

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## QAZMA MƏHLULLARININ REOFİZİKİ VƏ HİDRODİNAMİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN MULTİFAZALI TEKNOLOGİYALAR ƏSASINDA TƏNZİMLƏNMƏSİ

İxtisas: 2523.01 – “Quyuların qazılması texnologiyası”

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Əmrah Pərviz oğlu Qulubəyli**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

### **AVTOREFARATI**

**BAKİ – 2026**

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin “Neft-qaz mühəndisliyi” kafedrasında həyata keçirilmişdir.

Elmi rəhbər:

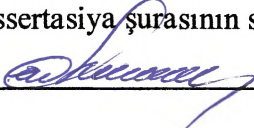
texnika elmləri doktoru, professor  
**Qafar Qulamhüseyn oğlu İsmayilov**

Rəsmi opponentlər:

AMEA-nın müxbir üzvü,  
texnika elmləri doktoru, professor  
**Qalib Məmməd oğlu Əfəndiyev**  
texnika üzrə fəlsəfə doktoru  
**Piri Məmmədpaşa oğlu Quluzadə**  
texnika üzrə fəlsəfə doktoru  
**Qabil Abdulla oğlu Rzayev**

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.03 Dissertasiya Şurası

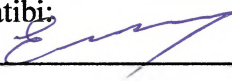
Dissertasiya şurasının sədri:



---

texnika elmləri doktoru, professor  
**Elman Xeyrulla oğlu İskəndərov**

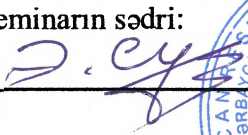
Dissertasiya şurasının elmi katibi:



---

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Yelena Yevgenyevna Şmonçeva**

Elmi seminarın sədri:



---

texnika elmləri doktoru, professor  
**Eldar Məmməd oğlu Süleymanov**

**İmzaları təsdiq edirəm**

ADNSU PHŞ-nin elmi katibi,  
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent



**İ.N. Əliyev**



## **İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Məlumdur ki, neft və qaz quyularının səmərəli qazılması qazma məhlullarının iştirakı ilə aparılır, reofiziki və hidrodinamiki xüsusiyyətlərinin tənzimlənməsini tələb edir. Neft və qaz quyularının qazılması zamanı istifadə olunan qazma məhlullarını insan bədənində dövr edən qan qədər vacib olduğunu vurğulayanlar heç də yanılmırlar. Qazma prosesinin təhlükəsiz və uğurla başa çatdırılması üçün qazma məhlullarının düzgün seçilməsinin çox böyük əhəmiyyəti vardır. Qazma məhlullarının reofiziki və hidrodinamiki xüsusiyyətləri qazmanın bir neçə parametrinə - qazılan quyu intervallarının mexaniki süxur hissəciklərindən təmizlənməsinə, qazma sürətinə, məhlul dövrəni zamanı quyudibinə düşən effektiv təzyiqlə, boruarxası fəzada baş verən təzyiqlə itkilərinə, qazma zamanı mürəkkəbləşmələrin qarşısının alınmasına kömək etməsinə baxmayaraq, onların düzgün seçilməməsi qazma zamanı müxtəlif problemlərə - qazma müddətinin artmasına, hətta quyunun itirilməsinə səbəb ola bilər.

Qazma məhlullarının parametrlərinin düzgün seçilməsi, onların relaksasiya və struktur dayanıqlığı xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması qazma prosesinin səmərəliliyini artırmaq üçün çox vacibdir.

Hal-hazırda multifazlı axınlar üçün yeni fiziki modelin tətbiqi əsasında fazaların qarşılıqlı təsiri nəzərə alınmaqla qeyd olunan xüsusiyyətlərin araşdırılması və tənzimlənməsi yeni baxışlar formalaşdırmaqdadır.

Müxtəlif suəsaslı qazma məhlullarının fiziki-kimyəvi tərkibi, həmçinin onlara qatılan süxur hissəciklərinin təsiri, multifazlı qazma məhlullarının təmizlənməsi, reofiziki xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsi və baş verən mürəkkəbləşmələrin, o cümlədən axının struktur dayanıqlığının itirilməsi hallarının baş vermə səbəbləri və onların qarşısının alınması kimi problemlə məsələlər xeyli aktuallıq kəsb edir.

Bu sahədə çoxsaylı elmi-tədqiqat işlərinin mövcud olmasına baxmayaraq multifazlı axınların xüsusiyyətləri, fazaların qarşılıqlı

təsiri nəzərə alınmadığından problem hələ də aktual olaraq qalmaqdadır.

**Tədqiqatın məqsədi.** Tədqiqatın məqsədi qazma məhlullarının reofiziki və hidrodinamiki xüsusiyyətlərinin multifazalı texnologiyalar əsasında tənzimlənməsi üçün yeni innovativ üsulların işlənməsidir.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Tədqiqat obyektı quyuların qazılması zamanı həyati-vacib rol oynayan suəsaslı qazma məhlullarıdır. Tədqiqatın predmeti isə məhlulların reofiziki və hidrodinamik parametrlərinin tənzimlənməsidir.

Tədqiqatın əsas vəzifələri aşağıda qeyd olunan kompleks məsələlərin həllindən ibarətdir:

- Qazma məhlullarının qazma zamanı istifadəsinin məqsədləri, onun parametrlərinin təyini və funksiyalarına təsir edən amillərin xarakteristikası və təhlili;
- Qazma zamanı qazma məhlulunun reoloji parametrlərinə təsir edən amillərin - çirklənmələrin, istifadə edilən kimyəvi reagentlərin, qazılan laydan məhlula qarışan müxtəlif ionların, məhlulun tərkibində bərk fazanın təsirinin təhlili;
- Qazma zamanı qazma məhlulunun reoloji parametrlərinin kəskin dəyişilməsinə səbəb olan gilli süxurların tərkibinin öyrənilməsi və onların şişərək məhlula qarışmasının qarşısının alınma üsulları təhlili və tətbiqi;
- Multifazalı texnologiyaya uyğun olaraq çoxfazlı qazma məhlullarının təmizlənməsi zamanı silindrik axınlarda en kəsik boyu yaranan qüvvənin rolunun təsirinin araşdırılması;
- Quyuların qazılması zamanı bir məhlulun digər məhlul ilə və ya məhlulun sement məhlulu laminar axın rejimində sıxışdırılmasının reoloji xarakteristikalarını nəzərə alaraq onların təmas sahəsində çirklənmə zonasının qiymətləndirilməsi;
- Qazma zamanı ən çox rast gəlinən mürəkkəbləşmələrdən olan alətin tutulmasına suəsaslı qazma məhlullarının multifazalığının təsirinin təhlili;

- Özlü-plastik xassələr göstərdiyi qəbul edilən suəsaslı qazma məhlullarının kasson modeli ilə ifadəsinin tədqiqi və özlü-elastik suəsaslı məhlulların relaksasiya vaxtının təyini üsullarının işlənməsi;

**Tədqiqat metodları.** İşdə qoyulan məsələlər öz həllini nəzəri və təcrübi üsullarla qazma məhlullarının faktiki məlumatlarına əsaslanaraq reoloji sınaqlar və modelləşdirmə aparmaqla, multifazalı axınların yeni fiziki modelinə uyğun və standart laboratoriya cihazları, həmçinin kompüter modelinin tətbiqi ilə tapmışdır.

**Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:**

- Suəsaslı qazma məhlullarının reofiziki xüsusiyyətlərinin multifazalı texnologiyalar əsasında tənzimlənməsi;
- Neft-qaz quyularının qazılması zamanı alətin tutulmasında multifazalı məhlulda olan mexaniki hissəcik və süxur qırıntılarının axının oxuna istiqamətlənmiş miqراسiyasının rolu və qiymətləndirilməsi;
- Suəsaslı multifazalı qazma məhlullarının relaksasiya xüsusiyyətlərinin struktur dayanıqlığının itirilməsinin diaqnostikası əsasında təyini metodikası ;

**Tədqiqatın elmi yeniliyi:**

- Suəsaslı qazma məhlullarının reofiziki xüsusiyyətlərinin tənzimlənməsində fazaların qarşılıqlı təsirinin rolu müəyyən edilmişdir;
- Multifazalı suəsaslı məhlulda mexaniki qarışıqların və süxur qırıntılarının axının mərkəzinə istiqamətlənmiş yerdəyişməsinin səbəbi və qazma alətinin tutulmasına gətirib çıxarması əsaslandırılmışdır;
- Suəsaslı multifazalı qazma məhlullarının hərəkəti zamanı onların struktur dayanıqlığı əsasında relaksasiya vaxtının təyini metodikası işlənmişdir.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Qazma zamanı baş verən və ya baş verəcək (gözlənilən) mürəkkəbləşmələrin

tənzimlənməsi, onların qarşısının alınması üsullarının seçilməsi və tətbiqi qazma məhlullarının həm reofiziki və həm də hidrodinamik parametrlərinin tənzimlənməsi ilə bağlıdır. Bu baxımdan işdə işlənən və təklif olunan üsullar və texnologiyalar əhəmiyyət kəsb edir. Bu üsulların ən başlıca əhəmiyyəti onunla müəyyən edilir ki, multifazalı texnologiyalara əsaslanır və axının yeni fiziki modelini nəzərə alır. Təklif olunan üsullar əsasında metodik rəhbərlik işlənmiş və SOCAR tərəfindən təsdiq olunmuşdur.

Özlüplastik qəbul edilən multifazalı suəsaslı qazma məhlullarının özlü-elastik xassələr göstərdiyi hesablamalar vasitəsilə müəyyən edilmişdir. Özlü-elastik xassəli mayelər üçün vacib parametrlər hesab edilən relaksasiya vaxtı və struktur dayanıqlıq əmsalının təyini üsulları göstərilmiş və hesablamalar aparılmışdır.

Suəsaslı qazma məhlulları üçün digər parametrlər arasında asılılıqlar təyin edilmiş və uyğun struktur dayanıqlıq əmsali intervalları hesablanmışdır.

**Aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı konfranslarda müzakirə edilmişdir:

1. XVIII Международной научно-практической конференции, УФА, 2023
2. Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş “AZƏRBAYCAN ELMİNİN VƏ TƏHSİLİN İNKİŞAFINDA HEYDƏR ƏLİYEV EPOXASI” adlı beynəlxalq elmi konfrans, Bakı, 2023.
3. Azərbaycan xalqının ümummilli lideri HEYDƏR ƏLİYEVİN anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr edilmiş “Neft-Qaz yataqlarının axtarış problemləri və perspektivləri”, Respublika-elmi konfransı, Bakı, 2023.
4. XII International Scientific and Practical Conference «Modern science: theoretical and practical view», Madrid, Spain, 2024.
5. “БУЛАТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ” VIII Международная научно-практическая конференция, Краснодар, 2024.
6. The Fifth Eurasian RISK-2023 Conference dedicated to the 100th anniversary of Heydar Aliyev, Reliability: Theory and Application, November 2023.

7. Reliability: Theory and Application electronic jurnal COP – 29 side event the sixth eurasian risk 2024 conference, Baku, November 2024.
8. Doktorantların və Gənc Tədqiqatçıların XXVII Respublika Elmi Konferansı (NASCO XXVII), Sumqayıt, 10-11 dekabr 2024.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ, “Neft-qaz mühəndisliyi” kafedrası

**İşin həcmi və strukturu.** Dissertasiya işi 203 səhifə həcmində olub, girişdən, 3 fəsildən, o cümlədən, 28 şəkildən, 19 qrafikdən, 8 cədvəldən, nəticə və təkliflərdən, 160 adda ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir.

Dissertasiya işi 227145 simvoldan ibarətdir. O cümlədən: giriş - 11611 simvol, I fəsil – 102717 simvol, II fəsil – 90052 simvol, III fəsil - 20853 simvol, nəticə - 1912 simvoldan ibarətdir.

**Girişdə** mövzunun aktuallığı, işin məqsədi, tədqiqatın elmi yeniliyi, tətbiqi, əhəmiyyəti, müdafiə olunan müddəalar və dissertasiya işinin aprobeşiyası verilmişdir.

Dissertasiya işi qazmanın effektiv başa çatdırılması üçün vacib əhəmiyyət kəşb edən qazma məhlullarının reoloji və hidrodinamiki xüsusiyyətlərinin təyini, multifazalı texnologiyaların tətbiqi ilə onların tənzimlənməsindən bəhs edir.

Dissertasiyanın birinci fəslində qazma məhlulunun funksiyaları və parametrləri, onların təyini üsulları, qazma məhlulunun hazırlanması üçün istifadə edilən kimyəvi reagentlərin tərkibi, müxtəlif layların qazılması üçün istifadə edilən qazma məhlullarının seçilməsi, reoloji parametrlərə təsir edən amillər və reoloji parametrlərin qazma rejimi parametrlərinə təsiri məsələləri təhlil edilmişdir.

**Birinci fəslin birinci yarım bölməsində** qazma məhlulunun yerinə yetirməli olduğu funksiyalar və onların geniş izahı verilmişdir:

1. Qazılmış süxur hissəciklərini quyudan təmizlənmək;
2. Lay təzyiqlə qarşı əks təzyiq yaratmaq;

3. Məhlul dövrünü kəsildikdə qazılmış mexaniki süxur və ağırlaşdırıcı agent hissəciklərini asılı vəziyyətdə saxlamaq;
4. Quyu divarının şirələnməsi - məsaməli layları bağlanmaq;
5. Quyu divarının stabilliyini təmin etmək;
6. Layı çirkləndirməməsi – keçiricilik və məsaməliyə təsir etməməsi (skin effekt);
7. Qazma baltası və qazma kəmərinə soyutmaq, yağlamaq və asılı vəziyyətdə saxlamaq;
8. Qazma aləti və qazma kəmərinə hidravlik güc çatdırmaq;
9. Layın parametrlərini təyin etmək üçün ölçü işlərini asanlaşdırmaq;
10. Qazma kəmərinin korroziyasının qarşısını almaq;
11. Quyunun tamalanması və sementlənməsinin effektiv yerinə yetirilməsini təmin etmək;
12. Təbiətin çirklənməsinin qarşısını almaq.

**Birinci fəslin ikinci yarım bölməsində** qazma məhlulunun funksiyalarını düzgün yerinə yetirib-yetirmədiyini təyin edən parametrlərin təyini və onların təyini üçün istifadə edilən cihazların, kimyəvi reagentlərin işləmə prinsipi göstərilmişdir. Qazma məhlulunun funksiyalarını təyin edən parametrlər onun xüsusi çəkisi, reofiziki parametrləri (Plastik özlülük, dinamik sürüşmə gərginliyi, statik sürüşmə gərginliyi, struktur dayanıqlıq əmsalı və relaksasiya vaxtı), quyu divarının şirələnməsini xarakterizə edən gilqabığı qalınlığı və suverimi (filtrat həcmi), tərkibində olan bərk fazanın (qumun, gilin, ağırlaşdırıcı agentin), su fazasının və neft fazasının faizlə miqdarı, məhlulun kimyəvi tərkibini xarakterizə edən qələviliyi, codluğu, kalsium ionlarının miqdarı və.s-dir. Hər bir parametrin təyin edilməsi üçün müxtəlif cihazlardan istifadə edilir. Məhlulun xüsusi çəkisini təyin etmək üçün məhlul tərəzisi, reofiziki parametrlərini təyin etmək üçün viskozimter, su verimini təyin etmək üçün API və YTYF filter press istifadə edilir. Codluğun, qələviliyin təyini üçün isə kimyəvi reagentlərin (indiqaatorlar və titrləyici reagentlər) istifadəsi mütləqdir.

**Birinci fəslin üçüncü yarım bölməsində** qazma məhlullarının hazırlanması üçün lazım olan kimyəvi reagentlər və onların məhlulda

yerinə yetirməli olduğu vəzifələr göstərilmişdir. Qazma məhlulunun hazırlanması üçün ilk olaraq onun su və ya neft əsaslı olması təyin edilməlidir. Suəsaslı məhlullarda ilk olaraq suyun codluğu kaustik soda və bikarbonatın istifadəsi ilə 600mg/l-dən aşağı salınmalıdır. Daha sonra qazma proqramında verilən parametrlərə uyğun olaraq karboksimetil sellüloza, xhantan gam, qlikol, barit əlavə edilməlidir. Neft əsaslı məhlulun hazırlanması zamanı ilk olaraq neft-su nisbətinə və sifarişçinin tələbinə uyğun olaraq dizel və ya base oil, daha sonra orqanofilik bentonit (orqanofilik olması qeyri-polyar həlledicilərdə həll olmasını asanlaşdırır), əhəng ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), emulqatorlar (amin turşuları), brayn (adətən neft əsaslı məhlullar üçün 20%-li duzlu su məhlulu), ağırlaşdırıcı agent və gilsonit (məhlulun suverimini azaltmaq üçün) əlavə edilir.

**Birinci fəslin dördüncü yarım bölməsində** qazılan layların və xarici təsirlərin qazma məhlulu seçiminə təsiri və effektiv qazma üçün məhlulun növləri göstərilmişdir. Qazılan laylardan və qazma şəraitindən asılı olaraq qazma məhlulu seçimi dəyişir. Qazma məhlulu seçiminə ilk olaraq qazılacaq layların təsiri nəzərə alınır. Məsələn, əhəng laylarının qazılması zamanı KCl/Polimer məhlulu istifadəsi zamanı reoloji parametrlərin kəskin artımı baş verir, duz şapkalalarının qazılması üçün KCl/Polimerin istifadəsi məhlulun tərkibində duz çirklənməsinə və reoloji parametrlərin kəskin artmasına gətirib çıxarır. Ona görə də, əhəng süxurlarını qazılması zamanı əhəng əsaslı məhluldan, duzlu süxurların qazılması zamanı duzla doymuş məhluldan istifadə məqsədə uyğundur.

**Birinci fəslin beşinci yarım bölməsində** qazma məhlulunun reofiziki parametrlərinə təsir edən amillər göstərilmişdir. Qazma məhlulunun reoloji parametrlərinə onun tərkibində işlənən hər bir komponentin və məhlula laydan qarışan hər bir mexaniki süxur hissəciyinin təsiri var. Məhlulun reoloji parametrləri onun tərkibində olan mənfi və müsbət yüklərin qarşılıqlı təsiri ilə əlaqəlidir. Qazma şəraiti də - quyudibi təzyiq və temperatur məhlulun reoloji parametrlərinin kəskin dəyişməsinə yola açır. Təzyiq məhlulun reoloji parametrlərinə az təsir göstərsə də, temperaturun təsiri çox yüksəkdir.

Əlavə edilən reagentlərin məhlulə təsiri onun tərkibindən asılı olaraq dəyişir. Məsələn, liqnosulfonatın əlavəsi gilli süxurların ətrafında olan mənfi yüklərin neytrallaşmasına gətirib çıxarır ki, məhlulun özlülüyünü kəskin azaldır. Ksantan qam polimerinin NaOH və KOH təsirindən tərkibində olan karboksil qruplarının ionlaşması baş verir ki, məhlulun özlülüyünün artmasına yola açır.

**Birinci fəslin altıncı yarım bölməsində** qazma məhlulu reofizikasının qazma parametrlərinə təsiri və verilən quyu intervalı üçün onların təyini göstərilmişdir.

Qazma məhlulunun reologiyası quyuların qazılması zamanı qazma parametrlərinə təsir göstərən mühüm amillərdən biridir. Bu təsirlər qazma əməliyyatlarının səmərəliliyinə, təhlükəsizliyinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Qazma məhlulunun reoloji parametrlərinin təsir etdiyi parametrlər aşağıdakılardır:

- Qazma zamanı quyuların təmizlənməsi;
- Ekvivalent dövrən sıxlığı (EDS);
- Alətin qaldırılması və endirilməsi zamanı quyudibində baş verən təzyiq hidrodinamikası;
- Qazma sürəti (QS);
- Qazma zamanı sürtünmə əmsalı.

**İkinci fəsilə** suəsaslı qazma məhlulunun süxur qırıntıları və mexaniki hissəciklərdən təmizlənməsi, qazma alətinin tutulmasına (sıxılmasına), məhlulun digər bir məhlul ilə sıxışdırılması zamanı çirklənmiş zonanın təyini və qazma məhlulünün tərkibindən asılı olaraq relaksasiya xüsusiyyətli olması məsələlərinə baxılmışdır.

**İkinci fəslin birinci yarım bölməsində** qazma məhlulünün tərkibinə laydan qarışmış mexaniki süxur hissəciklərinin – qumun təmizlənməsi üçün istifadə edilən qurğunun - hidrosiklonların multifazlı texnologiyalar əsasında işinin səmərəliliyinin aşağı olmasının səbəbləri təhlil edilmişdir. Buna uyğun olaraq hidrosiklon daxilində yaranan müxtəlif qüvvələr araşdırılmışdır<sup>1</sup>.

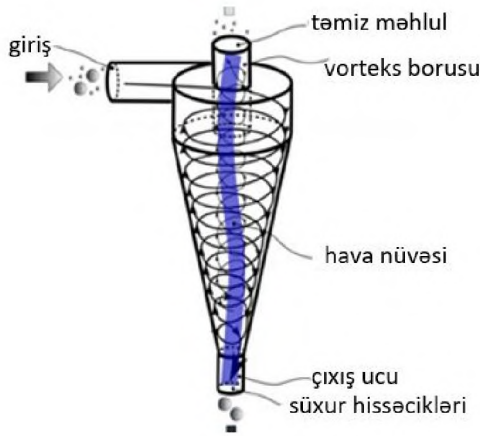
---

<sup>1</sup>Zhang, Y. Understanding the Separation of Particles in a Hydrocyclone by Force Analysis / Y. Zhang, P. Cai, F. Jiang [et al.] // Powder Technology. – Amsterdam: – 2017. – Vol. 322. – P. 471–489

Müəyyən edilmişdir ki, bərk fazanın ayrılması üçün istifadə edilən qurğular (Şəkil 1) heç də həmişə gözlənilən səmərəni vermir. Məhlul-süxur hissəcikləri qarışığının ayrılması üçün hidrosiklonların səmərəliliyinin aşağı olmasının səbəbi qradiyent-sürət sahəsinin dinamikası nəzəriyyəsi əsasında izah edilmiş və onların ayrılması zamanı fazaların qarşılıqlı təsir qüvvəsinin mexanizmi açılmışdır<sup>2</sup>. Qeyd olunan qüvvəni təzyiq qradiyentinin dəyişməsinə əsasən aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$F_{yan} = 0.167\pi d^3(\rho_h - \rho_m) \quad (1)$$

Burada,  $(\rho_{m,h}$  və  $\rho_m)$  - uyğun olaraq mexaniki süxur hissəciyi və qazma məhlulun sıxlığı ( $\text{kg/m}^3$ );  
 $d$  – hissəciyin diametridir (m).



**Şəkil 1. Hidrosiklonun quruluşu**

<sup>2</sup> Ситенков, В.Т. Теория градиентно-скоростного поля // – Москва.: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2004. – 308 с.

Təmizləyici qurğunun iş prinsipinə uyğun olaraq hissəciyə təsir edən hərəkətverici mərkəzdənqaçma qüvvəsi isə aşağıdakı ifadəyə uyğun təyin edilir:

$$F_{mq} = 1.85 \cdot 10^{-3} \pi d^3 \rho_h n^2 r \quad (2)$$

Burada,  $n$  – hissəciyin dəqiqədə dövrlər sayı;

$r$  - hissəciyin hərəkət trayektoriyasıdır (m).

Süxur hissəciklərinin yaxşı ayrılması üçün mərkəzdənqaçma qüvvəsi yan - Bernulli qüvvəsindən çox olmalıdır. Onda (1) və (2) ifadələrini nəzərə alaraq qeyd olunan şərtin ödənilməsi üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

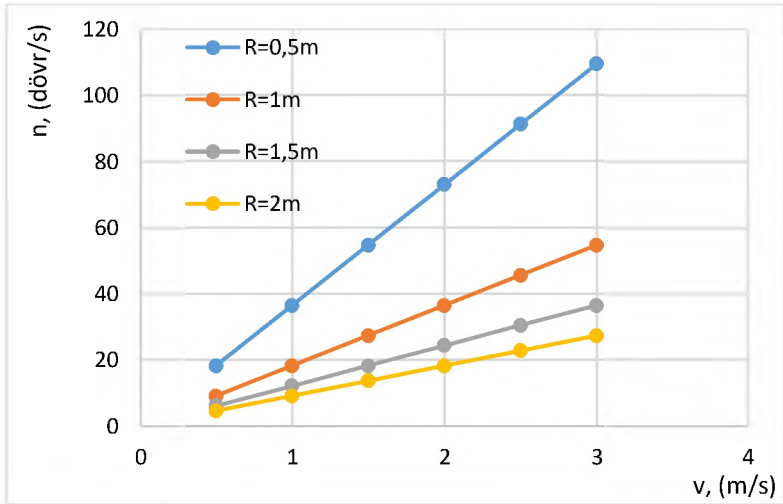
$$r \leq \frac{92.8 \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_h}\right) g}{n^2} \quad (3)$$

Hidrosiklonlarda düzgün parametrlərin təyini üçün hesablar aparılmış və qrafiklər göstərilmişdir (Qrafik 1 və 2). Axın sürətinin ( $u$ ), hidrosiklon radiusunun ( $R$ ) və hissəciklərin mayenin sıxlıqlarına nisbətinin  $n$  dövrlər sayına təsiri araşdırılmışdır.

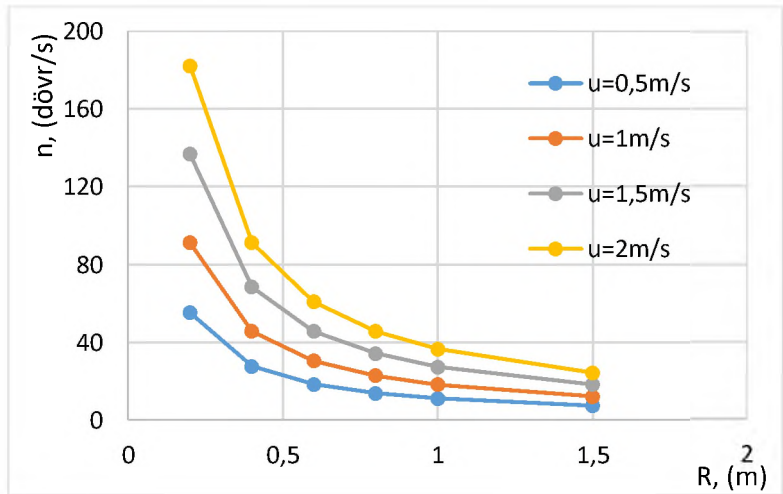
Bu məqsədlə, dövrlər sayının hesablanması aşağıdakı ilkin məlumatlarla əldə edilmişdir:

- axın sürəti  $u=0,5; 1.0; 1.5;$  və  $2,0$  m/s.
- hidrosiklonun radiusu  $R=0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1.0$  və  $1.5$  m.
- sıxlıqların nisbəti  $\frac{\rho_h}{\rho} = 1,3; 1.5; 2.0; 2.5.$

Hesablama nəticələrinə əsasən  $n=f(u)$  və  $n=f(R)$  asılılıqları qurulmuşdur. Qrafik 1-dən görüldüyü kimi axın sürətinin artması ilə dövrlərin sayı mütənəşib olaraq artır. Bu zaman hidrosiklonun radiusunun ( $R$ ) artması ilə dövrlər sayı monoton olaraq azalır (qrafik 2). Qurulmuş asılılıqların köməyi ilə yuxarıda göstərilən parametrlərin seçimi əsasında hidrosiklonların fəaliyyətinə Bernulli qüvvəsinin mənfi təsirini aradan qaldırmaq da mümkündür.



**Qrafik 1. Təmizləyici qurğuda dövrlər sayının ( n ) axın sürətindən (u) asılı olaraq dəyişməsi**



**Qrafik 2. Təmizləyici qurğuda dövrlər sayının (n) radiusdan (R) asılı olaraq dəyişməsi**

**İkinci fəslin ikinci yarım bölməsində** qazma məhlulunun başqa bir qazma məhlulu ilə və ya sementin qazma məhlulu ilə sıxışdırılmasının əsasları və laminar rejimdə sıxışdırılmanın reotexnoloji xüsusiyyətləri göstərilmişdir.

Qazma zamanı tez-tez bir məhlulun digər məhlul növü ilə və ya verilən intervalın sementlənməsi zamanı sementin qazma məhlulu ilə sıxışdırılması zərurəti yaranır. Bu zaman iki məhlul təmas sahəsində qarışması nəticəsində çirklənmələr baş verir. Çirklənmə sahəsi sıxışdırılan və sıxışdırılan məhlulun parametrlərindən asılı olaraq dəyişir.

Məlumdur ki, radiusu ( $R$ ), uzunluğu ( $l$ ) olan borunun ən kəsiyi boyu maksimal sürət ( $r=0$  olduqda) aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$v_{max} = \frac{\Delta P * R}{4\mu l} \quad (4)$$

Burada,  $\Delta P$  – təzyiqlər fərqi (Pa);

$\mu$  – məhlul nümunəsinin özlüklüyüdür (Pa·s).

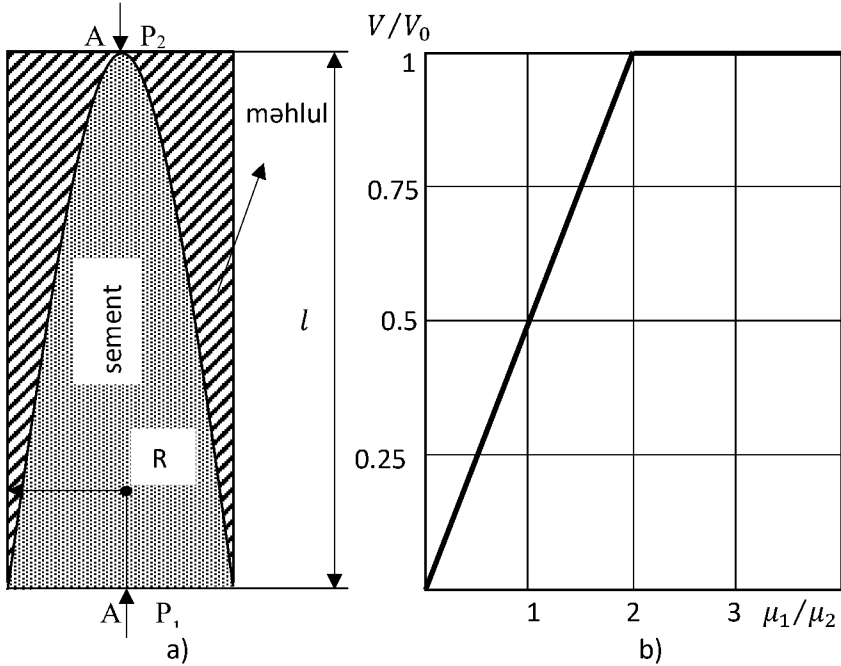
Laminar hərəkət rejimində sürətin ən kəsik boyu paylanması qeyri-müntəzəm – parabolik olmasını nəzərə alaraq və axının maksimal sürətindən istifadə etməklə vacib, praktiki məsələnin (məhlulun sement ilə sıxışdırılması, boruların təmizlənməsi və.s) həll olunması mümkündür. Bu cür hallarda texnoloji proseslərin optimallığının təmin olunması mayelərin necə sıxışdırılmasından, onların sıxışdırılma dərəcəsiindən asılıdır. Tutaq ki, radiusu  $R$  olan boruda qazma məhlulu sement ilə sıxışdırılır. Sadə variant üçün özlülüklərin - ( $\mu$ ) eyni olduğunu və sıxışdırmanın  $\Delta P = P_1 - P_2$  təzyiqlər fərqiində aparıldığını qəbul edək (şəkil 2).

Şaquli boruda sıxışdırılan məhlulun ən son nöqtəyə çatma müddətini şəkil 2-yə uyğun aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$t_1 = \frac{l}{u_{max}} = \frac{4\mu l^2}{\Delta P R^2} \quad (5)$$

Onda Puazeyli düsturuna əsasən  $t_1$  müddətində borudan sıxışdırılan qazma məhlulunun həcmi aşağıdakı kimi olar:

$$V = Q * t_1 = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8 \mu l} * \frac{4 \mu l^2}{\Delta P R^2} = \frac{\pi R^2}{2} * l \quad (6)$$



**Şəkil 2. Şaquli boruda qazma məhlulunun səment ilə sıxışdırılması**

Baxılan halda borunun  $l$  - uzunluqda həcmi  $V_0 = \pi R^2 l$  olduğunu nəzərə alsaq, sıxışdırılan qazma məhlulunun həcmi 50% olacaqdır. Yəni  $l$  uzunluğunda boruda olan qazma məhlulunun yarısı sıxışdırılmış olacaqdır.

Sıxışdırılan və sıxışdırılan məhlulların özlülüklərini uyğun olaraq  $\mu_1$  və  $\mu_2$  olduğunu qəbul etsək, onda  $\frac{V}{V_0} = f\left(\frac{\mu_1}{\mu_2}\right)$  asılılığının düz

mütənasib olduğu və çirklənmə zonasının bu qanunla baş verməsi aşkar olur. Yəni məhlulun tam sıxışdırılması üçün sıxışdırıcı məhlulun özlülüyü ən azı 2 dəfə çox olmalıdır (Şəkil 2b). Onu da qeyd etmək lazımdır ki, müxtəlif multifazalı məhlulların sıxışdırılması halları silindrik axınlara aid olduğu üçün axının yeni fiziki modelinə uyğun olaraq formalaşan və en kəsik boyu mərkəzə yönələn yan qüvvənin də nəzərə alınması vacibdir.

**İkinci fəslin üçüncü yarım bölməsində** qazma zamanı alətin tutulmasının mümkün olan səbəbləri, aradan qaldırılma üsulları və axının en kəsik boyu mərkəzinə doğru yönəlmiş yan qüvvənin qazma alətinin sıxılmasına təsiri araşdırılmışdır.

Quyu lüləsində baş verən dəyişikliklərdən yaranan mexaniki tutulma alətin hərəkəti zamanı baş verir. Bu cür tutulmalara misal olaraq novun yaranması (quyu lüləsində bucağın dəyişməsi səbəbindən yaranan tutulma), aşındırıcı laylar səbəbindən quyu lüləsinin daralması (undergauge hole), geoloji preslənmə (mobile formation) – yüksək dağ təzyiqi nəticəsində layların quyu lüləsinə doğru axmasını göstərmək olar. Diferensial tutulma qazma məhlulunun hidrostatik təzyiqi ilə lay təzyiqi arasındakı fərqi qazma alətini yaranmış gil qabığına doğru sıxması nəticəsində yaranır. Diferensial tutulma adətən alət hərəkətsiz olduqda – yeni qazma borusunun əlavəsi zamanı və ya karataj-ölçü işləri apararıq zaman baş verir. Diferensial tutulma üçün iki mümkün hal olmalıdır<sup>3</sup>:

- a. Məhlulun hidrostatik təzyiqi lay təzyiqindən yüksək olmalıdır;
- b. Həmin hissədə lay yüksək keçiriciliyə malik olmalıdır – bu gil qabığı yaranmasına səbəb olur.

Belə tutulma zamanı adətən dövrən müşahidə olunur. Məhlulun su veriminin və onun tərkibində olan bərk fazanın miqdarının çox olması yaranan gil qabığının daha qalın olmasına səbəb olur ki, tutulma riskini daha da artırır.

---

<sup>3</sup>Reid, P. I. Differential-Sticking Mechanisms and a Simple Wellsite Test for Monitoring and Optimizing Drilling Mud Properties / P. I. Reid, G. H. Meeten, P. W. Way [et al.] // SPE Drilling & Completion. – Richardson: – 2000. – Vol. 15, №2. – P. 97–104.

**İkinci fəslin dördüncü paraqrafında** qazma məhlulunun reoloji parametrlərinin ifadəsi üçün uyğun reoloji modellərin seçilməsi (Binqam plastik (BP), güc modeli (GM), Herschel-Bulkley (HB) və kasson modeli<sup>4</sup>) və suəsaslı məhlulların relaksasiya xüsusiyyətlərinin təyini məsələlərinə baxılmışdır.

İlk olaraq qazma məhlulunun ifadəsi üçün müxtəlif modellər araşdırılmışdır. Bu məqsədlə müxtəlif tərkibli (cədvəl 1) suəsaslı qazma məhlulu nümunələri hazırlanmış və parametrləri təyin edilmişdir. Məhlul nümunələri müxtəlif yataqlarda – Neft Daşları, Günəşli yataqlarında quyuların qazılması zamanı istifadə olunan və laboratoriya şəraitində hazırlanmış məhlul nümunələridir. Məhlul nümunələri üçün modellərə uyğun olaraq qrafiklər qurulmuşdur. 6 və 7-ci məhlul nümunəsinin kasson modelinə uyğun qrafiki aşağıda göstərilmişdir (Qrafik 3 və 4). 7-ci qazma məhlullunun müxtəlif modellərlə ifadəsi aşağıda göstərilmişdir:

$$\tau = 5.6504 + 0.03337\dot{\gamma} \quad (7)$$

$$\tau = 1.854\dot{\gamma}^{0.4114} \quad (8)$$

$$\tau = 3.577 + 0.152\dot{\gamma}^{0.7898} \quad (9)$$

$$\tau^{0.5} = 1.7085 + 0.1417\dot{\gamma}^{0.5} \quad (10)$$

Burada,  $\tau$  – sürüşmə gərginliyi (Pa);

$\dot{\gamma}$  – sürət qradientidir ( $s^{-1}$ ).

Hər bir məhlul nümunəsi üçün (7), (8), (9) və (10) ifadəsində göstərilən asılılıqlar təyin edilmiş və müxtəlif sürət qradientləri üçün sürüşmə gərginliyinin qiymətləri hesablanmışdır.

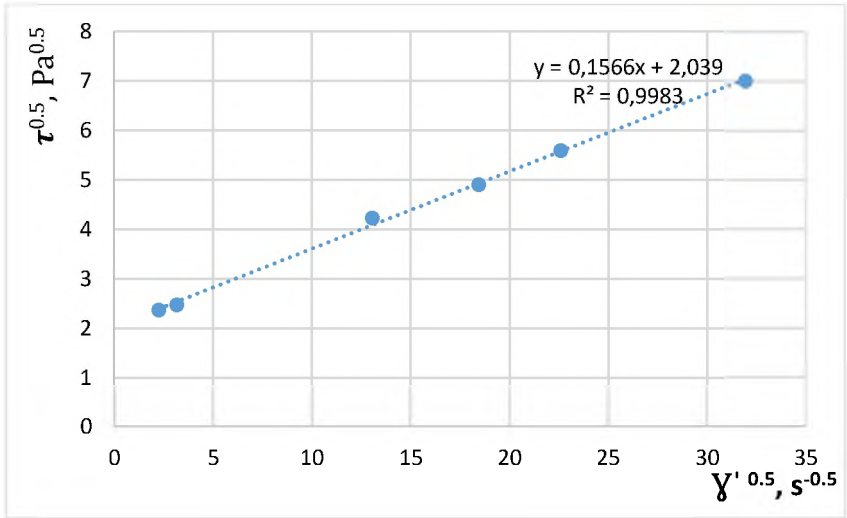
---

<sup>4</sup>Casson, N. A Flow Equation for Pigment Oil Suspensions of the Printing Ink Type // Rheology of Disperse Systems Conference, – Oxford: Pergamon Press, – September 1957, – 1959, – p. 84–102.

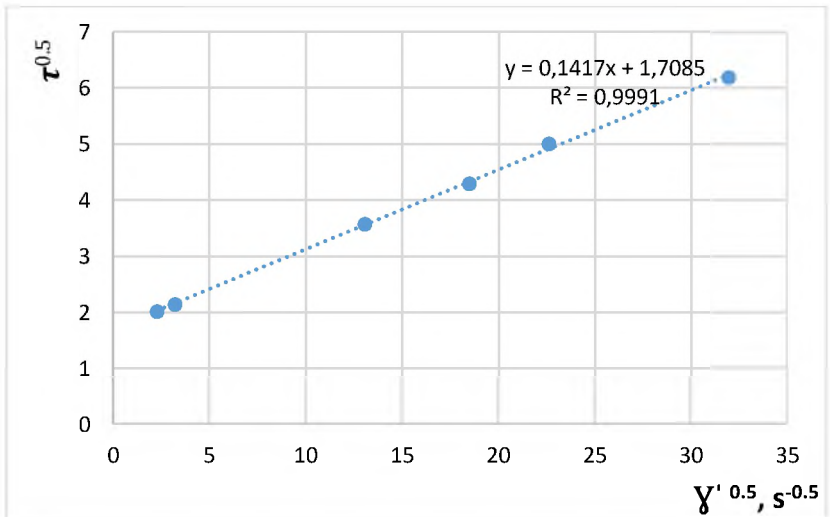
**Cədvəl 1**

**Hazırlanmış suəsasi məhlul nümunələrinin tərkibi**

№	Suəsasi qazma məhlullarının tərkibi
1	1ppb kaustik soda (NaOH), 2ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 6ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 1ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.2ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 74ppb barit (BaSO <sub>4</sub> )
2	1.5ppb kaustik soda (NaOH), 3ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 6ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 1ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.2ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 74ppb barit (BaSO <sub>4</sub> )
3	1ppb kaustik soda (NaOH), 2.5ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 6ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 0.6ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.6ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 74ppb barit (BaSO <sub>4</sub> )
4	1ppb kaustik soda (NaOH), 2.5ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 4ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 2ppb PolyPac R, 0.8ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.2ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 20ppb barit (BaSO <sub>4</sub> ), 68ppb qum (7faiz)
5	1ppb kaustik soda (NaOH), 2.5ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 4ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 2ppb PolyPac R, 0.2ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.2ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 54ppb barit (BaSO <sub>4</sub> ), 24ppb qum (3faiz)
6	1ppb kaustik soda (NaOH), 2.5ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 5.5ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 0.5ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.2ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 56ppb barit (BaSO <sub>4</sub> ), 20ppb qazılmış gil
7	1ppb kaustik soda (NaOH), 2.5ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 5ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 0.4ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.2ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 64ppb barit (BaSO <sub>4</sub> ), 10ppb qazılmış gil
8	1ppb kaustik soda (NaOH), 2.5ppb karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 6ppb Pac LV (polianionik sellüloza), 0.6ppb ksantan qam, 8ppb KCl, 0.2ppb Ultracap (PHPA), 2% Glydrill, 5ppb barit (BaSO <sub>4</sub> ), 20ppb qazılmış gil, 68ppb qum (7faiz)



**Qrafik 3. №6 suəsash məhlulu üçün Kasson modelində  $\tau^{0.5} = f(\dot{\gamma}^{0.5})$  asılılığı**



**Qrafik 4. №7 suəsash məhlulu üçün Kasson modelində  $\tau^{0.5} = f(\dot{\gamma}^{0.5})$  asılılığı**

Cədvəl 2-də 6 və 7-ci məhlul nümunəsi üçün real və modellərdən alınmış müxtəlif sürət qradientlərində ( $\dot{\gamma}$ ) nəticələr göstərilmişdir (cədvəl 2).

Hər bir nəticə üçün xətlər - orta mütləq xəta (OMX), orta kvadratik xəta (OKX), orta mütləq faiz xətası (OMFX), Simmetrik Orta Mütləq Faiz Xətası (SOMFX) və korelyasiya əmsalı ( $R^2$ )) hesablanmışdır (cədvəl 3). Hesablanmış xətalardan aydın olur ki, 5 məhlul nümunəsi üçün ən az xəta Kasson modelində və 3 məhlul nümunəsi üçün HB modelində olmuşdur. Qazma məhlulunun ifadəsi üçün ən pis model isə Güc qanunu modeli olmuşdur. Bu onunla izah olunur ki, güc qanunu modeli başlanğıc sürüşmə gərginliyini nəzərə almır. Aparılan hesablamalardan aydın olur ki, qazma məhlulunun modellərlə ifadəsi zamanı ən uyğun model Kasson modelidir. Buna səbəb Kasson modeli ilə alınmış nəticələrin viskozimter vasitəsilə alınmış nəticələrə uyğun olmasıdır.

**Cədvəl 2**  
**6 və 7-ci məhlul nümunəsi üçün müxtəlif sürət qradientlərində ( $\dot{\gamma}$ ) alınmış nəticələr**

№	$\dot{\gamma}, s^{-1}$	$\tau, Pa$				
		Viskozimetrin göstərişi	BP	GM	HB	Kasson
6	5.11	5.62	8.03	4.98	5.66	5.73
	10.2	6.13	8.25	6.56	6.10	6.45
	170.3	17.89	15.02	20.19	15.74	16.67
	340.6	24.02	22.22	26.62	24.17	24.30
	511	31.19	29.43	31.30	31.93	31.13
	1022	49.06	51.05	41.28	53.22	49.64
7	5.11	4.09	5.82	3.63	4.13	4.12
	10.2	4.60	5.99	4.82	4.53	4.67
	170.3	12.78	11.39	15.35	12.37	12.66
	340.6	18.40	17.13	20.41	18.78	18.69
	511	25.04	22.87	24.12	24.52	24.12
	1022	38.33	40.09	32.08	39.78	38.92

**Cədvəl 3**

**Modellər üçün hesablanmış xətalərin (%) -lə nəticələri**

№	Model	OMX	OKX	OMFX (%)	SOMFX (%)	R <sup>2</sup>
1	BP	1.676	1.681	33.41	26.81	0.9524
	GM	0.545	0.782	4.76	4.44	0.9897
	HB	0.509	0.864	4.03	4.02	0.9874
	Kasson	0.804	0.957	9.43	8.71	0.9846
2	HB	2.168	2.288	15.71	13.96	0.9685
	GM	2.551	2.784	16.62	14.95	0.9537
	HB	1.078	1.273	7.06	6.81	0.9889
	Kasson	0.990	1.143	6.62	6.33	0.9914
3	BP	1.281	1.332	8.91	8.52	0.9880
	GM	0.923	1.022	6.51	6.25	0.9926
	HB	0.516	0.648	3.84	3.71	0.9965
	Kasson	0.533	0.691	3.92	3.79	0.9958
4	BP	2.487	2.564	14.58	13.67	0.9652
	GM	2.306	2.468	12.19	11.56	0.9714
	HB	1.642	1.838	9.21	8.94	0.9857
	Kasson	4.359	5.187	22.67	20.41	0.9031
5	BP	1.254	1.326	7.93	7.58	0.9891
	GM	1.348	1.560	8.61	8.09	0.9864
	HB	0.658	0.801	4.37	4.22	0.9962
	Kasson	0.615	0.764	4.11	3.98	0.9967
6	BP	1.853	1.954	8.49	8.10	0.9859
	GM	3.509	3.781	16.05	15.21	0.9598
	HB	1.213	1.384	5.79	5.61	0.9932
	Kasson	1.143	1.295	5.33	5.18	0.9941
7	BP	1.504	1.602	8.32	7.89	0.9884
	GM	2.962	3.221	15.48	14.36	0.9627
	HB	1.208	1.346	6.78	6.55	0.9931
	Kasson	0.934	1.071	5.24	5.06	0.9954
8	BP	2.065	2.214	8.94	8.52	0.9872
	GM	5.172	5.721	19.63	18.44	0.9538
	HB	1.789	1.994	7.31	7.02	0.9916
	Kasson	1.128	1.276	4.88	4.69	0.9957

Kasson modeli özlüelastik xassəli məhlulları ifadə etmək üçün struktur əsaslı model olduğundan və qazma məhlullarında kasson modeli xətasının ən az olması onların da özlü-elastik xassələri olmasını deməyə imkan verir.

**Üçüncü fəsil**də multifazalı axınların xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla suəsaslı qazma məhlulunun struktur dayanıqlığının diaqnostikası və tənzimlənməsi, bernulli qüvvəsinin təyini göstərilmişdir.

**Üçüncü fəslin birinci yarım bölməsində** qazma alətinin tutulmasına səbəb olan bir amil kimi yan (Bernulli) qüvvənin rolu araşdırılmış və müvafiq hesablamalarla qiymətləndirilmişdir. Multifazalı silindrik axının yeni fiziki modelinə uyğun olaraq qazma məhlulunun özlü-elastik xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla burada hərəkəti zamanı sürət-qradient sahəsinin ən kəsin boyu formalaşdırdığı qüvvənin - (1) ifadəsindən görüldüyü kimi axının mərkəzinə yönələn bu qüvvəyə ən çox təsir edən dispers faza hissəciklərinin diametridir. Bununla yanaşı axın sürəti ( $v$ ), məhlulun sıxlığı ( $\rho_{m.h}$ ) və qazma məhlulu axan borunun radiusu ( $R$ ) kimi parametrlərin əhəmiyyətli təsiri vardır.

Sürətin və sürət qradientinin ən kəsik boyu paylanması ifadələrini və  $(\rho_h - \rho_m)g = \frac{dP}{dr} = \rho_m v \frac{dv}{dr}$  asılılığını nəzərə alaraq (1) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

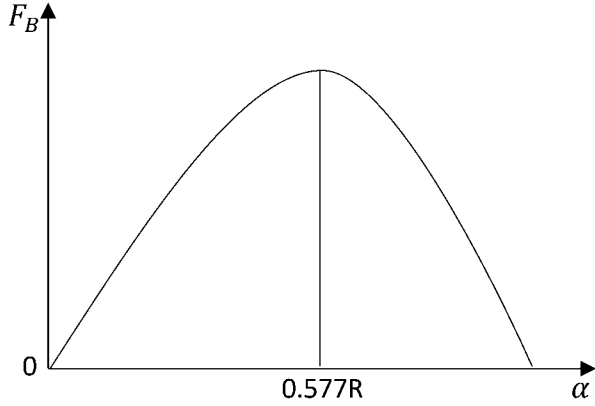
$$F_{yan} = 4.195 \rho_m d^3 v_{or}^2 \alpha (1 - \alpha^2) / R \quad (11)$$

Burada,  $v_{or}$  – orta sərf sürəti (m/s);

$R$  – borunun radiusu (m);

$\alpha = \frac{r}{R}$  – şərti (nisbi) koordinatdır ( $\alpha = 0 \div 1$ ).

(11) ifadəsindən görüldüyü kimi Bernulli qüvvəsi axının mərkəzində ( $r=0$ ) və kənarlarında – borunun divarında ( $r=R$ ) sıfıra bərabər olur və  $r=0.577R$  olduqda maksimal qiymət alır (şəkil 3).

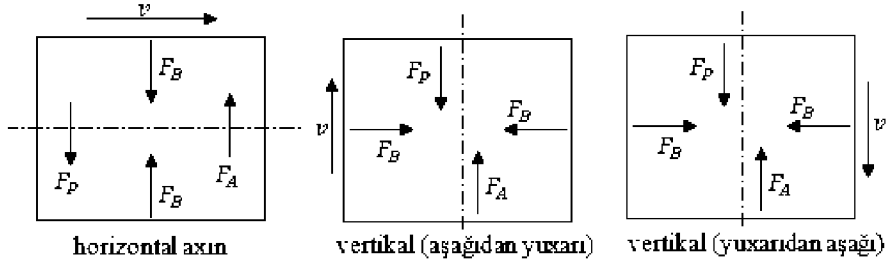


**Şəkil 3. Bernulli qüvvəsinin en kəşik boyu dəyişməsi**

Onda qüvvənin maksimal qiymətini hesablamaq üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$F_{B_{max}} = \frac{1.61\rho_m d^3 v_{or}^2}{R} \quad (12)$$

(12) ifadəsindən görüldüyü kimi süxur hissəciklərinin ölçüsü və məhlulun sürəti böyüdükcə qüvvənin qiyməti kəskin olaraq artdığı üçün mexaniki süxur qırıntılarının qazma alətini sıxması ehtimalı xeyli çoxalmış olur. Enerjinin saxlanması qanuna uyğun olaraq tək uzunluq boyu deyil, axının en kəşiyi boyu da qradient-sürət sahəsi formalaşdığından davamedici faza dispers faza hissəciklərini axın oxu boyu öz nüvəsində daşımağa qadirdir. Bernulli qüvvəsi, hansı ki, silindrik axının kənarlarından mərkəzə doğru istiqamətlənmiş olur, hesabına həmin hissəciklər (mexaniki, qaz, su və s.) çox asanlıqla axının oxuna yönəlməklə, daşıyıcı fəzanın nüvəsində hərəkət etmiş olur. Məlumdur ki, bu cür axınlar zamanı əsasən ağırlıq, Arximed və Bernulli qüvvələri (sürtünmə və inersiya qüvvələrini nəzərə almasaq) aktiv qüvvələr olmaqla çökmə, miqrasiya hadisələrinin baş verməsinə səbəb olur. Sxematik olaraq bu qüvvələrin müxtəlif istiqamətli axınlarda istiqamətləri şəkil 4 - də göstərilmişdir.



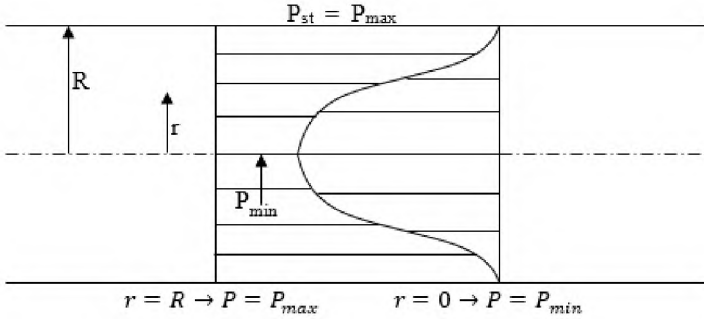
$F_B$  – Bernulli qüvvəsi,  $F_A$  – Arximed qüvvəsi,  $F_P$  – Qravitasiya qüvvəsi

#### Şəkil 4. Müxtəlif istiqamətli multifazah axınlarda aktiv qüvvələrin istiqaməti

(12) ifadəsindən görüldüyü kimi, süxur qırıntılarının kiçik diametrlərində belə disperslik dərəcəsi çox olmasına baxmayaraq dispers fazanın axının mərkəzinə miqrasiyası qaçılmazdır. Odur ki, dəyişən təzyiqli qradientinin yaratdığı Bernulli qüvvəsinin təsirindən qazılmış süxur hissəciklərinin axının mərkəzinə intensiv şəkildə miqrasiya olunması (daşınması) hesabına sürtünmədən yaranan yerli müqaviməti xeyli artırır və alətin tutulmasına səbəb ola bilər. Bernulli qüvvəsinin yaranması axının yeni fiziki modeli ilə izah olunur və bu modelə əsasən statik və sürət təzyiqli dəyişmə də, tam təzyiqli sabit qalır (Şəkil 5). Hesabatlar zamanı müəyyən edilmişdir ki, qazma prosesində alətin tutulması hadisəsi çox vaxt yalnız mexaniki və geoloji amillərlə deyil, həm də qazma məhlulunun hidrodinamiki xüsusiyyətləri ilə sıx bağlıdır. Xüsusilə, sürət-qradient sahəsində formalaşan təzyiqli qradienti dispers faza hissəciklərinin axının mərkəzi zonasına doğru miqrasiyasına səbəb olaraq alət ətrafında lokal konsentrasiyanın artmasına və nəticə etibarilə tutulma riskinin yüksəlməsinə gətirib çıxarır. Aparılmış nəzəri təhlillər göstərir ki, hissəciklərin radial yerdəyişməsi aşağıdakı şərt daxilində intensivləşir:

$$\frac{dP}{dr} \geq (\rho_h - \rho_m)g$$

Burada,  $\frac{dP}{dr}$  – radial istiqamətdə təzyiq qradienti (Pa/m);  
 $\rho_h$  və  $\rho_m$  – uyğun olaraq, süxur hissəciklərinin və qazma məhlulunun sıxlığı ( $\text{kg/m}^3$ );  
 $g$  – sərbəst düşmə təcildir ( $\text{m/s}^2$ ).



**Şəkil 5. Axının fiziki modeli (statik və sürət təzyiqinin dəyişməsi)**

Yan qüvvənin təsirindən alətin tutulmasının qarşısını almaq üçün aşağıdakı texnoloji və reoloji tədbirlərin həyata keçirilməsi məqsəduyğundur:

- İlk növbədə, qazma sürətinin (QS) optimal səviyyədə saxlanması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.
- Axın rejimi elə seçilməlidir ki, həm hissəciklərin daşınması təmin olunsun, həm də təzyiq qradienti kritik həddi aşmasın.
- Hissəcik diametrinin azalması ilə təzyiq qradientinin təsiri zəifləyir və hissəciklərin mərkəzə miqrasiyası məhdudlaşır
- Məhlulun qismən ağırlaşdırılması nəticəsində ( $\rho_h - \rho_m$ ) fərqi azalır və bu da təzyiq qradientinin nisbi təsirini zəiflədir. Nəticədə hissəciklərin mərkəzə doğru miqrasiyası azalır.
- Bununla yanaşı, qazma məhlulunun reoloji və struktur xüsusiyyətləri xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Məhlulun relaksasiya vaxtının da böyük olması hissəciklərin miqrasiyası üçün şərait yaradır. Struktur stabilliyin yüksək olması isə hissəciklərin

məhlul daxilində şəbəkəvari strukturda saxlanmasını təmin edərək onların sərbəst yerdəyişməsini məhdudlaşdırır.

- Daşınma indeksi (HMI), boruarxası fəza üzrə hissəciklərin faizlə miqdarı (HM) və nəql əmsalı (HDƏ) kimi parametrlərin optimallaşdırılması hissəciklərin axın daxilində bərabər paylanmasını təmin edərək lokal yığılmaların qarşısını alır.

**Üçüncü fəslin ikinci yarım bölməsində** suəsaslı qazma məhlullarının hərəkəti zamanı struktur dayanıqlığın itirilməsinin təyini göstərilmişdir. Qeyri-nyuton xassəli müxtəlif heterogen sistemlərdə aparılan reoloji tədqiqatların Kros üsulu ilə aparılan sınağı nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki,  $1/\eta^2 = f(\tau^2)$  interpretasiya asılılıqları bir sıra hallarda düz xətt deyil, qeyri-xətti asılılıqlardır. Bu cür asılılıqların mövcudluğu sistemdə baş verən struktur dəyişiklikləri ilə də izah oluna bilər. Bu cür struktur dəyişiklikləri ilə bağlı olan sistemlərin reoloji təsviri üçün eksponensial tipli reoloji modelin ekstrapolyasiyasıdan istifadə olunmuşdur:

$$\ln \bar{\varphi} = \frac{\tau^2}{\alpha}; \quad \bar{\varphi} = \frac{\varphi_{\infty} - \varphi}{\varphi_{\infty} - \varphi_0} \quad (13)$$

Burada:  $\alpha$  – sistemin struktur dayanıqlıq əmsalı;

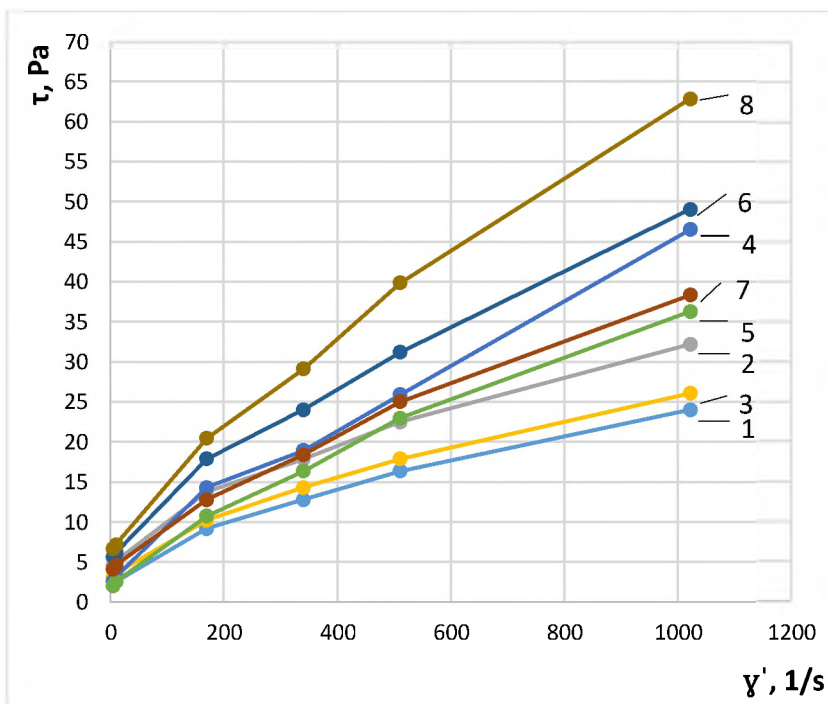
$\varphi = \frac{1}{\eta}$  - mayenin hərəkətliliyi ( $\eta$  - özlülük);

$\tau$  – sürüşmə gərginliyi (Pa);

$\varphi_0$  və  $\varphi_{\infty}$  -  $\tau = 0$  və  $(\tau_{\infty})$  sürüşmə gərginliyində axıcılıqdır.

(13) ifadəsindən  $\alpha$  əmsalının təyini üçün  $\varphi_0$  və  $\varphi_{\infty}$  parametrlərinin qiyməti də məlum olmalıdır.

Bu parametrlər sınağı aparılan hər bir sistem üçün  $\varphi = f(\tau^2)$  asılılığının qurulması ilə qrafikə əsasən təyin edilir. Qeyd olunan reoloji tədqiqatların sınağı 8 müxtəlif tərkibli suəsaslı qazma məhlullarının təmsalında aparılmışdır. Məhlul nümunələrinin tərkibi cədvəl 1-də verilmişdir. Qeyd olunan qazma məhlullarının 120°F və ya 49°C-də aparılan reoloji sınağına əsasən hər bir suəsaslı məhlul üçün qurulan  $\tau = f(\dot{\gamma})$  axma əyriləri qrafik 5-də göstərilmişdir.



1÷8 – müxtəlif tərkibli suəsash qazma məhlulları

**Qrafik 5. Suəsash qazma məhlullarının axın  $\tau = f(\dot{\gamma})$  ayriləri**

Qrafik 5-dən göründüyü kimi nisbətən yüksək temperaturda (49°C) sınaqların aparılmasına baxmayaraq bütün məhlullar üçün  $\tau = f(\dot{\gamma})$  axın ayriləri qeyri-xətti olmaqla bir-birindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Bu ayrilərin, demək olar ki, heç biri koordinat başlanğıcından keçməyərək, ordinant (gərginlik) oxunu kəsir. İlk baxışda baxılan suəsash qazma məhlullarının psevdoplastik reoloji xüsusiyyətlərə malik olduğunu da qəbul etmək olar. Reoloji sınağın nəticələrinə əsasən hər bir qazma məhlulu üçün Kros üsulu ilə aparılan interpretasiya  $\left[ \frac{1}{\eta^2} = f(\tau^2) \right]$  nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, sınağı aparılan sistemlər üçün qeyd olunan asılılıqlar düz xətt olmayıb,

qeyri-xətti asılılıqlardır. Nümunə olaraq, 6 nömrəli suəsaslı qazma məhlulu üçün qurulan  $\left[\frac{1}{\eta^2} = f(\tau^2)\right]$  asılılığı qrafik 6-da göstərilmişdir. Verilmiş məhlul nümunələri üzərində aparılan hesablamaların nəticələrinin bir nümunəsi cədvəl 4-də verilmişdir. Bu cədvəldə qazma məhlulunun özlülüyü ( $\eta$ ), hərəkətliliyi ( $\varphi$ ) hesablanmış və sürüşmə gərginliyi ( $\tau$ ) göstərilmişdir. Daha sonra sınaqdan keçirilən hər bir qazma məhlulu üçün  $\varphi = f(\tau^2)$  asılılığı qurulmuşdur (qrafik 7).

#### Cədvəl 4

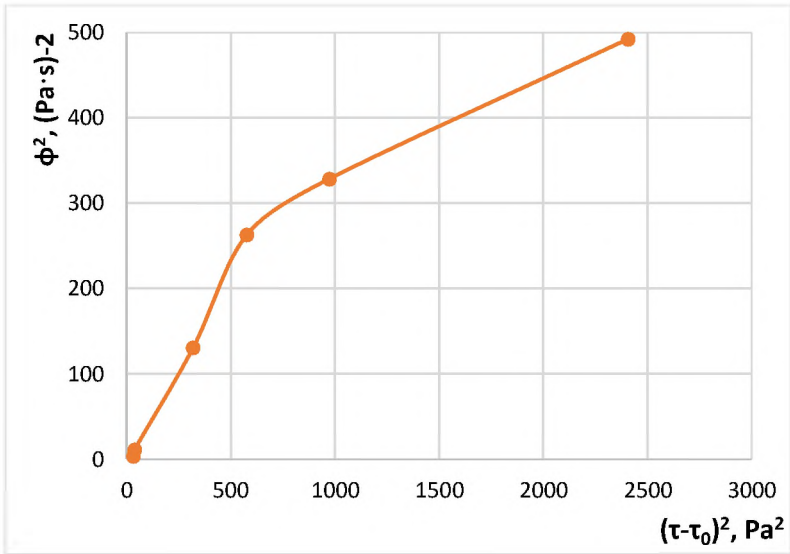
#### 2 nömrəli suəsaslı qazma məhlulun reoloji sınağının nəticələri

Suəsaslı qazma məhlulu 2 – 1200kq/m <sup>3</sup>						
$\dot{\gamma}', 1/s$	$\tau, Pa$	$\eta, Pa \cdot s$	$\varphi, (Pa \cdot s)^{-1}$	$\tau^2, Pa^2$	$ln\bar{\varphi}$	$\varphi^2, (Pa \cdot s)^{-2}$
5,1	4,599	0,900	1,11	21,15	0,035	1,23
10,2	5,11	0,500	2,00	26,11	0,065	3,99
170,3	13,8	0,081	12,32	190,36	0,486	151,87
340,6	17,89	0,053	19,04	319,87	0,904	362,67
511	22,48	0,044	22,72	505,53	1,238	516,33
1022	32,19	0,032	31,74	1036,39	4,812	1007,42

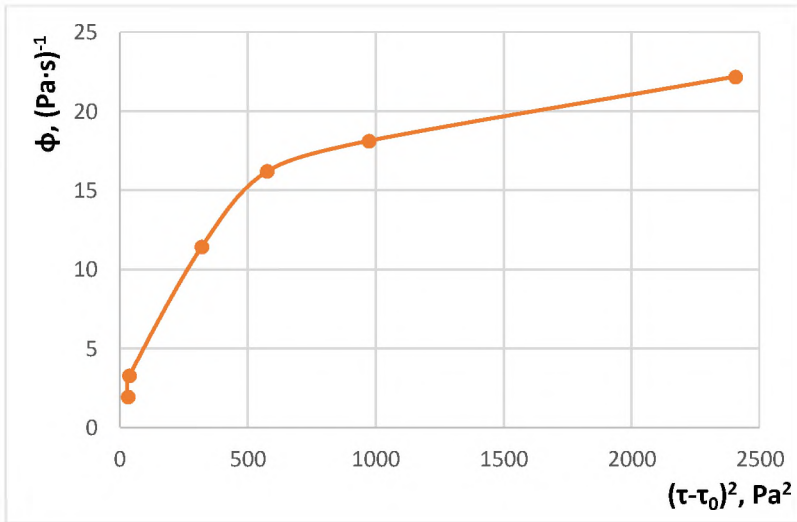
Qeyd olunan 6-cı suəsaslı qazma məhlulu üçün  $\varphi = f(\tau^2)$  qeyri-xətti asılılıq qrafik 7-də,  $ln\bar{\varphi} = f(\tau^2)$  ekstrapolyasiyası qrafik 8-də göstərilmişdir.

Asanlıqla göstərmək olar ki, yuxarıda göstərilən asılılıq Kros üsulunun əsasını təşkil edən Maksvel tipli aşağıdakı reoloji modellə analoq təşkil edir, onda struktur əmələ gətirən qazma məhlulları üçün relaksasiya vaxtını aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin etmək olar:

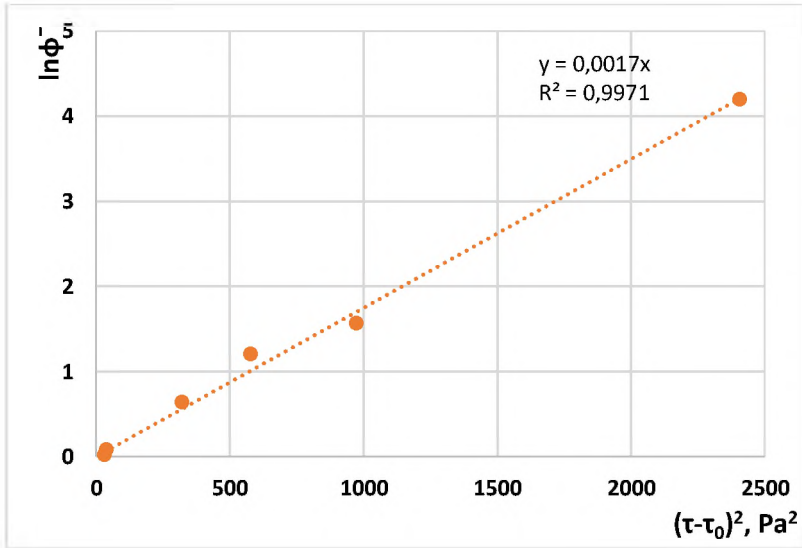
$$\theta = \sqrt{\frac{8(\varphi_{\infty} - \varphi_0)}{\alpha \varphi_0^3}} \quad (14)$$



Qrafik 6. №6 suəsashı qazma məhlulu üçün  $\phi^2 = f(\tau^2)$  asılılığı



Qrafik 7. №6 suəsashı qazma məhlulu üçün  $\phi = f(\tau^2)$  asılılığı



**Qrafik 8. №6 suəsaslı qazma məhlulu üçün  $\ln \bar{\varphi} = f(\tau^2)$  ekstrapolyasiyası**

Alınmış qeyri-xətti asılılıqları əks etdirən qrafiklərdən suəsaslı məhlullar üçün  $\varphi_0$ ,  $\varphi_\infty$ ,  $\alpha$  və  $\theta$  parametrlərinin qiymətləri cədvəl 5-də verilmişdir. (14) ifadəsinə əsasən sınağı aparılan suəsaslı qazma məhlulları üçün relaksasiya vaxtı hesablanmışdır. Hesablanmış bu qiymətlər cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəl 5-dən görüldüyü kimi qazma məhlullarının tərkibindən asılı olaraq onların struktur dayanıqlığı və relaksasiya vaxtı da xeyli dəyişmiş olur. Beləliklə, Kros üsulu ilə relaksasiya vaxtını təyin etmək mümkün olmadıqda bu cür multifazalı və çox komponentli məhlulların struktur dayanıqlığının müəyyən edilməsi əsasında relaksasiya vaxtının təyinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Suəsaslı qazma məhlullarının struktur dayanıqlığını nəzərə alan eksponensial tipli ümumiləşdirilmiş reoloji model xətti özlüelastik mayelər üçün olan maksvel tipli tənliyin analoqu kimi hesab edilərək onun ekstrapolyasiyası əsasında suəsaslı qazma

məhlullarının hərəkəti zamanı struktur dayanıqlığını nəzərə alaraq relaksasiya vaxtını təyin etmək mümkündür.

**Cədvəl 5**

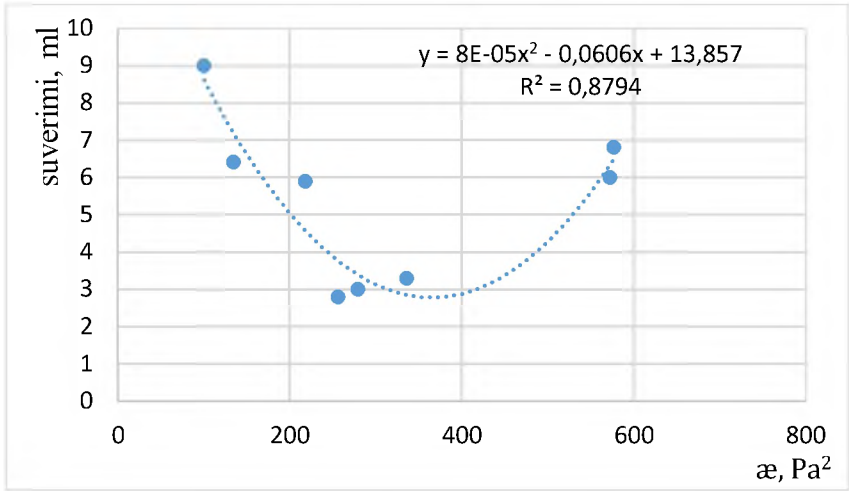
**Suəsaslı qazma məhlulları üçün təyin olunmuş qiymətlər**

Qazma məhlulları, №	$\varphi_0, (Pa \cdot s)^{-1}$	$\varphi_\infty, (Pa \cdot s)^{-1}$	$\varkappa, Pa^2$	$\theta, s$
1	6,0	45,0	100,30	0.12
2	2,0	35,0	218,90	0.39
3	4,5	43,0	135,26	0.16
4	9,0	23,0	336,19	0.02
5	6,5	29,5	279,80	0.05
6	1,5	22,5	572,57	0.29
7	5,0	29,2	256,60	0.08
8	3,8	17,5	576,97	0.06

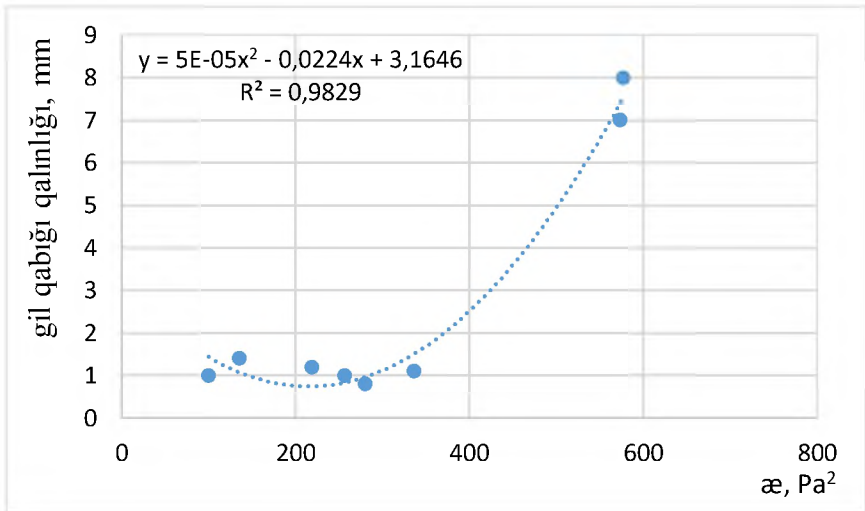
**Üçüncü fəslin üçüncü yarım bölməsində** suəsaslı qazma məhlullarının parametrlərinin struktur dayanıqlıq əmsalı nəzərə alınmaqla seçilməsi üsulu göstərilmişdir. Qazma məhlullarının parametrləri və onun struktur dayanıqlıq əmsalları arasında əlaqənin təyini üçün müxtəlif tərkibdə hazırlanmış qazma məhlulları nümunələrinin bütün parametrləri təyin edilmiş və onun struktur dayanıqlıq əmsalları təyin edilərək onlar arasında asılılıqlar qurulmuşdur. Qurulan asılılıqlardan müəyyən edilmişdir ki, qazma məhlullarının struktur dayanıqlıq əmsallarına uyğun olaraq onların parametrlərində dəyişikliklər baş verir. Müxtəlif suəsaslı qazma məhlulu nümunəsi üçün ölçülmüş parametrlər cədvəl 6-da göstərilmişdir. Suəsaslı qazma məhlulu üçün suverimi (məhlulun filtratı) və struktur dayanıqlıq əmsalı arasında asılılıq qrafik 9-da və gil qabığı qalınlığı və struktur dayanıqlıq əmsalı arasında asılılıq qrafik 10-da göstərilmişdir.

**Cədvəl 6**  
**8 nömrəli suəsash məhlulunun parametrləri**

Sıxlıq (q/sm <sup>3</sup> )	1.20
Şerti özlülük (s/l)	103
Reologiya tem (°C)	50
R600/R300	123/78
R200/R100	57/40
R6/R3	14/13
Plastik özlülük (sPz)	45
DSG (lb/100ft <sup>2</sup> )	33
10s/10d/30d SSG (lb/100ft <sup>2</sup> )	13/19/31
Su verimi - API (ml/30dəq)	6.8
Gil qabığı qalınlığı (ml)	8
pH	9.8
Bərk faza (%)	29
Qlikol (%)	2.5
Su (%)	71
Su/bərk faza nisbəti (%)	71/29
Məhlulun qələviliyi (Pm)	1.3
Filtratda Pf/Mf	1.4/3.2
Məhlulun xloridləri (mq/l)	42000
Ümumi codluq/ Ca <sup>2+</sup> (mq/l)	520 / 160
Qum %	7
MBT kg/m <sup>3</sup>	20



**Qrafik 9. Suəsashı məhlulun filtratı və struktur dayanıqlıq əmsalı arasında asılılıq**



**Qrafik 10. Suəsashı məhlulun gil qabığı qalınlığı və struktur dayanıqlıq əmsalı arasında asılılıq**

Qrafik 9-dan göründüyü kimi struktur dayanıqlıq əmsalının kiçik ( $\alpha < 250\text{Pa}^2$ ) və böyük ( $\alpha > 450\text{Pa}^2$ ) qiymətlərində qazma məhlulunun filtrat həcmində artım müşahidə edilir. Struktur dayanıqlıq əmsalının orta qiymətində isə ( $250 \leq \alpha \leq 450$ ) qazma məhlulu üçün filtrat həcmi qazma üçün qəbul edilən aralıqda qiymət alır. Qrafik 10-dan da göründüyü kimi struktur dayanıqlıq əmsalının kiçik qiymətlərində ( $\alpha \leq 450$ ) qazma məhlulunun gil qabığı kiçik qiymətlər ( $t \leq 3\text{mm}$ ) alır. Struktur dayanıqlıq əmsalının kiçik qiymətlərində gil qabığı qalınlığının çox nazik və filtrat həcminin böyük olması qazma məhlulunun tərkibində olan bərk fazanın azlığı və onun tərkibində gil qabığı əmələ gətirən süxur hissəcikləri üçün körpü rolunu oynayan bentonit və ya gil hissəciklərinin olmaması ilə əlaqəlidir.

Aparılan hesabatlardan nəticəsi olaraq müəyyən edilmişdir ki, suəsaslı qazma məhlulları üçün struktur dayanıqlıq əmsalının 250-400 intervalında olması qazma məhlulun digər parametrlərinin də qazma üçün məqsədəuyğun olması kimi qəbul edilə bilər.

## NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

1. Qazma məhlullarının müxtəlif intervalları və layları qazmaq üçün istifadə edilən növləri, onların işləmə şəraiti, reoloji parametrlərinə təsir edən amillərin (çirklənmələrin, istifadə edilən kimyəvi reagentlərin, qazılan laydan məhlula daxil olan müxtəlif ionların, məhlulun tərkibində bərk fazanın) təsiri təhlil edilmişdir [4].
2. Qazma zamanı qazma məhlulunun reoloji parametrlərinin kəskin dəyişilməsinə səbəb olan gilli süxurların tərkibi öyrənilmiş və onların şişərək məhlula qarışmasının qarşısının alınma üsulları göstərilmişdir, verilmiş quyu intervalı üçün qazma məhlulunun reoloji parametrlərinin təyini üsulları göstərilmiş və qazılmış mexaniki süxur hissəciklərinin effektiv təmizlənməsinin mümkünlüyü təhlil edilmişdir [5, 7, 19].
3. Qazma məhlullarının təmizlənməsi və reoloji parametrlərinin tənzimlənməsi üçün istifadə edilən qurğuların işinə ən kəskin boyu

- qradiyent-sürət sahəsinin yaratdığı yan qüvvənin mənfi təsiri əsaslandırılmış və bunun azaldılmasının yolu göstərilmişdir [1, 2, 3].
4. Quyuların qazılması zamanı məhlulun digər məhlul və məhlulun sement məhlulu ilə sıxışdırılmasına təsir edən parametrlər araşdırılmış və laminar axın rejimində onların reoloji xarakteristikalarını nəzərə alaraq iki məhlulun təmas sahəsində çirklənmə zonasının təyini üsulu göstərilmişdir [6].
  5. Qazma zamanı ən çox rast gəlinən mürəkkəbləşmələrdən olan alətin tutulması, qarşısının alınması və aradan qaldırılma üsulları öyrənilmiş və qradiyent-sürət sahəsinin ən kəskin boyu yaratdığı qüvvənin alətin tutulmasına səbəbi müəyyən edilmişdir [10, 12, 15, 16, 18, 20, 22].
  6. Suəsaslı qazma məhlullarının tərkibindən asılı olaraq özlü-plastik xüsusiyyətlə yanaşı, özlü-elastik xassəyə malik olması aşkar edilmiş və Kros üsulu ilə relaksasiya vaxtı təyin edilmişdir [8, 9, 11].
  7. Çoxsaylı suəsaslı qazma məhlullarının reoloji sınağı nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, onların struktur dayanıqlığı və relaksasiya vaxtının qiymətləndirilməsi əsasında qazma prosesinin səmərəliliyini artırmaq mümkündür [11, 13, 14, 17];
  8. Suəsaslı qazma məhlullarının fiziki-kimyəvi tərkibləri və fazaların qarşılıqlı təsiri nəzərə alınmaqla onların reofiziki və hidrodinamiki parametrlərinin tənzimlənməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir [21, 22].

**Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı tezis və məqalələrdə dərc edilmişdir:**

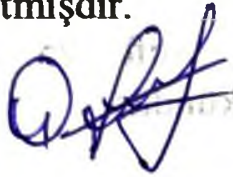
1. İsmayılova, F.B., İsmayılov, Q.Q., Qulubəyli, Ə.P., Çoxfazalı dispers sistemlərin ayrılması zamanı hidrosiklonun aşağı səmərəliliyinin səbəbləri haqqında // – Bakı: Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri jurnalı, -2023, Cild 30, buraxılış 07, – s.278–285.
2. Ismayilov, G., Gulubayli, A., Musayev, S., Musayeva, S. The Estimated Reason for the Low Efficiency of Hydrocyclones in the Petroleum Industry // Reliability: Theory and Application. – The Fifth Eurasian Risk-2023 Conference. Baku, Azerbaijan. – Special Issue No. 5 (75), Vol. 18. – 2023. – p.391–395.
3. Исмайылов, Г.Г., Гулубейли, А.П., Об эффективности разделения мультифазных систем в гидроциклонах // XVIII Международной научно-практической конференции, - России, УФА, -2023, с. 92-93
4. Qulubəyli, Ə. P. Qazma məhlullarının seçilməsinin reotexnoloji əsasları // Ümummillə lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş “azərbaycan elminin və təhsilin inkişafında HEYDƏR ƏLİYEV epoxası” adlı beynəlxalq elmi konfrans. Bakı, Azərbaycan, - 4-5 iyul, - 2023, -s.444-448
5. Qulubəyli, Ə. P., Ağırlaşdırıcı agentin qazma məhlulunun reofiziki parametrlərinə təsiri // Azərbaycan xalqının Ümummillə lideri HEYDƏR ƏLİYEVİN anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr edilmiş “Neft-Qaz yataqlarının axtarış problemləri və perspektivləri” Respublika-elmi konfransı. Bakı, Azərbaycan, - 5-6 dekabr, - 2023, - s.115-118
6. İsmayılova, F.B., İsmayılov, Q.Q., Qulubəyli, Ə.P. Laminar Rejimdə Mayenin Hərəkəti və Sıxışdırılmasının Reotexnoloji Xüsusiyyətləri // – Bakı: Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri.– 2024. – Cild 37 (5), Buraxılış 02. – s.379–387.
7. Gulubayli, A. P. Effect of Rheological Parameters on Surge and Swab Pressure // XII International Scientific and Practical

- Conference «Modern Science: Theoretical and Practical View». – Madrid, Spain, – 4–5 June 2024, p.54–56.
8. Gulubayli, A. P. Selection of Best Fitting Rheological Model for Drilling Fluids // – Oslo: Norwegian Journal of Development of the International Science., – 2024. – №134. – p.83–87.
  9. Gulubayli, A. Study of the Effect of Drilling Mud Composition on Structural Stability // – Bakı: Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri.– 2024. – Vol. 43, №5. – p. 24–33.
  10. İsmayılov, G., Valiyev, R., Gulubayli, A. One of the reasons of stuck pipe while drilling // БУЛАТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ Материалы VIII Международной научно-практической конференции, - России, Краснодар, - 31 марта 2024, с.255-259
  11. İsmayılov, G., Valiyev, R., Gulubayli, A., About Loss of Structural Stability During Movement of Drilling Fluids // – Baku: SOCAR Proceedings.– 2024. – No. 2. – p.90–94.
  12. İsmayılov, Q.Q., Vəliyev, R.H., Qulubəyli, Ə.P., Qazma zamanı alətin tutulmasının mümkün olan bir səbəbi haqqında // - Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı, -2024, -No.5, s.11-15
  13. İsmayılov, G. G., Veliyev, R.H., Gulubayli, A.P. Diagnosis of the Structural Stability of the Flow of Multiphase Oil-Base Drilling Fluids / G. G. İsmayılov, R. H. Veliyev, A. P. Gulubayli, [etc] // Processes of Petrochemistry and Oil Refining. – Baku: – 2024. – Vol. 25, No. 2. – p.622–629.
  14. İsmayılov, Q., Vəliyev, R., Qulubəyli, Ə. Neftəsashlı qazma məhlulunun struktur dayanıqlığının diaqnostikası // -Bakı, AVADANLIQLAR, TEKNOLOGİYALAR, MATERIALLAR, - 2024, cild 22 (06) buraxılış 04, s.48-57
  15. Исмайллов, Г.Г., Исмайллова, Ф.Б., Велиев, Р.Г., Гулубейли, А.П. О сценариях структурных переходов при мультифазном транспорте // нефтегазовый терминал материалы международной научно-технической конференции транспорт и храненине углевоборогного сырья носьясенной 60-летию ТИУ. - Тюмень, Россия. –4-5 июня, - 2024, ст.162-166

16. Qulubəyli, Ə.P. Neft və qaz quyularının qazılması zamanı alətin tutulmasında Bernulli qüvvəsinin rolu haqqında // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı. – Bakı: – 2024. – №9. – s.24–31.
17. İsmayılov, G.G., Vəliyev, R.H., Gulubayli, A.P. Diagnostics of Structural Stability of Drilling Fluids Based on Physico-Chemical Composition // – Bakı: Processes of Petrochemistry and Oil Refining. – 2024. – Vol. 25, No. 4. – p.1204–1217
18. İsmayılov, G., Vəliyev, R., Gulubayli, A. About a Risk of Stuck Pipe While Drilling // Reliability: Theory and Application. – The Fifth Eurasian Risk-2024 Conference. Bakı, Azerbaijan. – Special Issue No. 6 (81), Vol. 19. – 2024. – p.198–202.
19. Qulubəyli, Ə.P., İsgəndərli, T.T. Qazma məhlullarının reofiziki parametrlərin təyini üçün Binqam-plastik modelin tədqiqi // Doktorantların və Gənc Tədqiqatçıların XXVII Respublika Elmi Konferansı (NASCO XXVII), - Sumqayıt, Azərbaycan. -10-11 dekabr 2024, s.337-342
20. İsmayılov, Q.Q., Vəliyev, R.H., Qulubəyli, Ə.P. Qazma alətinin tutulmasında Bernulli qüvvəsinin rolu // - Bakı: - Elmi Xəbərlər, - 2025, -Vol.17, No.1, s.81-87
21. İsmayılov, Q.Q., Vəliyev, R.H., Qulubəyli, Ə.P. Multifazalı qazıma məhlullarının hərəkəti zamanı struktur dayanıqlığının itirilməsi haqqında // - Bakı: Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, - 2025, Vol.17, №1, - s.81-87
22. İsmayılov, Q.Q., Vəliyev, R.H., İsmayılova, F.B., Adıgözəlova, M.B., Qulubəyli, Ə.P. Alətin tutulması və qazma məhlulunun struktur dayanıqlığının diaqnostikası və tənzimlənməsi üzrə metodiki rəhbərlik // -Bakı: Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkəti, -2025, -42s

**İddiəçının şəxsi töhvəsi:**

[4, 5, 7 - 9, 16] işləri sərbəst yerinə yetirilmişdir,  
[11, 13, 14, 17, 21] işlərində məhlul nümunələrinin hazırlanması və  
tədqiqatların aparılmasında;  
[1-3, 6, 12, 15] işlərində hesabatların aparılması, nəticələrin təhlilində;  
[10, 18-20, 22] işlərində nəticələrin təhlili və ümumiləşdirilməsində  
iştirak etmişdir.



Dissertasiyanın müdafiəsi 25 iyun 2026-cı il tarixində saat 11:00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.03 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1010. Bakı şəhəri, D. Əliyeva küç., 227

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

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

Avtoreferat “22” May 2026-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 20.05.2026  
Kağızın formatı: A5  
Həcm: 37596  
Tiraj:100