik A.C. Hacıyevin anadan olmasının 80 illiyinə həsr olunmuş beynəlxalq konfransda (2017).

Nəşrlər. Dissertasiyanın əsas məzmunu dərc olunmuş 9 işdə öz əksini tapmışdır.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya girişdən, üç fəsildən, 37 şəkildən, 132 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin həcmi 126 səhifədir.

Çap olunmuş elmi işlərdə müəllifin iştirakı. İşdə bəzi məsələlərin qoyuluşu, istisna olmaqla bütünlüklə əsas həllərdə ifadələrin alınması

eksperimentlərdə iştirakı və hesablamaların aparılması dissertasiya müəllifinə məxsusdur.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, dissertasiyanın mövzusunə yaxın işlərin qısa xülasəsi verilmişdir.

Birinci fəsil neft kəmərlərində texnoloji parametrlərə nəzarət edilməsi və tənzimlənməsi üsullarının tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Borularla neftin nəqlində işlərin operativliyinin artırılması, konkret olaraq kəmərlərin məhsuldarlığına vaxtında nəzarəti və iş rejimləri dəyişdikdə onların idarə olunmasını asanlaşdırır. Neft kəmərlərində iş rejimlərin tez bir zamanda optimal olaraq dəyişilməsi tələb olunur ki, onda istifadə olunan stasionar əlaqə daha az bir müddət ərzində pozular.

Magistral neft kəmərlərində iş rejimlərinə nəzarət, kəmərlərdə etibarlılığının artırılması, onların effektiv işlənməsini təmin edən əsas amillərdəndir. Kəmərlərin istismarında nəzarət olunan ən vacib parametrlərə məhsuldarlıq və boruda təzyiqli dəyişilmələri aiddir. Digər nəzarət parametrlərinə nəql olunan neftin temperaturu, xüsusi çəkisi və özlüklüyün dəyişilməsini göstərmək olar.

Bu və digər parametrlərin nəzarətdə saxlanması neft kəmərlərinin iş rejimlərinin diaqnozu və vəziyyəti ilə əlaqədar məsələlərin həllini təmin edir.

Belə müxtəlif məsələlərin qoyuluşunda ümumi bir xarakterik xüsusiyyət mövcuddur ki, optimallaşdırmada kəmərdə texnoloji parametrlər arasında stasionar əlaqələrdən istifadə olunur. Halbuki, bəzi hallarda qeyri-stasionar keçid proseslərə də rast gəlmək olur.

Neft kəmərlərini vaxtında idarə etmək üçün əsas texnoloji parametrlərə vaxtında nəzarət olunmalıdır. Bu parametrlərdən biri boru kəmərinin məhsuldarlığıdır.

Məhsuldarlığa vaxtında nəzarət dedikdə boru ilə nəql olunan neft miqdarının proqnozu nəzərdə tutulur. B.A.Moskovskiy proqnoz məsələnin həllini bir neçə etapa bölür:

- müvafiq proqnoz modelini seçmək üçün neft kəməri və sayğacların tədqiq edərək, mədən eksperimental göstəricilərini alıb, onların ilkin analizini aparmaq;

- proqnoz modelini seçmək və onun effektivliyini mədən göstəriciləri ilə yoxlamaq. Model parametrlərinin ən yaxşılarını təyin etmək;

- qəbul olunan modelə görə ölçmələrin periodikliyini təyin etmək. Burada elə periodiklik nəzərdə tutulur ki, proqnozda səhvlər minimal olsun.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində alınan təkliflər praktik nöqteyi nəzərdən faydalı olmalıdır.

Boru kəmərlərinin məhsuldarlığına nəzarət məsələsi, o cümlədən vaxtında nəzarət, boru kəmərlərlə neft və neft məhsullarının effektiv nəqlində vacib həll olunan məsələlərdəndir. Hal-hazırda bir çox neft yataqların istismarında ağır neftlərə rast gəlinir.

Tərkibində asfalten-qətran-parafin (AQP) olan belə ağır neftlərin bir çox yataqlarda olması proqnozlaşdırılır ki, istilik-energetika sahəsində bu cür qiymətli məhsulun istifadəsinə çox ehtiyac vardır. Bunların nəqldə effektivliyinin artırılmasında xüsusi üsulan istifadə olunması tələb olunur.

Belə təklif və üsulların hazırlanması nəqldə yarana bilən çətinliklərlə mübarizə aparmağa vacib yolların axtarılması istiqamətində geniş və düzgün qərarların qəbuluna gətirir.

Odur ki, bu fəsildə həmçinin qeyri Nyuton neftlərin reofiziki parametrlərinin proqnoz və tənzimlənməsində də baxılır. Yüksək özlülüklü və parafin tərkibində olan neftlərin istismarının artması onların nəql edilməsində optimal reoloji parametrlərinə tələbatını artırır. Əsasən yüksək özlülüklü neftlərin nəqlində energetik xərclərin azaldılması aktual problem kimi özünü göstərir.

Anomallıq xüsusiyyəti ilə seçilən yüksək özlülülüyə malik neftlərin nəqlində vacib məsələ olan enerji xərclərin azaldılması ən çox nəql edilən sistemin reofiziki xarakteristikasından asılıdır.

Burada mayenin real xüsusiyyətinin yazılışı əsasən üç göstərici ilə özlü, elastiki və xətti elastiki forma ilə xarakterizə edilir.

Xətti özlü elastiki mühitlərdə xarici təsirdən dissipasiya və ehtiyat olunan işlərin bir-birinə nisbəti bu sistemlərdə relaksiyaya xüsusiyyəti ilə qiymətləndirilir.

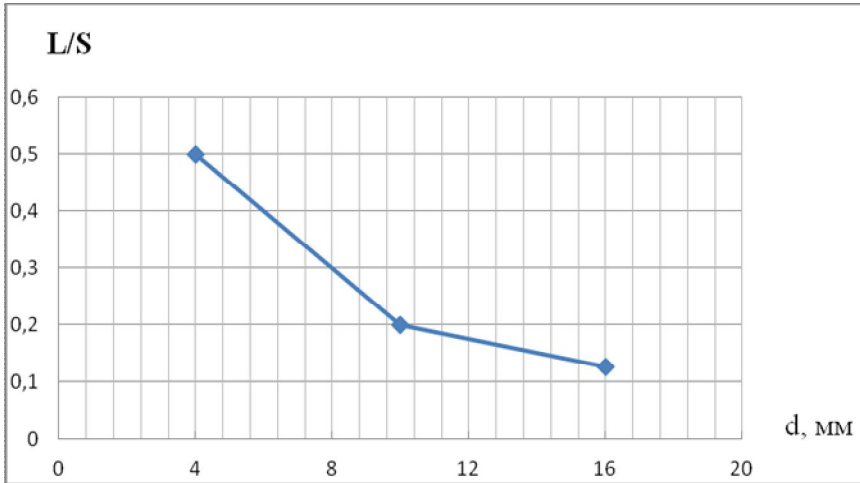
Mayelərdə özlülükdə anomallıqla əlaqədar olan (τ və ya γ) reoloji xüsusiyyətlər isə əsasən tədqiq olunan sistemlərdə elastiklik xarakteri ilə səciyyələnirlər.

Burada mühitlər elastiklik, plastiklik, xətti özlü elastiklik və qeyri xətti elastiklikləri ilə seçilir.

Birinci fəslin üçüncü yarım fəslində qeyri Nyuton neftlərin reoloji parametrlərinə sərhəd qatların təsiri tədqiq edilmişdir.

Bu təsirlərin təzahürü neftin reoloji dəyişilmələrinə və tətbiq proseslərində kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinin dəyişilmələrinə gətirib reoloji xüsusiyyətlərinə təsirinə baxılmışdır.

Şəkil 1-də sərhəd qatı göstəricilərinin L/S (burada L -boruda çevrə uzunluğu $L = 2\pi R$, S -en kəsik sahəsi $S = \pi R^2$) müxtəlif diametrlərdən $d = 4,10,16\text{mm}$ asılılığı göstərilmişdir.



Şəkil 1. Sərhəd qatı göstəricisinin müxtəlif diametrlərdən asılılığı

Şəkildən görüldüyü kimi bu asılılıq borunun diametrindən asılı olaraq qeyri xətti dəyişilir. Belə olduğu halda, kapilyar viskozimetrdə diametrin dəyişilməsi eyni mayedə, reoloji parametrlərdə müxtəlif qiymətlərin alınmasına gətirə bilər ki, bu da növbəti tədqiqatlarda parametrlərdə düzəliş edilməsinin vacibliyini əsaslandırır.

Tədqiqatlar nəticəsində borunun parametrlərinin müxtəlif temperaturlarda qeyri Nyuton neftlərin dinamik özlülüyünə müxtəlif təsir göstərdiyi alınmışdır.

Qeyd olunan reoloji tədqiqatlar neft yataqlarının istismarı və neftlərin magistral borularla nəqli layihələndirmələri məsələlərin həllində alınan nəticələrin xətalara yol verməmək məqsədini güdür.

İkinci fəsil neft kəmərlərlə nəqldə qeyri stasionar proseslərin tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Burada birinci yarımfəsildə karbohidrogenlərin boru sistemlərlə axınlarında istilik-kəçmə hallarına baxılmışdır.

Neft kəmərlərinin qeyristasionar rejimdə işləməsinin öyrənilməsində, tənzimləmə sisteminin tətbiqi, boru divarlarının materialının gərginlik xüsusiyyətinin qiymətləndirilməsi, neft

məhsullarının nəqli və layihələndirmə ilə əlaqədar bir sıra məsələlərin həllində zəruridir.

Riyazi mənada, neft məhsulların (su, neft qaz) nəqlini, rəqsi sistemlər kimi qəbul etmək olar ki, onlarda qeyri stasionar proseslər xüsusi törəməli differensial tənliklərlə ifadə olunur.

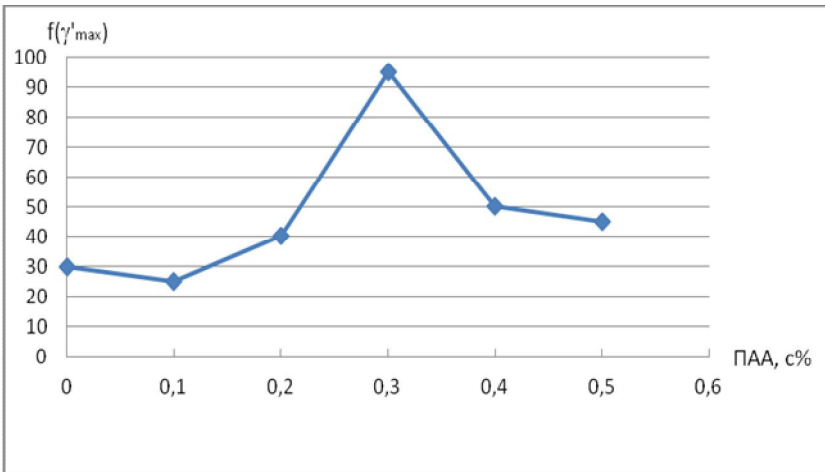
Neft kəmərlərində bu proseslərin davam etmə müddətinin qiymətləndirilməsi üçün, sistemin “integral” xarakteristikalarını miqdarca düzgün əks etdirən modeldən istifadə edilir.

Burada vacib məsələlərdən biri ondan ibarətdir ki, reoloji mürəkkəbsistemlərdə struktur dağılması həmişə qərarlaşmamış qeyristasionar rejim əmələ gətirə bilər.

Ona görə də müxtəlif dispers faza nisbətlərində qeyristasionar axında yarana biləcək amplituddların tədqiq edilməsi vacib şərtlərdən ola bilər.

İşdə heterogen mayelərin müxtəlif komponent tərkibi və dəyişilən xarici təsirlərin bəzi aspektlərinə, o cümlədən gərginlik deformasiyanın dinamikası və deformasiya olunma zamanına birgə baxılmışdır.

Ekspərimətlərin nəticələri göstərmişdir ki, bu parametrlər arasında tədqiq olunan sistemlərdə müəyyən gecikmə mövcuddur. Şəkil 2-də laboratoriya tədqiqatları nəticəsində tədqiq olunan neft və neftə əlavə olunmuş 0,1% PAA-in müxtəlif konsentrasiyalarından alınmış nəticələr göstərilmişdir.



Şəkil 2. Müxtəlif deformasiyalarda amplitudaların $f(\dot{\gamma}_{\max})$ neftin 0,1% PAA-nın suda məhlulunun müxtəlif konsentrasiyalarından asılılığı

Burada effektiv özlülüyün sürüşmə sürətindən asıllı qərarlaşmış axın rejiminə kimi maksimal qiymətlərində yaranan əyri qurulmuşdur.

Polidispers neftpolimer kompozisiyalarda 0,1% - li polimerin neftin tərkibinə əlavə olunmaqla aparılan bu təcrübələr onu göstərdi ki, polimerin konsentrasiyasının artırılması $|\eta^*| = f(\eta_{\min}^*)$ asıllılığında özlülükdə amplituda dəyişməsi qeyri stasionar xarakter daşıyır.

Kortəbii olaraq yaranan relaksasiya – tiksotropu sönən rəqslərin strukturlu sistemlərdə əlaqlərin dağılma-bərpa prosesi aşağıdakı şəkildə qiymətləndirilir.

Tutaq ki, ω_0 sistemin məxsusi tezliyi, ξ - sönmə əmsəlidir. Onda, sönmə prosesi məlum aşağıdakı differensial tənliklə yazılır:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\xi\omega_0 \frac{dx}{dt} + \omega^2x = 0$$

Tənliyin xarakteristik kökləri belə tapılar.

$$\lambda_1 = \omega_0 \left(-\xi + \sqrt{\xi^2 - 1} \right)$$

$$\lambda_2 = \omega_0 \left(-\xi - \sqrt{\xi^2 - 1} \right)$$

Bizim halda zəif sönmə olduğundan $\xi < 1$. Onda, xarakteristik tənliyin həlli iki qoşma kompleks köklərlə ifadə olunur.

$$\lambda_{1,2} = -\omega_0\xi \pm i\omega_0\sqrt{1 - \xi^2}$$

Tənliyin həllini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$x(t) = e^{-i\omega_0 t} (C_1 \cos(\omega_0 t) + C_2 \sin(\omega_0 t))$$

harada, $\omega_d = \omega_d = \omega_0\sqrt{1 - \xi^2}$ sönən rəqslərin məxsusi tezliyi

C_1 və C_2 sabitlər olub başlanğıc şərtlərdən tapılır.

$$x(0) = a, \quad \frac{dx}{dt}(0) = b$$

$\xi = \frac{1}{\theta}$ - dən təyin olunan θ parametri relaksasiya zamanı adlanır ki, özü də zamana görə azalır.

Beləliklə, xarici təsirlərdən komponent tərkibi dəyişilən heterogen fluidlərin reoloji aspektlərin mayelərin axın və süzülmələrində nəzərə alınması aktual məsələlərdən ola bilər. Tədqiqatlar nəticəsində dispers fazaların müəyyən həcmələrində və sürüşmə sürətində fluidlərin axın və sıxışdırma xarakteristikalarının yaxşılaşması təsdiqlənmişdir.

İkinci fəslin ikinci yarım fəslində qarışan və qarışmayan əlavələrin mayelərin reoloji xarakteristikalarına təsirlərinin tədqiqinə baxılmışdır.

Aparılan eksperimental tədqiqatlar onu göstərmişdir ki, qarışan əlavələr edilən mayelərin reoloji xarakteristikaları əhəmiyyətli dərəcədə onların yeni qatılığından, qarışmayan əlavələrlə bir yerdə reoloji təsvirləri isə özünə xas olan asılılıqla yerinə yetirilir. Qatılığından asılı olmayaraq mayeyə 5%-ə qədər bərk əlavələr edildikdə, bu sistem bir reoloji asılılıqla, öz əvvəlki reologiyası ilə xarakterizə olunduğu təsdiqlənmişdir.

İkinci fəslin üçüncü yarım fəslində Axınlarda boru kəmərləri və maye temperatur düşkünlərinin hidravliki xarakteristikalara təsirləri tədqiq olunmuşdur.

Məlumdur ki, qazlı mayələrdə temperatur dəyişməsi qaz ayrılmasına səbəb olur. Burada borunun daxili səthində yaranan qaz mayenin strukturuna təsir etməklə bərabər, divar qatında sürüşmə qatının yaranmasına, o cümlədən hidravliki parametrlərə də təsir edə bilər. Burada neft ilə onu əhatə edən mühit arasında əmələ gələn temperatur dəyişikliyi nəql edilən qazlı maye axının sərhədində qaz ayrılmasına gətirir. Əmələ gələn qat borunun ötürmə qabiliyyətinin artırılması üçün həlledici faktor ola bilər.

Neftə boru divarının təsirini daha dəqiq öyrənmək üçün kapilyar viskozimetrdə laboratoriya təcrübələri aparılmışdır. Borunun daxili temperatur ilə ətraf mühit arasındakı temperatur dəyişməsinin şərtlərini saxlamaqla, nəql edilən neftin temperaturu dəyişdirilmişdir. Belə ki, neftin temperaturu $T_1=283...313K$, borunun xarici səth temperaturu isə (ətraf mühit) $T_2=293K$ -ə çatdırılmışdır. Eksperimentlərin nəticələri şəkl. 3 -də göstərilmişdir.

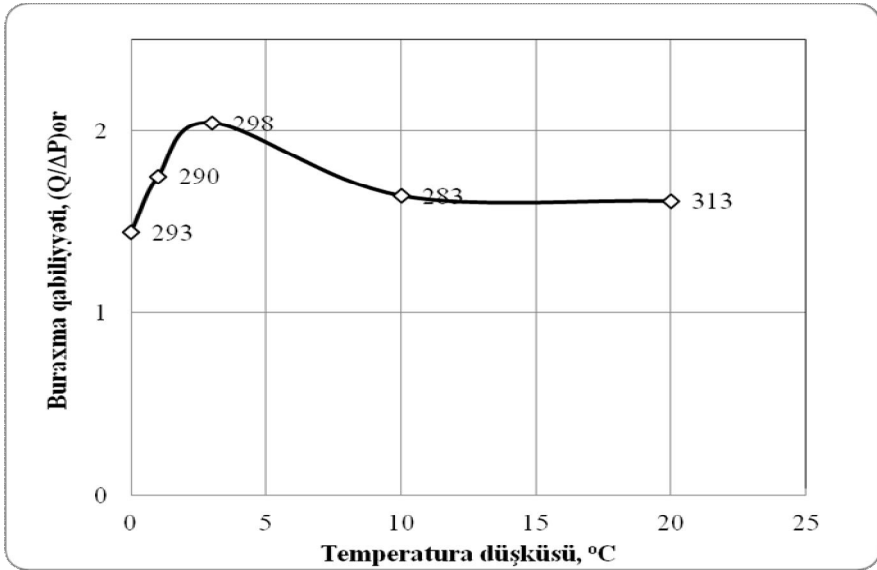
Təqdim olunan asılılıqlardan görünür ki, minimal temperatur fərqi boru səthində tədqiq olunan neft üçün keçiricilik maksimal qiymət alır.

Təcrübə araşdırmaları göstərir ki, neft və ətraf mühit arasında temperaturun dəyişmə şəraitində kəmərlərdə qaz-maye axınında mühitlərin kontakt sərhədində fasiləsiz qaz əmələ gəlməsi baş verir. Bu da nəzarət və tənzim etmə üçün vacib şərtlərdən ola bilər.

İkinci fəslin dördüncü yarım fəslində karbohidrogen axınlarında qaz ayrılımalarının hidrodinamik parametrlərə təsir xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur.

Boru kəmərlərində temperaturun dəyişməsi ətraf mühitlə sel arasında istilik mübadiləsi nəticəsində yaranır. Məlum şərtlər daxilində temperaturaya müxtəlif proseslər təsir edə bilər: çıxarılan məhsulun buxarlanması və kondensasiyası, qazın genişlənməsi, hidravliki müqavimətin aşması, parafinin kristallaşması və əriməsi və s.

Bunlardan və həmçinin borularda yaranan digər yüksək tezlikli dalğa prosesləri bir halda istismar etibarlılığını azaldır, digər halda isə neftin nəqlində effektivliyini artırır.



Şəkil 3. Sərfin temperatur düşküsi dəyişməsindən asılılığı

İşdə borudakı bu daxili proseslərin temperatura təsirləri tədqiq olunmuşdur. Karbohidrogen sistemlərin nəqli şərtləri üçün boru daxilində metal səth ilə mayenin toxunma sərhədində yaranan qaz qabarcıqlarının termik müqaviməti böyük təsirə malik olduğundan, qaz qabarcıqlarına keçən aktiv mərkəzlərin sayı borunun materialından və temperaturlar fərqiindən asılı olub, bunların artması ilə daha da artır.

Əgər temperaturlar fərqi $\theta_{0\max}$ kritik temperaturu aşarsa onda adətən 5-10⁰C qaz qabarcıqları tez-tez boru səthinin yaxınlığına yığılır. Bu zaman boru səthi, demək olar ki, müntəzəm qaz qatı ilə örtülür. Bu da termik izolyasiyaya və temperatur axının intensivliyinin azalmasına gətirib çıxarır. Qaz qabarcıqlarına bitişən termik izolyasiya mikroqatının qalınlığı bəzi çevirmələrdən sonra

$$d(t) = \frac{\rho_2 \ell}{\rho_1 c} C_1 (t_1 - t)$$

şəklində tapılır.

İşdə boru maye toxunma sərhədində temperatur dəyişməsinin borunun buraxma qabiliyyətinə təsirinin qiymətləndirilməsi üçün, Buzovna-Sabunçu neft kəmərinə, mədən şəraitində (SOCAR) təcrübə sınaqı aparılmışdır.

Təcrübə prosesində ətraf mühidə temperatur dəyişmələrinin və borunun buraxma qabiliyyətinin qrafiki asılılıqları qurulmuşdur.

Alınan asılılıqlardan müəyyən olmuşdur ki, temperaturu və borunun buraxma qabiliyyəti rəqsi xarakterə malikdirlər. Ona görə də, bu göstəricilər arasında birbaşa əlaqələrin yaratması mümkün olmamışdır. Bunun üçün ətraf mühitin temperatur dəyişmənin borunun buraxma qabiliyyətinə olan təsirini təyin etmək üçün EHM-da onların qarşılıqlı korrelyasiya funksiyasının qiymətləri hesablanmışdır.

Burada qarşılıqlı korrelyasiya funksiyasının maksimal qiyməti 0,48-dən artıq olmamışdır. Bu da, temperatur dəyişmə ilə borunun ötürücü qabiliyyəti arasında qarşılıqlı əlaqənin olmadığını təsdiq etmişdir.

Sonrakı mərhələdə mədən şəraitində borunun buraxma qabiliyyətinin zamandan asılılığı qiymətləndirilmişdir. Həmin neft kəmərinə nəql edilən maye və ətraf mühit ($T=303^0K$) arasında temperaturlar fərqi kiçik qiymətlərində real göstəricilər qeyd olunur.

Çoxfazlı sistemlərin kəmərlərilə effektiv nəqli şərtlərindən biri də (neft, təbii qaz) qaz qatının istilik-fiziki parametrlərinin nəzərə alınmasıdır ki, bu da istilik keçirmə əmsalı λ və qatın qalınlığı d ilə təyin olunur. Bu istiqamətdə qanunauyğunluqlar, çoxfazlı axınların rejimlərinə nəzarət etməyə imkan verir.

İkinci fəslin beşinci yarım fəslində boru kəmərlərində qaz əmələgəlmənin termoizoləedici qatın qalınlıq parametrinə təsiri tədqiq olunmuşdur.

Boru kəmərlərinin effektiv istismarı məhz istilikdaşıyıcısının temperaturunun tənzimləməsi və boru divarları vasitəsilə istilikkeçirmə prosesləri ilə bağlıdır.

Nəzarət və tənzim etmə üçün vacib şərtlərdən olan istilikdaşıyıcısının temperaturunun tənzimləməsi olduqca çətin şərtidir. Bu eyni zamanda yüksək tezlikli dalğa proseslərin yaranmasına gətirib çıxardır və öz növbəsində boru kəmərinin istismar göstəricilərini aşağı salır. Əmələ gələn yüksək tezlikli rəqslər boru kəmərinin buraxma qabiliyyətini bərpa etmək üçün tənzimləmə amili kimi istifadə oluna bilər. Buna görə də işdə mümkün temperatur dəyişmələrinin rəqslərin tezlik və amplituda diapazonları və izolə örtüklərin istilik keçirmə xüsusiyyətləri həll olunmalıdır.

Bu istiqamətdə bir çox tədqiqatçıların, o cümlədən A.X.Mirzəcanzadə, V.J. Çernikin, V.G. Şuxov, R.N. Baxtizin, B.E. Губин, R.M. Səttarov, Q.M. Pənahov və başqalarının işlərini qeyd etmək olar.

Boru kəmərinin lazımı termoizolyasiyasının təmini nəql edilən tərkibin tənzimlənmiş temperatur rejiminə müdaxilələrdən daha üstündür. İşdə boru kəmərinə temperaturlar fərqindən qazəmələgəlməni nəzərə almaqla seçilmiş termoizolyasiya qatının qalınlığının hesablaması alqoritmi tədqiq olunur.

“Qaz qatı”nın termofiziki parametrlərini nəzərə alaraq borunun qalınlığının hesablaması ilə termoizolyasiya edilmiş materialın effektiv layihələndirmə şərtləri aşkar edilir. Məlum t_v və a_2 qiymətlərində $d_{iz}/d_{iz.olm.}$ tapmaqla izoləedici qatın qalınlığı belə tapılır.

$$\delta = \frac{d_b}{2} \left(\frac{d_{iz}}{d_{iz.olm.}} - 1 \right)$$

Burada, t_v – borudaxili divarın verilmiş temperaturu, $^{\circ}\text{C}$

a_2 - boruda ətraf mühitə istilikvermə əmsalı, $\text{kkal/m}^2 \cdot \text{saat} \cdot \text{dərəcə}$

$$a_2 = \frac{2\lambda_{ikm}}{\ell n \frac{4h}{d_{iz}} + a_0 \frac{\lambda m}{h}}$$

λ_{ikm} - mühitin istilikeçirmə əmsalı, kkal/m²•saat•dərəcə, h – borunun yerləşmə dərinliyi m-lə, a_0 – torpaq ilə mühit arasında effektiv istilikeçirmə əmsalı, kkal/m²•saat•dərəcə.

Üçüncü fəsilə boru kəmərlərlə nəqldə effektivliyinin artırılması üsullarının işlənməsi ilə əlaqədar idarəolunma məsələlərinin həlləri verilmişdir.

Üçüncü fəslin birinci yarımfəslində naməlum şəraitdə flüidlərin borularla nəql olunmasının tənzimlənməsinə baxılır.

Aydın olduğu kimi neftqaz məhsullarının boru kəmərləri ilə nəqlində effektivlik, ilkin informasiyada olan naməlumluqları nəzərə almaqla, kəmərlərin hidrodinamik və konstruktiv xarakteristika şəraitinin təyininədən asılıdır.

Hasil olunan neftin həcmindən asılı olaraq naməlum faktorlar da dəyişilə bilər.

Burada naməlumluqlar kimi qazma tempi, istismara verilən quyuların sayı, laya təsir və s. götürülmüşdür.

Üçüncü fəslin ikinci yarımfəslində karbohidrogenlərin borularla nəqlində effektivliyinin artırılması üçün bəzi üsullar verilmişdir.

Üçüncü fəslin üçüncü yarımfəslində qeyri Nyuton neftlərin reofiziki xüsusiyyətlərinə istilik və kimyəvi təsirləri tədqiq olunmuşdur.

Tərkibində AQP olan neftlərdə temperaturla əlaqədar çox vaxt bəzi effektlərin olması müşahidə olunur. Alınan nəticələr arasında daha cəlbədicə fakt ondan ibarət olmuşdur ki, 301–313 K temperatura ilə işləndikdən sonra təkrar $T=278–299$ K temperaturada özlülüyü ölçükdə müəyyən tərkibli neftlərdə «mənfi» və ya «müsbət» özlülüyə malik anomallılıq, yəni birdən özlülüyün dəyişməsi, həmçinin tətqiq olunan flüidlərin reoloji xüsusiyyətlərin də xeyli dəyişildiyi müşahidə olunur.

Neftlərin reoloji xarakteristikalarına temperaturla işlənmədə qızdırmadan sonra statiki və həmçinin dinamik şəraitdə yerinə yetirilən soyutma tempi xeyli təsir edir. Bu halda soyutma tempi sonda reoloji parametrlərin stabil qiymətlərinin dəyişilməsinə gətirir. Burada termiki işlənmədən sonra müəyyən olunmuş temperaturada özlülük, əvvəlki ölçüdən az olur. Adı istifadə olunan termoislənmədən temperatur effekt oblastı temperatur diapazonu ilə örtülür, ona görə də aydındır ki, temperatur diapazonunda parafinlər arasında, asfaltın və qətranların kristallaşmasında neftdə onların konsentrasiyalarından asılı olaraq faza dəyişilmələri mürəkkəb mexanizm əlaqələri ilə həyata keçirilir.

Bildiyimiz kimi Nyuton özlü axını qanununa tabe olan neftlərin reoloji xüsusiyyətləri tam olaraq bir parametr, özlülük əmsalı ilə yazılır. Praktiki olaraq dağılmayan strukturlu özlülüyün, dağılan strukturlu özlülükdən fərqli, ikinci halda neftdə olan dinamik sürüşmə gərginliyinin qiyməti ilə təyin olunan özlülükdə anomallığın dərəcəsi ilə xarakterizə olunmasıdır.

Dissertasiya işinin bu fəslində nisbətən aşağı temperaturda təsirin özlülükdə anomallığa, sürüşmə gərginlikdə ilkin qiymətə və həmçinin sərt qeyri Nyuton xüsusiyyətləri özündə əks etdirən neftlərin reoloji parametrlərin dəyişilməsinin tədqiqinə baxılmışdır.

Müəyyən olunmuş temperatur diapazonunda tədqiq olunan neftdə özlü-elastik xarakterin olması özünü göstərdiyindən özlülüyün dəyişməsi və ilkin sürüşmə gərginlik dinamikasında ayrılımlar müşahidə olunur. Bununla əlaqədar həm də onu demək olar ki, temperaturda işlənmədə parafin tərkibində olub, struktur yaranan neftlərdə kristallik oblastının sərhədinə temperatur cəbhəsi təsir göstərir.

İstilik dalğasının kristalların içərisinə girməsində dinamik hal ilkin prosesdəki xarakterdən fərqlidir.

Struktur dağıdıcı əsasə malik əlavənin təsirini öyrənmək üçün tədqiqatlarda poliizobutilen (PIB) istifadə olunmuşdur.

Tədqiqatlar rotasion viskozimetr HAAKE Rheostress-600 deformasiyanın γ müxtəlif qiymətlərində, dinamik asılılıq ayrılıqları çıxarılaqla aparılmışdır. Müxtəlif konsentrasiyalarda PIB əlavə olunmaqla çıxarılan sürüşmə sürətindən asılı özlülüyün dəyişməsi ayrılıqları alınmışdır.

Alınan nəticələr onu göstərmişdir ki, az PIB əlavə olunduqda (az konsentrasiyada) müəyyən sürüşmə sürətində özlülüyün qiyməti azalır. Daha böyük konsentrasiyalarda və 298 K temperaturada özlülük artır, yəni bu dəyişmə qeyri xətti asılılıqla malik olur.

Üçüncü fəslin dördüncü yarım fəslində boru kəmərlərində AQP çökmələri və onlara qarşı mübarizə üsullarının tədqiqləri verilmişdir. Burada AQP çöküntülərinin yaranma şərtləri araşdırılmış və bu çöküntülərə qarşı mübarizə üsulları tədqiq olunaraq yeni üsul təklif olunmuşdur.

Üçüncü fəslin beşinci yarım fəslində müxtəlif relyefli və dəyişən diametrlili boru kəmərlərindən qalıq neftlərin sıxışdırılmasında özlü-elastiki sistemlər istifadə olunmaqla effektiv üsulun işlənməsi vacibliyi göstərilmişdir.

Özlü–elastiki tərkibdən istifadə edilməklə aparılan laboratoriya tədqiqatlarının nəticələri N.Nərimanov adına NQÇİ-nin istismardan saxlanılmış neft borusunda sınaqdan keçirilmişdir.

Teleskopik konfigurasiyalı quruluşa malik borunun uzunluğu $L = 1200m$ və diametri $d = 120$ və $230mm$ olmuşdur. Su ilə qabaqcadan yuyulan borudan özlü-elastiki sistemlə sıxışdırma nəticəsində $4,28 m^3$ neft əldə olunmuşdur ki, bu da həmin boru həcmnin $8,6\%$ -ni təşkil edir.

Belə boru kəmərlərinin ümumi həcmələrinin NQÇİ-də $4000 m^3$ - olduğu müəyyən olunmuşdur. Belə olduğu halda $5-10\%$ əlavə neftin alınması mümkünlüyündən əldə olunan əlavə neft təqribən $344 t$ olar. Bundan gözlənilən iqtisadi səmərə hazırki şəraitdə 123840 AZN təşkil edir.

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

1. Borunun “Sərhəd qatı” göstəricilərinin qeyri Nyuton neftlərin özlülük göstəricisinə təsir etdiyi tapılmışdır.

2. Müxtəlif diametrli borularda eyni temperaturda reoloji göstəricilərinin müxtəlif qiymətlərə malik olması alınmışdır.

3. Müxtəlif dispers faza nisbətlərində qeyri stasionar maye axınlarında yarana biləcək amplitudalar tədqiq edilmiş, xarici təsirlərin bəzi aspektlərinə, o cümlədən gərginlik deformasiyanın dinamikası və deformasiya olunma zamanına birgə baxılaraq, neft və ona (strukturluq xüsusiyyətlə malik) dispers faza əlavə olunmuş sistemin reoloji özünü aparmasında vacib effektlər alınmışdır.

4. Tikotropluğu malik strukturlu sistemlərdə əlaqələrin dağılma-bərpa prosesi nəzəri tədqiq olunaraq qiymətləndirilmişdir.

5. Neftin kəmərlərlə nəqlində qarışan və qarışmayan əlavələrin mayələrin reoloji xarakteristikalarına və qeyri stasionar proseslərə təsirlərin müxtəlifliyi alınmışdır. Qarışan əlavələr edilən mayələrin reoloji xarakteristikaları əhəmiyyətli dərəcədə onların yeni strukturundan asılı olduğu və sıxlığından asılı olmayaraq mayeyə 5%-ə qədər sərt əlavələr edildikdə, bu sistem ilkin reoloji asılılıqla xarakterizə oluna bilməsi təsdiqlənmişdir.

6. Qeyri Nyuton neftlərin nəqli zamanı borunun buraxma qabiliyyətinin termik dayanıqsızlıq şəraitində tənzimlənməsində, qaz qatının yaradılmasının və istilik-fiziki parametrlərinin qiymətləndirməsində bunun nəzərə alınması vacibliyi (istilik keçirmə əmsalı λ və qatın qalınlığı d) göstərilmişdir.

7. AQP tərkibində olan neftləri müxtəlif temperatürə qızdırdıqda və hələdici qarışıqlar əlavə edildikdə onların reoloji parametrlərində qeyri xətti dəyişilmənin olduğu tapılmışdır.

8. Çətin şəraitdə istismar müddəti başa çatmış neft kəmərlərindən qalıq neftlərin özlü-elastic sistemlərlə çıxarılmasının vacibliyi göstərilmişdir.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə dərc olunmuşdur

1. Hüseynov V.H. Neft kəmərlərində qeyri stasionar proseslərin qiymətləndirilməsi / Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun 55 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransın materialları, 2014, s. 136

2. Bakhtizin R.N., Panakhov G.M., Guseynov V.G. Rheological characteristics of the fluid with fillers // Electron scientific journal “Oil gas” 2015, №1, p.178-200 (<http://www.ogbus.ru>)

3. Панахов Г.М., Аббасов Э.М., Гусейнов В.Г., Мусейбли П.Т. Влияние газовыделения на гидравлические характеристики течения жидкости в трубопроводе // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 2015, №2, с. 19 - 22

4. Панахов Г.М., Аббасов Э.М., Юзбашиева А.О., Гусейнов В.Г. Теплоперенос при течении газожидкостных углеводородных потоков в трубопроводных системах // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 2015, №3, с. 3 - 7

5. Панахов Г.М., Аббасов Э.М., Агаева Г.Р., Гусейнов В.Г. Практические расчеты тепловой изоляции трубопроводов // Азербайджанская Нефтяная Хозяйства, 2015, № 11, с.32-35

6. Панахов Г.М., Аббасов Э.М., Гусейнов В.Г. и др. Реологические свойства структуро-образующих дисперсных систем // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2016, №2, с.134-140 (<http://www.ogbus.ru>)

7. Panahov G.M., Abbasov E.M., Guseynov V.G., Museibli P.T. Regulation of pipeline transport of heterogeneous systems in condition of uncertainty of initial parameters/ XXIX International Conference Problems of Decision Making unde Uncertainties, Ukraine, 2017, p.97-98.

8. Панахов Г.М., Аббасов Э.М., Исмаилов Ш.З., Гусейнов В.Г. Реологическое поведение структуро-образующих дисперсных систем при течении в трубах / Международная научно-техническая конференция, посвященная памяти академика А.Х. Мирзаджанзаде. Сборник тезисов, г. Уфа, 2016, с. 129-130

9. Panahov G.M., Abbasov E.M., Yurbashiyeva A.O., Guseynov V.G. Control of the disturbances development in the boundary layer under the flow of heterogeneous fluid in the pipes / Modern problems of mathematics and mechanics Proceedings of the international conference devoted to the 80-th anniversary of academician Akif Gadjiyev. Baku, 2017, p.168

**КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПАРАМЕТРАМИ НЕФТЯНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ,
ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Диссертационная работа посвящена исследованию методов контроля и регулирования эксплуатационных показателей нефтяных трубопроводов, эксплуатирующийся в осложненных технологических условиях и поиску путей предотвращения возможных аварийных ситуаций.

В работе выявлены и решены следующие задачи:

1. Влияние параметров «пограничного слоя» трубопровода на показатели вязкости транспортируемых неньютоновских нефти.
2. Различие в реологических параметрах нефти в трубопроводах различного диаметра и при постоянной температуре.
3. Амплитуды колебаний, выявлена нелинейная закономерность реологического поведения нефти.
4. Теоретическая оценка процесса разрушения-восстановления структурированных систем.
5. Различие во влиянии растворимых и нерастворимых добавок на реологические характеристики и нестационарные процессы при транспортировке нефти.
6. Показана важность регулирования пропускной способности трубопровода.
7. Нелинейность изменения реологических параметров нефти с асфальто-смоло-парафиновыми включениями.
8. Важность извлечения остаточной нефти вязко-упругими системами из трубопроводов с истекшим сроком эксплуатации в осложненных условиях.

**MONITORING AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL
PARAMETERS OF OIL PIPELINES OPERATED IN
COMPLICATED CONDITIONS**

The thesis is devoted to the study of methods for controlling and regulation of exploitation indicators of oil pipelines complicated in technological conditions, and the search for techniques to prevent possible accidents.

The following tasks have been revealed and solved:

1. The influence of the "boundary layer" parameters of the pipeline on the viscosity parameters of transported non-Newtonian oils.
2. The difference in rheological parameters of oils in pipelines with different diameters and constant temperature.
3. The amplitudes of oscillations arising in the process of non-stationary flow of fluids with different ratios of the dispersed phase. The nonlinear regularity of rheological behavior of oils and structured oil systems.
4. The theoretical estimation of the «destruction-restoration» process of structured systems.
5. The difference in the effect of soluble and insoluble additives on the rheological characteristics and non-stationary processes in oil transportation.
6. The importance of regulating the pipeline capacity under the conditions of thermal instability, gas layer formation.
7. The nonlinearity of changes in rheological parameters of oils with asphalt-resin-paraffinic inclusions under different rates of their heating and additives of soluble fillers.
8. Importance of the extraction of residual oil from the pipelines under complicated conditions using viscos-elastic system.

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

На правах рукописи

ГУСЕЙНОВ ВУСАЛ ГАМЛЕТ оглы

**КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПАРАМЕТРАМИ НЕФТЯНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ,
ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**3354.01 – «Строительство и эксплуатация нефтегазовых
трубопроводов, баз и хранилищ»**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации, представленной на соискание
ученой степени доктора философии по технике

Баку – 2018