

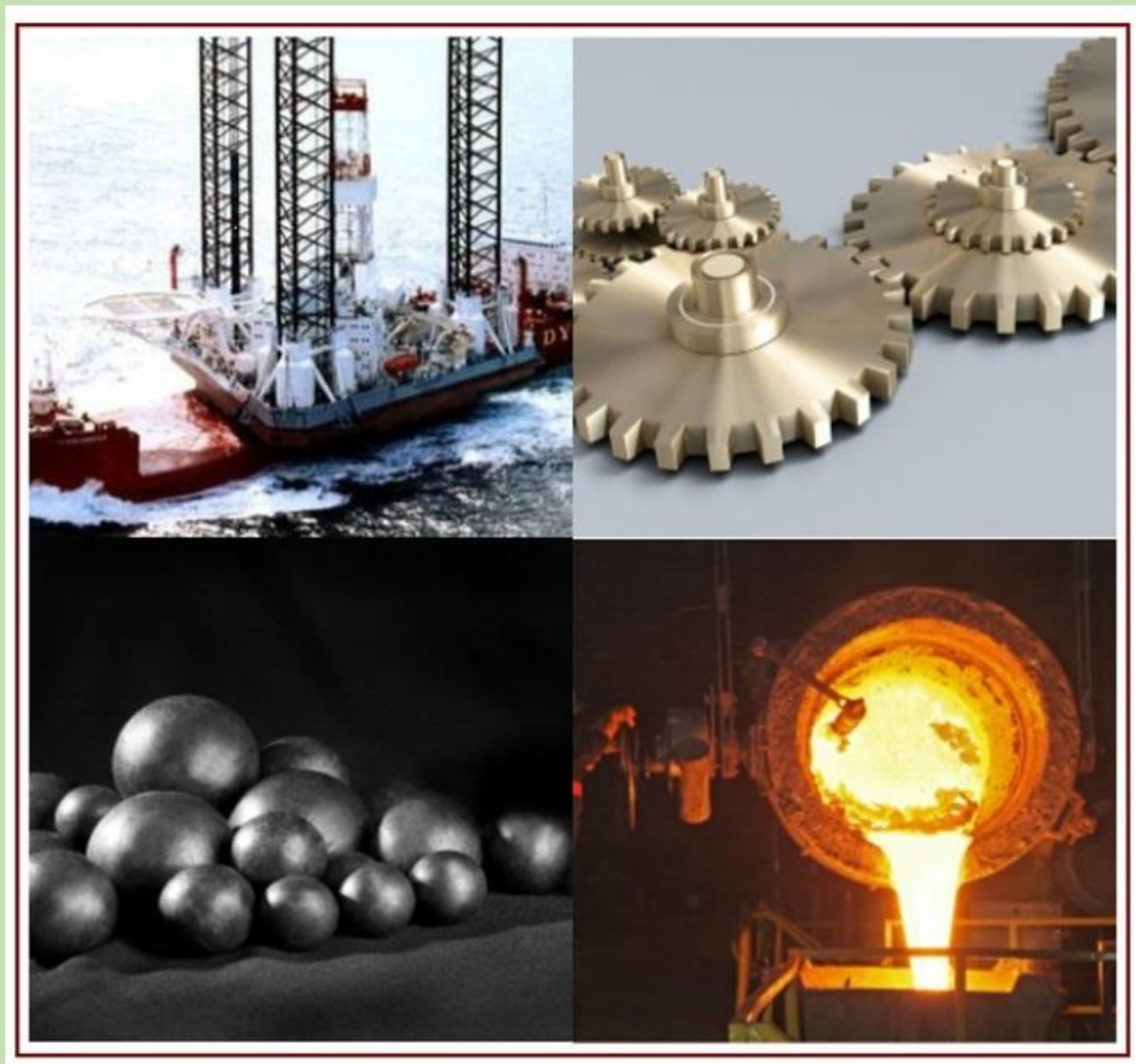
ISSN: : 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055, DOI: 10.36962/ETM

# EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS

AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERIALLAR  
ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ

VOLUME 03 ISSUE 01 2020

CİLD 03 BURAXILIŞ 01 2020



<http://emtasoiu.com/index.php/en/>

<http://sc-media.org/etm/>



ISSN: : 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055, DOI: 10.36962/ETM

# **EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS**

**AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERIALLAR  
ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ**

**VOLUME 03 ISSUE 01 2020**

**CİLD 03 BURAXILIŞ 01 2020**

**JOURNAL INDEXING  
CROSSREF**

**AZERBAIJAN BAKU 2020**



ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055, DOI: 10.36962/ETM  
EQUIPMENT, TECHNOLOGIES, MATERIALS  
AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERIALLAR

**Editors-in-chief:** İbrahim Habıbov  
**Deputy of Editor-in chief:** Gasım Mammədov  
**Baş Redaktor:** İbrahim Həbibov  
**Baş redaktorun müavini:** Qasım Məmmədov  
**Technical and reviewer team manager:** Zuleykha Eyvazova  
**Texniki və resenzzent qrupun meneceri:** Züleyxa İsmayılova.

©**Publisher:** Azerbaijan State Oil and Industry University LLC. İ/C 1400196861 (Azerbaijan).  
©**Nəşriyyat:** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. MMC. VÖEN 1400196861 (Azərbaycan).  
**Rektor:** Mustafa Babanlı. Doctor of Technical Sciences. Professor.  
**Rektor:** Mustafa Babanlı. Texnika Elmləri Doktoru. Professor.  
**Registered address:** 20, Azadlıq pr., Bakı, Azerbaijan, AZ1010.  
**Qeydiyyat ünvanı:** Azadlıq prospekti, 20. Bakı Azərbaycan, AZ1010.  
©**Editorial office:** 20, Azadlıq pr., Bakı, Azerbaijan, AZ1010.  
©**Redaksiya:** Azadlıq prospekti, 20. Bakı Azərbaycan, AZ1010.  
©**Typography:** Azerbaijan State Oil and Industry University İ/C 1400196861 (Azerbaijan).  
©**Mətbəə:** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti VÖEN 1400196861 (Azərbaycan).  
**Registered address:** 20, Azadlıq pr., Bakı, Azerbaijan, AZ 1010.  
**Qeydiyyat Ünvanı:** Azadlıq prospekti, 20. Bakı Azərbaycan, AZ1010.

**Publisher:** International Center for Research, Education & Training. MTÜ (Estonia, Tallinn), R/C 80550594  
©**Nəşriyyat:** MTÜ Beynəlxalq Tədqiqat, Təhsil & Təlim Mərkəzi. Q/N 80550594.  
**Director and Founder:** Seyfulla İsayev. (Azerbaijan)  
**Direktor və Təsisçi:** Seyfulla İsayev. (Azərbaycan)  
**Deputy and Founder:** Namig İsayadə. PhD in Business Administration. (Azerbaijan).  
**Direktorun müavini və Təsisçi:** Namig İsayadə. PhD Biznesin İdarə Olunması. (Azərbaycan).  
©**Editorial office / Redaksiya:** Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Narva mnt 5, 10117  
**Telephones / Telefonlar:** +994 55 241 70 12; +994 51 864 88 94  
**Website / Veb səhifə:** <http://sc-media.org/>  
**E-mail:** sc.mediagroup2020@gmail.com, sc.mediagroup2017@gmail.com



©LLC ASOİU , MTÜ ICRET. All rights reserved. Reproduction, store in a retrieval system, or transmitted in any form, electronic of any publishing of the journal permitted only with the agreement of the publishers. The editorial board does not bear any responsibility for the contents of advertisements and papers. The editorial board's views can differ from the author's opinion. The journal published and issued by The Southern Caucasus Media.

© MMC ADNSU, MTÜ ICRET. Bütün hüquqlar qorunur. Jurnalın hər hansı bir nəşrinin çoxalma, axtarış sistemində saxlanılması və ya istənilən formada ötürülməsi, elektron çıxarılması yalnız nəşriyyatların razılığı ilə icazə verilir. Redaksiya heyəti reklam və yazıların məzmununa görə heç bir məsuliyyət daşımır. Redaksiya heyətinin fikirləri müəllifin fikirindən fərqli ola bilər. Cənubi Qafqaz Media tərəfindən nəşr olunan və buraxılmış jurnal.



## TABLE OF CONTENTS / MÜNDƏRİCAT

<b>Гурбанов Р.С., Гурбанова Т.Г.</b> ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОЛОННЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТРУБ .....	04
<b>Эйвазова З.Э., Гусейнов Г.А.</b> ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТАНКОВО-КАЧАЛОК С НЕСИММЕТРИЧНЫМ РЕЖИМОМ ОТКАЧКИ .....	08
<b>Aslanov C.N.</b> BAĞLAYICI QURULUŞLARA YENİ MODEL REZİN MATRİSALI KIPLƏNDİRİCİLƏRİN TƏTBİQİ ....	16
<b>Аббасов Н.М.</b> К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В КОЖУХОТРУБЧАТЫХ АППАРАТАХ .....	20
<b>Nəcəfquliyeva R.S.</b> YENİ KONSTRUKSIYALI İSTİLİK MÜBADİLƏDİCİDƏ HİDRODİNAMİKİ DEFORMASIYANIN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ .....	25
<b>İrəvanlı K.B.</b> AZƏRBAYCANDA MAQİSTRAL QAZ KƏMƏRLƏRİNİN KORROZİYADAN MÜHAFİZƏSİNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİ .....	30
<b>Насијева.Л.,S., Nəsirli.Ü.E.</b> KIPLƏNDİRİCİ ELEMENTDƏ ÖZ-ÖZÜNƏ KIPLƏNDİRMƏ TƏMİN EDƏN GƏRGİNLİK DEFORMASIYANIN HESABLANMASI.....	35
<b>Mustafayev F.F</b> PAKERİN QUYUDAN ÇIXARILMA ÜSULUNUN TƏDQIQI .....	40
<b>Həmidov F.M.</b> YÜKSƏK MEKANİKİ XASSƏLİ ÜYÜDÜCÜ POLAD KÜRƏLƏRİN ALINMA TEXNOLOGİYASI.....	43
<b>Мамедова М.А.,Гаджиев А.А.</b> О КРИВЫХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ В КАНАЛАХ С МИКРОННОЙ РАСКРЫТОСТЬЮ .....	49
<b>Sadiqova T.Y.</b> BİTÜMLU QUMLARDAN İSTİFADƏNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİ TƏHLİLİ .....	57
<b>Алиев Б. Г., Сулейманов Т.С.</b> ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НЕОДНОРОДНОЙ БАЛКИ ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКЕ .....	65
<b>Алиев Э.А.</b> ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКА УСТАНОВКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НАСОСНЫХ ШТАНГ .....	69
<b>Rüstəmovə K.B.</b> NEFT-MƏDƏN AVADANLIQLARIN QURULUŞLARINDA NANOTEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİ VƏ İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ .....	75
<b>Gurbanov N.A., Babanlı M.B., Turen Y.A.</b> METAL MATRIX HYBRID LAMINATED COMPOSITE MATERIALS .....	80
<b>Quliyev A.Ə., Hüseynov S.S., Şərifova A.V.</b> PLASTİK YAĞLAYICI MATERIALLARA ƏLAVƏ EDİLƏN MİSLƏNDİRİLMİŞ OVUNTULARIN İNTİXAHI KÖÇÜRÜLMƏ REJİMİNƏ VƏ TRİBOTEXNİKİ XARAKTERİSTİKALARA TƏSİRİNİN TƏDQIQI.....	85
<b>Tağıyev T.Ə.</b> KİMYƏVİ TƏRKİBİN OVUNTU POLADLARININ ZƏRBLƏ ABRAZİV YEYİLMƏYƏ DÖZÜMLÜLÜYÜNƏ TƏSİRİ.....	93

## ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗО-ЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОЛОННЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТРУБ

<sup>1</sup>Р.С. Гурбанов, <sup>2</sup>Т.Г. Гурбанова

<sup>1</sup>Научно-Исследовательский Институт “Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия”

<sup>2</sup>Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

E-mail: turkan.gurbanova@asoiu.edu.az

Следуя работам Т.Г. Гурбановой движение смеси представим уравнением вида:

$$Q = aV^2 + bV + c \quad (1)$$

Где  $a$ ,  $b$  и  $c$  постоянные физически коэффициенты.

Отметим что уравнение (1) работами Т.Г. Гурбановой достоверно проверено промышленными экспериментами для дренажной зоны скважин.

В данной работы будет подтверждено, справедливость использования уравнение (1) для газожидкостного подъемника [1-3].

В работе Р.Бахтизина приведены экспериментальные данные в круглых трубах с диаметрами 0,038м, 0,05м, 0,063м, 0,075м, 0,100м которые будет использованы для подтверждения полученных результатов теоретического подхода [4].

Представим предложенного теоретического подхода, используя уравнение (1).

Постоянные коэффициенты уравнения (1) определим с учетом условий

$$\left. \frac{dQ}{dV} \right|_{V=V_{\max}} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{d}{dV} \left( \frac{V}{Q} \right)_{V=V_{\text{opt}}} = 0 \quad (3)$$

(2) и (3) и получим условия (3) справедливо на устье подъемника с учетом

$$b = -2aV_{\max} \quad (4)$$

$$c = aV_{\text{opt}}^2 \quad (5)$$

(4) и (5) подставив в уравнение (1) находим

$$Q = a(V^2 - 2V_{\max}V + V_{\text{opt}}^2) \quad (6)$$

Величина определяется из условия, что при  $V = V_{\max}$  будет равным  $Q = Q_{\max}$ , тогда получим

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{V^2 - 2V_{\max}V_{\text{opt}} + V_{\text{opt}}^2}{V_{\max}^2 - V_{\text{opt}}^2} \quad (7)$$

Обе стороны зависимости (7) добавив 1, получим



$$1 - \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{(V - V_{\max})^2}{V_{\max}^2 - V_{opt}^2} \quad (8)$$

или

$$1 - \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{V_{\max}^2 \left(1 - \frac{V}{V_{\max}}\right)^2}{V_{\max}^2 \left[1 - \left(\frac{V_{opt}}{V_{\max}}\right)^2\right]} \quad (9)$$

Из (9) получим

$$\sqrt{1 - \frac{Q_i}{Q_{\max}}} = \frac{1 - \frac{V_i}{V_{\max}}}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{opt}}{V_{\max}}\right)^2}} \quad (10)$$

Уравнение (10) в координатной системе является прямой линии, с координатами  $\sqrt{1 - \frac{Q_i}{Q_{\max}}}$  и  $\left(1 - \frac{V_i}{V_{\max}}\right)$

и направляюще коэффициентом  $\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{opt}}{V_{\max}}\right)^2}}$ , и проходит через начало координат.

Экспериментальные данные обработаны методом наименьших квадратов и результаты расчетов представлены в таблице 1.

Результаты расчетов уравнения (1),  $V_{\max}$  и  $V_{opt}$  величин

Таблица 1

Диаметры труб, в метрах				
0,038	0,05	0,063	0,075	0,10
$Q = -0,01102V^2 + 0,4040V - 0,535$	$Q = -0,0149V^2 + 0,396V - 0,3856$	$Q = -0,003V^2 + 0,187V - 0,374$	$Q = -0,00218V^2 + 0,345V - 1,164$	$Q = -0,017V^2 + 1,821V - 32,456$
$V_{\max} = 18,334$	$V_{\max} = 13,19$	$V_{\max} = 34,46$	$V_{\max} = 79,49$	$V_{\max} = 53,556$
$V_{opt} = 0,148$	$V_{opt} = 5,07$	$V_{opt} = 11,79$	$V_{opt} = 7,314$	$V_{opt} = 43,68$
$\frac{V_{opt}}{V_{\max}} = 0,0724$	0,38	0,339	0,092	0,826

Данные в таблице 1 построенные обобщенные прямые линии в координатах  $\sqrt{1 - \frac{Q_i}{Q_{\max}}}$  и  $\left(1 - \frac{V_i}{V_{\max}}\right)$ . Этот подход проведено для давления с использованием уравнения

$$P = a_1 V^2 + b_1 V + c \quad \text{и условий} \quad \frac{dP}{dV} \Big|_{V=V_{\max}} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{d}{dV} \left(\frac{V}{Q}\right) \Big|_{V=V_{opt}} = 0$$

Здесь уравнения притока из пласте в скважину и забойного давления описываются полиномами второго порядка.

Результаты подхода представления на рис. 1.

$$\pm \sqrt{1 - \frac{Q_i}{Q_{\max}}}, 1 - \frac{V_i}{V_{\max}}$$

$$\sqrt{1 - \frac{\Delta P_i}{\Delta P_{\max}}}$$

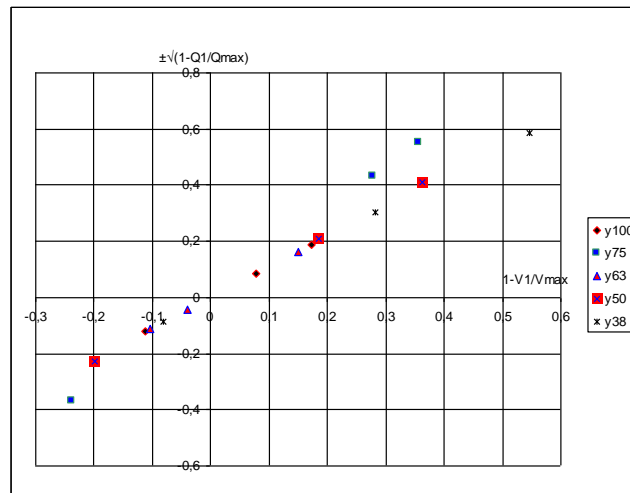


Рис. 2. Зависимость

$Q = f(V)$  и  $\Delta P = f(V_i)$ , соответственно представлены в координатах  $\sqrt{1 - \frac{Q_i}{Q_{\max}}}$ ,  $\left(1 - \frac{V_i}{V_{\max}}\right)$  и  $\sqrt{1 - \frac{\Delta P_i}{\Delta P_{\max}}}$ ,  $\left(1 - \frac{V_i}{V_{\max}}\right)$

При совместном движении жидкости и газа в вертикальной трубе подъем жидкости кроме энергии гидростатического напора и расширяющего газа происходит также методом проталкивания или, газирования поперечного сечения труб элементарный струйками внутри которых течет жидкость. Этим и оправдывается модели дебита и давления.

Результат исследования. Полученные зависимости позволили определить расход жидкости и давления в зависимости от расхода газа.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что движение вертикальной цилиндрической трубы газожидкостной смеси уравнением

$$Q = aV^2 + bV + c \text{ с условиями } \left. \frac{dQ}{dV} \right|_{V=V_{\max}} \text{ и } \left. \frac{d}{dV} \left( \frac{V}{Q} \right) \right|_{V=V_{\text{opt}}}$$

2. Результаты теоретических расчетов хорошо согласуется с экспериментальными данными проведенных в трубах с диаметрами: 38, 50, 63, 75, 100мм.
3. Теоретические результаты хорошо совпадают с экспериментальными данными.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Насибов Н.Б. Разработка и применение регулируемого режима в фонтано-газлифтной скважине. Диссертация доктора философии по технике, Баку, 2007, 155 с.
2. Мамедова З.Э. Установление наилучшего режима эксплуатации газопроводящих насосных



- скважин: Диссертация доктора философии по технике, Баку, 2007, 158 с.
3. Гурбанова Т.Г. Разработка газогидродинамических методов эксплуатации скважин, работающих насосным способом. Диссертация доктора философии по технике, Баку, 2018, 175 с.
  4. Бахтизин Р.Н., Хасанов М.М., Эфендиева Н.Н. Об одном способе учета априорной информации исследования газлифтных скважин // Нефть и газ, 1993, №2, с. 32-36.

## **HYDRODYNAMIC EQUATION OF MOVEMENT OF GAS-LIQUID MIXTURE ON VERTICAL CYLINDRICAL PIPELINE**

<sup>1</sup>R.S. Gurbanov, T.H. <sup>2</sup>Gurbanova

<sup>1</sup>Scientific-Research Institute "Geotechnological Problems of Oil, Gas and Chemistry"

<sup>2</sup>Azerbaijan State Oil and Industry University.

E-mail: turkan.gurbanova@asoiu.edu.az



## ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТАНКОВ-КАЧАЛОК С НЕСИММЕТРИЧНЫМ РЕЖИМОМ ОТКАЧКИ

<sup>1</sup>З.Э. Эйвазова, <sup>2</sup>Г.А.Гусейнов

<sup>1,2</sup>Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Email: eyvazovaze@mail.ru

### ABSTRACT

Currently, in connection with the increasing role of sucker rod pump operation, the most relevant studies aimed at improving the operational performance of the balancer drives of the borehole sucker rod pump unit (BSRPU) as the most reliable and easy to manufacture and operate the drive. This paper discusses the research and development of balancing one-arm pumpjacks with a large angle of deaxial. In the asymmetric mode of pumping fluid from the well, due to the fact that the plunger moves down and up at different speeds, pumpjacks with a large deaxial angle ( $15^{\circ}$  to  $25^{\circ}$ ) can be used to produce highly viscous oil. The rationale for the further improvement of pumping units with an asymmetric mode of pumping high-viscosity oil from a well is given. The use of an asymmetric pumping mode with a coefficient of change of the average speed other than unity is a direction that is qualitatively different from traditional ways of increasing the efficiency of a borehole sucker rod pump installation. As a result of the studies, the design of a one-shoulder pumpjack with a large deaxial angle and a stand deflected with a jack (mechanical or hydraulic) was proposed, which allows the wellhead to be freed up for repair work in the well in cases where the design of the rotary head is impossible. An additional purpose of the jack is to use it as an additional support at the time of changing the stroke length of the rod suspension point, when, due to the need to disconnect the connecting rods from the cranks, the balancer loses stability. A computer simulation of the proposed design was carried out and design options were presented in the working position and in the position when the stand is rejected and the wellhead is freed up for free-wheeling of the tackle block for repair work.

**Keywords:** sucker rod pump drive, pumpjack, one-shoulder, angle of deaxial, assymetric pumping mode.

### РЕЗЮМЕ

В настоящее время в связи с возрастающей ролью штанговой насосной эксплуатации скважин наиболее актуальны исследования, направленные на улучшение эксплуатационных показателей балансирных приводов скважинной штанговой насосной установки (СШНУ) как наиболее надежного и простого в изготовлении и эксплуатации привода. В данной работе рассмотрены вопросы исследования и разработки балансирных одноплечих станков-качалок с большим углом дезаксиала, обеспечивающий несимметричный режим работы станка-качалки. При несимметричном режиме откачки жидкости из скважины благодаря тому, что движение плунжера вниз и вверх осуществляется с разной скоростью, можно для добычи высоковязкой нефти использовать станки-качалки с большим углом дезаксиала ( $15^{\circ}$ – $25^{\circ}$ ). Дано обоснование целесообразности дальнейшего усовершенствования станков-качалок с несимметричным режимом откачки высоковязкой нефти из скважины. Использование несимметричного режима откачки с коэффициентом изменения средней скорости хода отличного от единицы является направлением, качественно отличающимся от традиционных путей повышения эффективности работы скважинной штанговой насосной установки. В результате исследований была предложена конструкция одноплечего станка-качалки с большим углом дезаксиала и отклоняемой при помощи домкрата (механического или гидравлического) стойкой, позволяющей освобождать устье скважины для проведения ремонтных работ в скважине в тех случаях, когда невозможно конструктивное исполнение поворотной головки. Дополнительным назначением домкрата является использование его в качестве дополнительной опоры в момент смены длины хода точки подвеса штанг, когда из-за необходимости отсоединения шатунов от кривошипов балансира теряет устойчивость. Проведена компьютерная симуляция предлагаемой конструкции и представлены варианты конструкции в рабочем положении и в положении, когда стойка отклонена и устье скважины освобождено для свободного хода талевого блока для проведения ремонтных работ.

**Ключевые слова:** привод штангового скважинного насоса, станок-качалка, одноплечий, угол дезаксиала, несимметричный режим откачки.

### XÜLASƏ



Hal-hazırda quyuların ştanq nasos istismarının artan rolu ilə əlaqədar olaraq quyu ştanq nasos qurğusunun (QŞNQ) ən etibarlı, hazırlanmada və istismarda sadə olan tarazlı intiqallarının istismar göstəricilərinin yaxşılaşmasına yönəldilmiş tədqiqatlar ən aktualdır. Bu işdə, qeyrisimmetrik işləmə rejimini təmin edən böyük dezaksial bucaqı olan tarazlı birçiyinli mancanaq dəzğahının tədqiqi və inkişafını müzakirə edilir. Quyudan qeyrisimmetrik rejimdə mayenin çıxarılmasında, plunlerin müxtəlif sürətlə aşağıya və yuxarıya doğru hərəkət etməsi sayəsində, yüksək özlülüklü olan nefti istehsal etmək üçün böyük dezaksial bucaqlı (150°-250°) mancanaq dəzğahlardan istifadə edilə bilər. Quyudan yüksək özlülüklü neftin çıxarılması üçün qeyrisimmetrik rejimində işləyən mancanaq dəzğahların daha da yaxşılaşdırılması üçün əsaslandırma verilmişdir. Gedişinin orta sürətinin vahiddən fərqli olan dəyişmə əmsalı ilə qeyri-simmetrik çıxartma rejimindən istifadə etmək quyu ştanq nasos qurğusunun səmərəliliyinin artmasının ənənəvi yollarından keyfiyyətə fərqlənən istiqamətdir. Tədqiqatlar nəticəsində böyük dezaksial bucaqlı və domkratinin (mexaniki yaxud hidravliki) köməyi ilə quyuda təmir işlərinin aparılması üçün quyunun ağızını azad etməyə imkan verən dayaqla (dönmə başının konstruktiv icra edilməsi mümkün olmsdıqda) birçiyinli mancanaq dəzğahının konstruksiyası təklif edilmişdir. Domkratin əlavə təyinatı ondan ibarətdir ki, sürgü qolunun asqı nöqtəsini dəyişmə vaxtında sürgü qollarını çarx qollarından ayırmaq tələb olunduqda ondan əlavə dayaq kimi istifadə etməkdədir. Təklif edilən konstruksiyanın kompüter simulyasiyası keçirilmişdir və işçi vəziyyətdə və dayaq əyildikdə və quyunun ağızı təmir işlərinin keçirilməsi üçün tal blokunun sərbəst gediş vəziyyətində konstruksiyanın variantları təqdim edilmişdir.

**Açar sözlər:** ştanq quyu nasosunun intiqalı, mancanaq dəzğahı, birçiyinli, dezaksialın bucağı, çıxartmanın qeyri-simmetrik rejimi.

Применяемые на промыслах Азербайджана балансирные двухплечие станки-качалки до 1985 года изготавливались по аксиальной схеме, когда угол дезаксиала  $\theta = 0$ . В 1986 году в соответствии с разработанным ОСТ 26-16-08-87 наше производство перешло на изготовление двухплечих станков-качалок типа СКД по дезаксиальной схеме с углом дезаксиала  $\theta = 90$ . Такой угол дезаксиала считается наиболее оптимальным и соответствует американскому стандарту API. При наличии угла дезаксиала режим откачки нефти из скважины приобретает несимметричный режим в сравнении с симметричным режимом при аксиальной кинематической схеме.

В связи с неуклонным ростом добычи высоковязких и вязкопластичных жидкостей появляется насущная потребность в использовании несимметричного режима откачки с целью повышения эффективности откачки вязкой нефти.

Как известно, гидравлические сопротивления, возникающие при откачке неньютоновских нефтей достигают очень больших величин, которые, в первую очередь приводят к увеличению мощности привода насосной установки, увеличению максимальной нагрузки в точке подвеса штанг (ТПШ) и как следствие, к увеличению обрыва штанг. При движении же колонны штанг вверх эти же нагрузки приводят к отставанию штанг от головки балансира – движение головки балансира вверх начинается тогда, когда колонны штанг еще продолжает двигаться вниз. Это сокращает полезную длину хода плунжера и создает удар на штанги из-за внезапного изменения направления движения. Поэтому использование обычных аксиальных двухплечих станков-качалок или дезаксиальных с малым углом дезаксиала для откачки вязкой нефти практически становится неэффективным ввиду частого обрыва штанг, а также из-за очень низкого коэффициента заполнения насоса.

Устранение вышеуказанных осложнений решаются в настоящее время в следующих двух направлениях:

1. Проблема неполного заполнения скважинных штанговых насосов решается путем увеличения проходного сечения клапанов, уменьшения вязкости нефти путем подлива жидкости и уменьшения гидравлических сопротивлений на пути жидкости к всасывающему клапану.

2. Проблема отставания штанг от головки балансира решается путем создания постоянно действующей вниз нагрузки (не утяжеляя штанги, так как последнее приводит к увеличению площади их контакта с жидкостью), увеличения диаметра подъемных труб, подогревом нефти в подъемных трубах или комбинацией того и другого.

Однако указанные способы недостаточно эффективны и требуют дополнительных затрат и оборудования. Следует отметить, что вопрос влияния коэффициента изменения средней скорости движения точки подвеса штанг (ТПШ) на работу СШНУ, как один из основных вопросов техники и механики механизированного способа добычи нефти, возник давно.

Режим работы насосной установки с коэффициентом изменения скорости  $ko \neq 1$ , т.е. когда отношение скорости движения ТПШ вверх и вниз неодинаковое, назван «несимметричным режимом откачки» [1] и там же возникает вопрос о необходимости исследования этого режима. Исследования проводились на базе конструкции одноплечего станка-качалки с домкратным механизмом (рис.1), разработанной на кафедре «Техника производства и переработки нефти и газа» Азербайджанской Государственной Нефтяной

Академии (АГНА). В данной конструкции домкрат предназначался только для поддержания балансира на весу при отсоединении шатунов от кривошипов во время изменения длины хода ТПШ.

При несимметричном режиме откачки жидкости из скважины благодаря тому, что движение плунжера вниз и вверх осуществляется с разной скоростью, можно для добычи высоковязкой нефти использовать станки-качалки с большим углом дезаксиала ( $\theta 150 \div 250$ ). Однако создавать двуплечие станки-качалки с большим углом дезаксиала, обеспечивающим необходимый режим откачки жидкости, не представляется возможным из-за конструктивных сложностей. Для подобных условий работы скважинной штанговой насосной установки можно использовать станки-качалки с одноплечим балансиром, в конструкции которых возможно предусматривать большой угол дезаксиала.

Кроме этого, одноплечие станки-качалки по сравнению с двуплечими станками-качалками имеют меньшую металлоемкость, в основном из-за отсутствия заднего плеча балансира, длины рамы и т.д. В одноплечих станках-качалках вращательное движение вала электродвигателя также, как и в двуплечих станках-качалках, преобразовывается в возвратно-поступательное движение точки подвеса штанги при помощи шарнирного кривошипно-шатунного преобразующего механизма.

Кинематический анализ данного одноплечего станка-качалки проводился в соответствии с существующими формулами [1, 2] по разработанной на кафедре АГНА компьютерной программе расчета станков-качалок. Основными параметрами были выбраны: безразмерные отношения:

$r/k=0,4$ ;  $r/l=0,3$ ;  $k1/k=1,4$ ; диаметр насоса  $d_n=28$  мм; V-образность кривошипа – 30°; угол дезаксиала  $\theta=250$ ; число качаний ТПШ в минуту

$n = 12$ ; длина хода ТПШ  $S = 3,5$  м; глубина подвеса насоса  $H = 2500$  м.

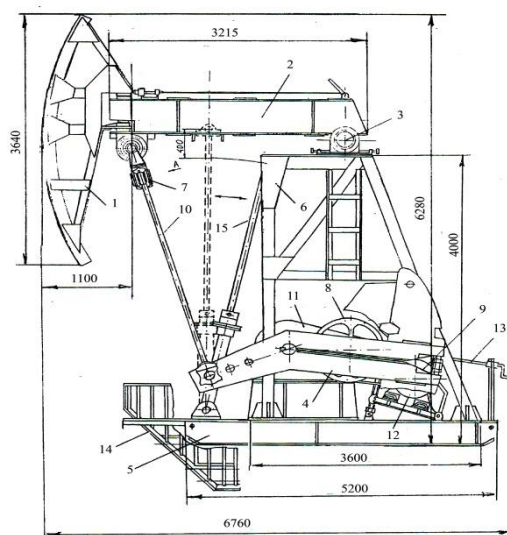


Рис.1. Конструкция одноплечего станка-качалки с домкратным механизмом

На рис.2 представлена сравнительная кинематическая схема одноплечего станка-качалки с аксиальным и дезаксиальным расположением механизма. При симметричном цикле откачки, т.е. при  $\theta = 0$ , углы поворота кривошипа при ходе вверх и вниз имеют одинаковые значения, т.е.  $\varphi_n = \varphi_v$ ,  $k_o=1$ .

Принимая во внимание условие, что в начале хода ТПШ вверх направления вращения кривошипа и балансира совпадают, при правом расположении механизма (O1A1BC), ТПШ движется вверх медленнее, чем вниз, т.е.:

$$k_o = \frac{v_n}{v_v} = \frac{\varphi_1^H}{\varphi_1^B} = \frac{\pi + \theta}{\pi - \theta} > 1 \quad (1)$$

При левом расположении механизма ТПШ движется вверх быстрее, чем вниз, т.е.:

$$k_o = \frac{v_n}{v_v} = \frac{\varphi_2^H}{\varphi_2^B} = \frac{\pi - \theta}{\pi + \theta} < 1 \quad (2)$$

Рассмотрим случай с медленным ходом вверх ( $k_o > 1$ ). Если предположить, что скорость перемещения ТПШ при ходе вверх меньше на 25% меньше, чем при ходе вниз, угол дезаксиала будет определяться как:

$$\theta = \pi \frac{1 - 1,25}{1 + 1,25} = -20^\circ$$

Сравнивая отдельно ход вверх и ход вниз одного полезного цикла работы насосной установки с симметричным режимом при  $k_0 = 1$  (рис.3) видно, что во время хода вверх в момент окончания периода начальной деформации точка В точки подвеса штанг все еще движется относительно плунжера с конечной скоростью  $V_u$ .

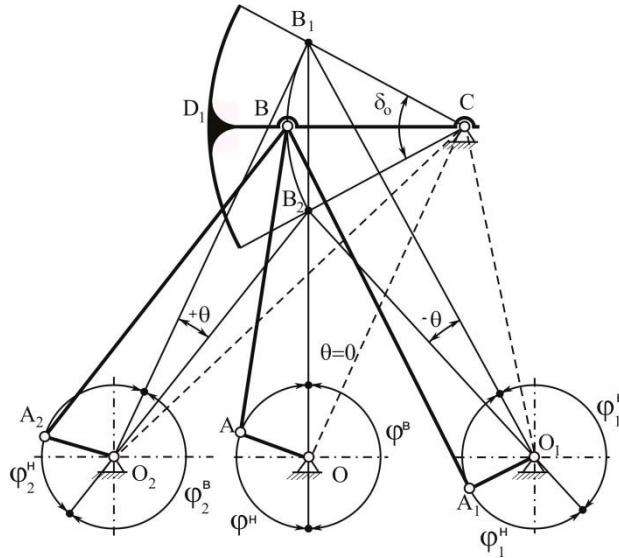


Рис.2. Сравнительная кинематическая схема одноплечего станка-качалки с аксиальным и дезаксиальным расположением механизма

После открытия всасывающего клапана плунжер и жидкость над ним приходят в движение с быстро нарастающей скоростью, обуславливающей возникновение в колонне штанг инерционных напряжений.

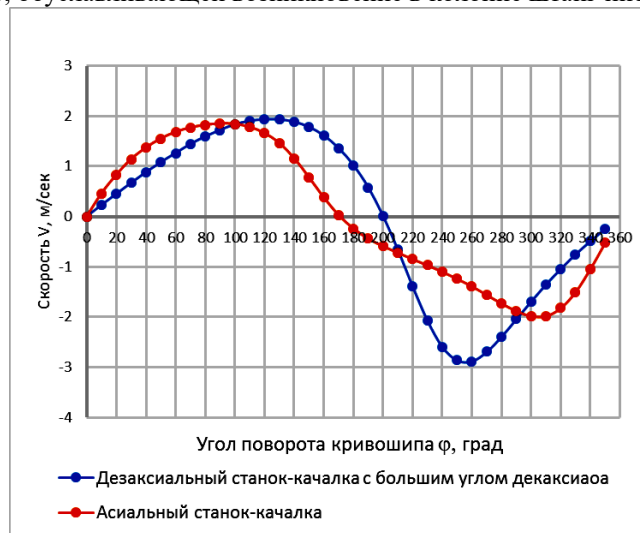


Рис.3. Сравнительный график с симметричным и несимметричным режимом работы станков-качалок

В интервале времени  $t_u$  (участок BC), в котором инерционные напряжения  $\sigma_u$  нарастают с

$$\sigma_u = E \frac{V_u}{H} t_u \quad (3)$$

где  $H$  – глубина подвески насоса;  $E$  – модуль упругости материала штанг.

Интенсивность нарастания напряжения (динамичность нагружения) на этом участке будет вычисляться по формуле:

$$V_{\sigma} = \frac{\partial \sigma_u}{\partial t} = E \frac{V_u}{H} \quad (4)$$

Максимальная и минимальная динамические нагрузки определяются по формулам:

$$P_{\text{дmax}} = k_v \cdot V\lambda 1 + k_w \cdot W\lambda 1 \quad (5)$$

$$P_{\text{дmin}} = k'_v \cdot V\lambda 2 + k_w \cdot W\lambda 2 \quad (6)$$

где  $k_v$ ,  $k'_v$  и  $k_w$  – постоянные коэффициенты, зависящие от условий работы насосной установки;  $V\lambda 1$  и  $W\lambda 1$  – скорости и ускорения ТПШ в момент окончания упругой деформации штанг при ходе вверх;  $V\lambda 2$  и  $W\lambda 2$  – скорости и ускорения ТПШ в момент окончания упругой деформации штанг при ходе вниз.

Так как экстремальные значения нагрузок в ТПШ в несколько раз больше зависят от  $V\lambda$ , чем от ускорения  $W\lambda$ , в формулах (5) и (6) членами, пропорциональными ускорению, можно пренебречь и принять интенсивность нагружения колонны штанг и динамические нагрузки при прочих равных условиях зависящими, главным образом, только от величины скорости ТПШ в момент окончания упругих деформаций при ходах вверх и вниз ( $V\lambda 1$  и  $V\lambda 2$ ). Величина скоростей в ТПШ при ходе вверх в механизмах с  $k_0 > 1$  заметно меньше, чем в аксиальном механизме с  $k_0 = 1$ , т.е. налицо возможность уменьшения величины максимальной нагрузки в ТПШ. Что касается величины скорости ТПШ в конце периода деформации при ходе вниз  $V\lambda 2$ , то она зависит еще и от знака угла дезаксиала и может обеспечить увеличение минимальной нагрузки, дать возможность сблизить экстремумы нагрузки в ТПШ и создать для колонны насосных штанг более благоприятные условия работы, чем в случае со станками-качалками, работающими на симметричном цикле.

С целью поиска возможностей совершенствования одноплечих станков-качалок были проведены исследования кинематических схем с большим углом дезаксиала, в результате которых были выявлены наиболее эффективные схемы. Однако одним из недостатков оказалось то, что разница между передним и задним плечами составляло менее 0,5 м. Этот факт являлся основным препятствием для внедрения таких кинематических схем, так как конструктивно сделать головку балансира поворотной было невозможно из-за ограниченного пространства для установки шарнирного поворотного устройства. Поворот головки балансира необходим при проведении ремонтных работ в скважине при освобождении пространства над устьем скважины для свободного прохода талевого блока подъемных установок.

В результате проведенных исследований было предложено приваривать головку к телу балансира, а стойку сделать состоящей из двух секций, верхняя их которых сделана отклоняемой. Отклонение стойки осуществлять при помощи домкратного механизма (механического или гидравлического), установленного на раме станка-качалки [3]. В отличие от прототипа в рабочем положении станка-качалки шток домкратного механизма присоединен к специальному приспособлению, установленному на верхней секции стойки, шарнирно соединенной с нижней секцией (рис.4, а), а корпус – шарнирно присоединен к раме станка-качалки. При выдвигании штока домкрата достигается отклонение верхней секции стойки и, соответственно, будет отклоняться от устья скважины на необходимое расстояние и приваренная к телу балансира головка (рис.4, б). Специальное приспособление позволяет удерживать верхнюю секцию стойки в отклоненном состоянии.

При этом у домкрата имеется также дополнительное назначение – он используется как опора при изменении режима работы, а именно при смене длины хода ТПШ, когда необходимо изменить радиус вращения кривошипа. При отсоединении шатунов от кривошипов балансир теряет устойчивость и для проведения дальнейших работ необходима дополнительная опора для неуровновешенного балансира, в качестве которой и используется домкрат (рис.4, в).



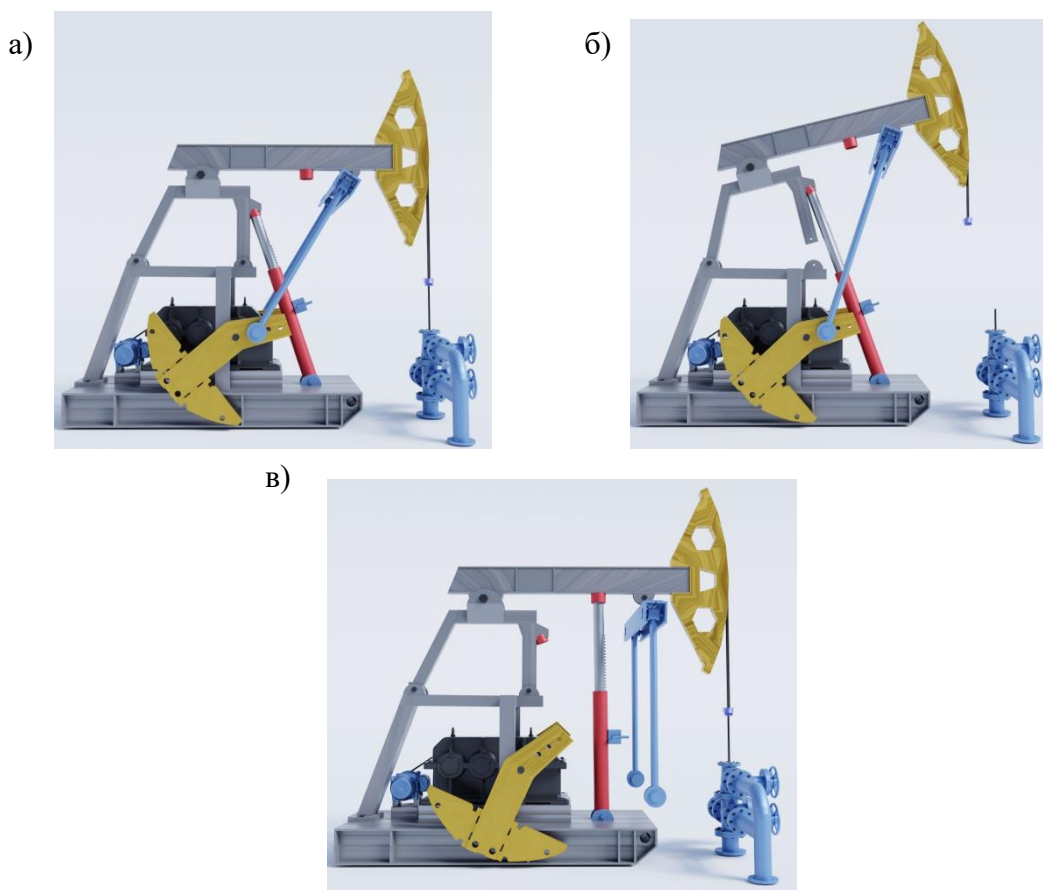


Рис.4. Компьютерная модель конструкции одноплечего станка-качалки в рабочем (а), отклоненном (б) положениях и при смене длины хода (в)

При изменении длины хода точки подвеса штанг необходимо, например, точку сочленения шарнирно закрепленных на траверсе 6 шатунов 4 с кривошипами 3 переместить из точки а в точку b (рис.5). Для этого осуществляют следующие операции:

- останавливают станок-качалку, закрепляют тормозом 1 ведущий вал редуктора 2, освобождают шток домкрата 11 из шарнира 12, и поворачивая домкрат вокруг точки С выдвигают шток на необходимую длину, вводят его до упора в шарнирный держатель 7, после чего отсоединяют шатуны вместе с нижней головкой шатуна (т. О1) из отверстия а; при этом шатуны, поворачиваясь вокруг точки В, примут вертикальное положение, а балансир не сможет повернуться вокруг точки О;
- произведя необходимые действия с домкратом, связанные с изменением расстояния между точками В и b, соединяют точку О1 шатунов с кривошипами в точке b;
- выводят шток домкрата из шарнирного держателя 7 и возвращают в исходное положение, соединив с шарниром 12 стойки.

Усилия, действующие на узел домкрата в процессе поддержания балансера станка-качалки, определяются следующим образом. На рис.5 показано распределение действующих усилий. Здесь  $R_d$  – реакция на домкрате;  $P_{ш}$ ,  $P_t$ ,  $P_r$ ,  $P_b$  – соответственно веса шатунов, траверсы, головки балансера и балансера;  $X_b$ ,  $X_d$ ,  $X_{ш}$ ,  $X_r$  – расстояние от опоры балансера соответственно до центра его тяжести, домкрата, шатунов и центра тяжести головки. Из уравнения равновесия получим:

$$R_d = [P_r X_r - (P_{ш} + P_t) X_{ш} - P_b X_b] / X_d$$

Расчеты, проведенные для выбранных параметров одноплечего станка-качалки, показывают вполне приемлемые значения усилий для проектирования и использования домкратного механизма.

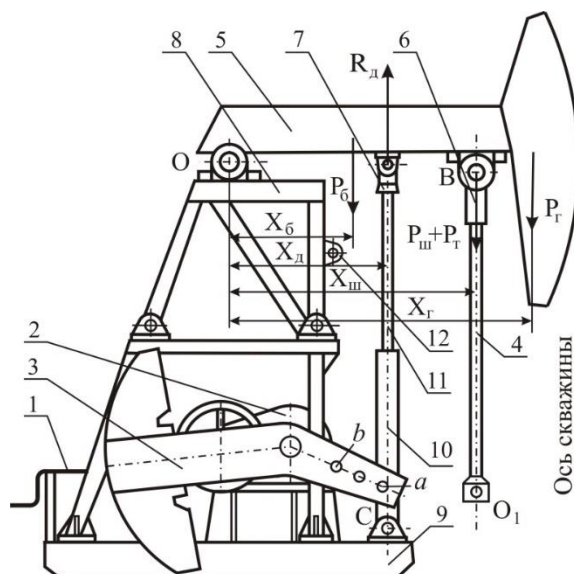


Рис.5. Схема поддержания балансира с помощью домкрата при смене длины хода ТПШ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Дано обоснование целесообразности дальнейшего усовершенствования станков-качалок с несимметричным режимом откачки нефти из скважины на базе одноплечих станков-качалок.
2. Представлены зависимости, определяющие максимальную и минимальную динамические нагрузки, возникающие в точке подвеса штанг.
3. Проведена компьютерная симуляция предлагаемого варианта конструкции одноплечего станка-качалки с домкратом, позволяющим отклонять стойку для освобождения пространства над устьем скважины при проведении ремонтных работ в скважине, а также поддерживающим балансиры при смене длины хода точки подвеса штанг.
4. Даны зависимости для определения усилий, действующих на узел домкрата в процессе поддержания балансира станка-качалки.
5. В результате расчетов, проведенных для выбранных параметров одноплечего станка-качалки, получены вполне приемлемые значения усилий для проектирования и использования домкратного механизма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. К.С.Аливердизаде и др. Расчет и конструирование оборудования для эксплуатации нефтяных скважин. М.: Гостоптехиздат, 1959, 563 с.
2. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования./Л.Г.Чичеров, Г.В.Молчанов, А.М.Рабинович и др. М.: Недра, 1987, 499 с.
3. Vahidov M.A., Şərifov V.H., Eyvazova Z.E. «Mancanaq dəzgahı». Патент İ 2004 0165. İddia sənədinin nömrəsi 2002 0233, ilkinlik tarixi 17.12.2002. Dövlət reestrinə qeyd olunub: 28.09.2004.

## JUSTIFICATION OF FEASIBILITY FURTHER IMPROVEMENT PUMPJACK WITH ASYMMETRIC PUMPING MODE

<sup>1</sup>Z.E.Eyvazova, <sup>2</sup>H.A.Huseynov

<sup>1,2</sup>Azerbaijan State University of Oil and Industry

Email: eyvazovaze@mail.ru



## ABSTRACT

Currently, in connection with the increasing role of sucker rod pump operation, the most relevant studies aimed at improving the operational performance of the balancer drives of the borehole sucker rod pump unit (BSRPU) as the most reliable and easy to manufacture and operate the drive. This paper discusses the research and development of balancing one-arm pumpjacks with a large angle of deaxial. In the asymmetric mode of pumping fluid from the well, due to the fact that the plunger moves down and up at different speeds, pumpjacks with a large deaxial angle ( $15^\circ$  to  $25^\circ$ ) can be used to produce highly viscous oil. The rationale for the further improvement of pumping units with an asymmetric mode of pumping high-viscosity oil from a well is given. The use of an asymmetric pumping mode with a coefficient of change of the average speed other than unity is a direction that is qualitatively different from traditional ways of increasing the efficiency of a borehole sucker rod pump installation. As a result of the studies, the design of a one-shoulder pumpjack with a large deaxial angle and a stand deflected with a jack (mechanical or hydraulic) was proposed, which allows the wellhead to be freed up for repair work in the well in cases where the design of the rotary head is impossible. An additional purpose of the jack is to use it as an additional support at the time of changing the stroke length of the rod suspension point, when, due to the need to disconnect the connecting rods from the cranks, the balancer loses stability. A computer simulation of the proposed design was carried out and design options were presented in the working position and in the position when the stand is rejected and the wellhead is freed up for free-wheeling of the tackle block for repair work.

**Keywords:** sucker rod pump drive, pumpjack, one-shoulder, angle of deaxial, assymetric pumping mode.



## BAĞLAYICI QURULUŞLARA YENİ MODEL REZİN MATRİSALI KIPLƏNDİRİCİLƏRİN TƏTBİQİ

C.N Aslanov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: camaladdin.aslanov@asoiu.edu.az

### XÜLASƏ

Məqalə Fontan armaturunun bağlayıcı quruluşların kipləndirici manjetlərinə rezin matrisanın tətbiqi ilə kauçukdan alınmış bərk bağlayıcıların xarakteristikalarının idarə edilməsinin onun strukturuna rezin matrisin anizotropiyasını yeritməklə rezin kipləndiricilərin kipləndirmə effektinin artırılmasına həsr edilmişdir. Bu məqsədlə, yeni siyirtmə konstruksiyaları alınmış və bu konstruksiyalara yeni model modifika edilmiş rezin elastomer matris əsaslı iki qat matrislənmiş yeni panel kipləndiricilər tətbiq edilmişdir.

Açar sözlər: siyirtmə, kipləndirici, bağlayıcı, rezin, matris, anizotropluq, deformasiya.

### ABSTRACT

The following problem was considered in the article: the increase in the sealing effect of rubber seals with the control of the characteristics of rigid closures obtained from rubber with the introduction of rubber matrices into their sealing cuffs into the structure of which anisotropy of the rubber matrices of the christmas tree closing devices. To this end, a new valve design developed and a new model with rubber matrices of rigid rubber seal closures introduced.

**Keywords:** valve, seal, connector, rubber, matrix, anisotropy, deformation.

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена на повышение уплотнительного эффекта резиновых уплотнителей с введением на его структуру анизотропии резиновых матриц полученных из каучука с управлением характеристик жестких закрывательных устройств фонтанной арматуры. С этой целью, получены новые конструкции задвижки и для этих конструкций была применена новая модель модифицированных, так называемых, панельные уплотнители на основе двухслойных матрицы из резинового эластомера.

**Ключевые слова:** задвижка, уплотнитель, закрыватель, резина, матрица, анизотропность, деформация

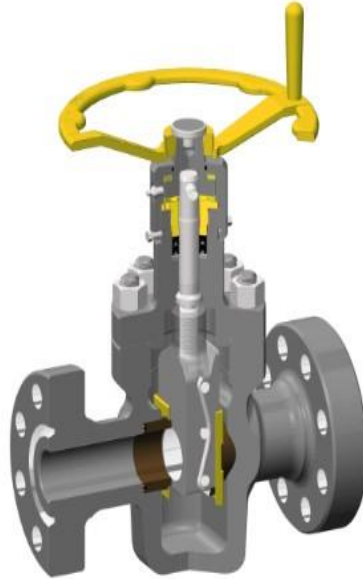
### GİRİŞ

Fontan armaturlarının və onların dəstləşdirilməsilə işlədilən bağlayıcı quruluşların işqabiliyyətini yüksəltmək üçün zəruri konstruktiv həllər qəbul etməklə onların kipliyinin artırılmasını və iş rejiminin asanlaşdırılmasını təmin etmək olar (şəkil 1). Bu istiqamətdə siyirtmələrin iş şəraiti, onların metal və rezin detallarının düzgün material təminatı önəmli məsələlərdəndir.

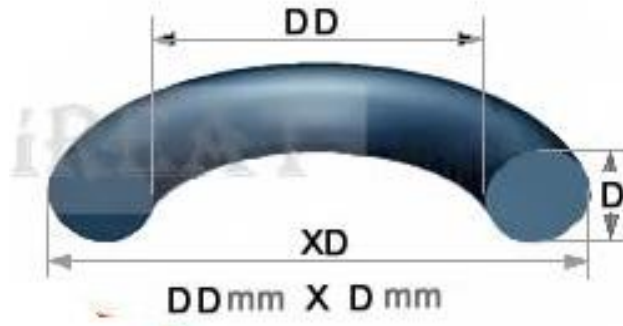
Bağlayıcı quruluşlar sinfinə daxil olan siyirtmələrin imtina etmə səbəblərinin sitemləşdirilməsi göstərir ki, əsasən, problemlər özünü siyirtmələrin tam açılıb-bağlanmaması sipər və yəhərin işçi səthinin yeyilməsi (26%), sipərin yayının sınması (38%) və kiplək elementlərinin sıradan çıxması (36%) kimi biruzə verir [3,4,5].

Bağlayıcı quruluşların düyün detallarının oturdulmuş yuvalarında metal –metal səth arxasında, birləşmələr arasında və sonluqlarda hermetikliyin təmin edilməsi bilavasitə elastomer kipləndiricilərin vasitəsi ilə həyata keçirilmiş olur. Kipləndiricilər əsasən rezen materialdan hazırlanmaqla müxtəlif konstruksiyalara malikdir. Bağlayıcı quruluşlarda əsasən en kəsiyi dairəvi, düzbucaqlı, trapesli, uçbucaqlı və Y –şəkilli kipləndirici halqalardan istifadə olunur. Dairəvi enkəsikli və Y –şəkilli kipləndiricilər ən çox istifadə olunan kipləndiricilərdir. Qeyd edilən kipləndiricilər metal metal sətlər arasınada, həmçinin arxasında və yiv birləşmələrin yuvasında tam hermetiklik yaratmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Ümumiyyətlə maşın və avadanlıqların kipləndirici düyünlərində və dizaynında işlədilən ən məşhur kipləndirici en kəsiyi dairəvi olan halqalardır. API standartlarına əsasən dairəvi enkəsikli kipləndirici halqaların materialları Nitril (NBR veyə Buna-N), Silikon (VMQ), Florokarbon (Viton, FKM), perfloroelastomer (Kalrez ® (FFKM), Florosilikon (FVMQ), Etilen Propilen (EPM, EPDM, EP, EPR), Neopren (CR, Kloropren), Poliüretan (AU, EU) -lardan istifadə edilir. Dairəvi enkəsikli kipləndiricilər texniki göstəricilərinə görə standartlaşdırılmışdır və DÜST 14896-84 üzrə texniki parametrləri Cədvəl 1. onların texniki göstəriciləri verilmişdir (şəkil 2.).



Şəkil 1. Bir lövhəli ZM tipli düzaxınlı siyirtmənin ümumi görünüşü



Şəkil 2. Dairəvi enkəsikli kipləndirici ümumi görünüşü

Dairəvi kipləndirici elementin DÜST 14896-84 üzrə texniki parametrləri

Cədvəl 1

Həlqənin növü və ölçüləri	d mm		Kütlə 1000 ədəd, kq
	Nominal	Buraxılan ölçüləri	
028 – 036 - 46	27.5	- 0.5	1.68
030 – 038 - 46	29.5		1.78

Siyirtmənin tıxayıcı düyünynə daxil olan həlqəvi kipləndiricilər girişdə çıxışda tam kiplik yaratması və bu kipliyi uzun müddət saxlaması siyirtmənin şipindel -qayka düyünün daxil olan manjetlərin uzunöürlülyünə səbəb olur. Hal hazırda bir çox tipik (kipliyi çıxışda təmin olunan siyirtmələrdə daha çox) bir müddət işlədikdən sonra təzyiqli mayenin giriş boğazından siyirtmənin yuxarı qapaq boşluğuna dolması hesabına həmin bölgədə olan manjetlərin yorulmadan sıradan şıxması hesabına sızmaların baş verməsinə səbəb olur. Qeyd edilən kipləndiricilərin rezin materiallarının konstruksiyasının və strukturunun möhkəmləndirilməsinə ehtiyac vardır. Bu məsələ elmin qarşısında duran aktual məsələləndir.

İşin məqsədi: Tədqiqat işində mayenin boğulması girişində və çıxışında təmin olunan yeni siyirtmə konstruksiyasının [1,2,7] istiliyə və donmaya davamlı kipləndirici elementlərini rezin matrisli bərk bağlayıcılardan hazırlamaqla təzyiqli mayenin siyirtmənin giriş boğazında tam boğulması və bu boğulmanı siyirtmənin etibarlılıq müdətində saxlamasıdır.

Azərbaycanda və ya Sibirdə müxtəlif hava şəraitinə uyğun (- 55o C və +550 C) etibarlı şəkildə işləyəbilən kipləndirici elementlərin işlənməsinə ehtiyac vardır. Hətta bura mühitin aqresivliyində əlavə etsək məsələ bir daha mürəkkəbləşmiş olur. Əsasən donmya və istiliyə davamlı rezin kipləndiricilərə geniş ehtiyac vardır. Yüksək

aqressiv mühitdə mexaniki yeyilmə (abraziv, hidroabrazim və tutuşma) işləyən kipləndiricilərin moderin kompazitlərdən hazırlanmasın tələb edir.

Rezin kipləndiricilərin sərtlik xarakteristikalarının dəyişdirilməsi ilə aparılan konstruktiv məsələ və problemlərin həllində rezin matris kipləndiricisinə çox vaxt bərk bağlayıcılar yeridilir, onların deformasiyası matrisin deformasiyası ilə müqayisədə qoruna bilir. Bu məqsədlə bağlayıcı quruluşlarda istifadə etmək mövcud elastomer matrislər əsasında yeni rezin konstruktiv kipləndiricilərin “Honeycomb Panel matrisi” modeli əsasında ikiqat matrislənməsi yolu ilə matrisləmənin yeni modeli təklif edilmişdir. Yüksək keyfiyyətli B-14 markalı, 7130 markalı, 7455 marakalı modifika edilmiş rezin elastomer matrisləri[8] “Honeycomb Panel matrisi” modelinə uğradılaraq iki qat matrislənmə yeni panel kipləndiricilər alınmışdır. İki qat matrisləmə modeli əsasında moderin kopozitli kipləndiricilər yüksək aqressiv mühit şəraitində həm donmaya həmdə istiliyə dayanıqlı olmaqla yeyilməyə davamlıdır. Bu kipləndiricilər ixtira edilmiş yeni siyirtmənin kipləndiricisi kimi qəbul edilmiş və müxtəlif tipli bağlayıcı quruluşlara tətbiq edilə bilər.

Rezin matrisinin deformasiyalı vəziyyətinin hesablanması aparılankən örtüklərin sükunət və hərəkətinin sərhəd şərtlərindən istifadə edilməklə nəzərə alınır [1, 3, 4, 5]. Buna görə də yalnız müəyyən dərəcədə sərbəst olan örtükləri nəzərə almaq lazımdır və onların vəziyyəti rezin matrisinin deformasiya halı ilə eyni təyin olunsun[6]. Bu nöqtəyi nəzərdən, məsələn, liflərin gücləndirilməsi üsulundan istifadə edilməklə bərk bağlayıcıların işlənməsi ilə aparılır [6,8].

Real material qismində kauçuka qeyri-bircins strukturdan və diffuziya mikrozədələnmələrdən yaranmış anizotropiya həcmində, həmçinin, əvvəlcədən nəzərdən keçirilmiş qaçılmaz gərginliklər konsentrasiyasının səthi effekti kimi baxmaq olar[6,8]. Rezin kipləndiricilərin matrisdə davranışı haqqında məlumat həm kipləndiricinin (rezinin) dağılmasının hesablanma modeli qurularkən, həm də rezin kipləndiricilərin struktur-texnoloji təkmilləşdirilməsi zamanı nəzərə alınmalıdır.

Liflərlə yüklənmiş bərk bağlayıcıların güclənən gərginlikdən dağılma proqnozu bütün digər liflərin dağıdıcı gərginliklərindən və məhdudlaşdırıcı deformasiyalarından xəbər verir. Gücləndirilmiş örtüklü rezin kipləndiricilər də belə məhdudlaşdırıcı gərginliklər və deformasiyalarla xarakterizə olunduqlarından, rezin kipləndiricilərin eksperimentlərlə yaxşı təsdiq olunmuş bəzi xarakterik davranış xüsusiyyətlərindən istifadə oluna bilər.

Nəticə:Bağlayıcı quruluşlarda istifadə etmək mövcud elastomer matrislər əsasında yeni rezin konstruktiv kipləndiricilərin “Honeycomb Panel matrisi” modeli əsasında ikiqat matrislənməsi yolu ilə matrisləmənin yeni modeli alınmışdır.Bu model əsasında B-14 markalı, 7130 markalı, 7455 marakalı modifika edilmiş rezin elastomer matris əsaslı iki qat matrislənmə yeni panel kipləndiricilər təklif edilmişdir.

Yeni panel kipləndiricilərin bağlayıcı quruluşların ən əsas növü olan siyirtmənin giriş boğazında kipliyi tam təmin olunmuş yeni və mövcud siyirtmə konstruksiyalarında işlədilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Aslanov J.N. Valve, Useful model. State Standardization Metrology Agency for Patent, №2020 0018.2016
2. Aslanov J.N. Directly flew plug valve, State Standardization Metrology Agency for Patent, № a20040056, Baku .2007
3. Aslanov J.N. Series produced by the shield-saddle bridge valves obstructive structures for improved wear resistance tested in pairs and strategy of the gate valves' gates. Program methodology. AZINMAŞ. Baki 2014.
4. Aslanov J.N., Mammadov K.H.S. Increasing improved plug valve's efficiency. Science, Technology and Higher Education", Canada.2015
5. Асланов Дж.Н., Гусейнли З.С. Исследование процесса трения в усовершенствованных конструкциях задвижки, Нефтепромысловое дело №2, Москва 2013
6. Engheta N. and Ziolkovski R. (2006). (eds), Metamaterials: Physics and Engineering Explorations, N.-Y: John Wiley and Sons.
7. Aslanov J.N., Sultanova A.B., Həbibov I.Ə. Model Design for Predicting the Efficiency of Improved Valve Constructions During Statistical Data Based Exploitation. 26 – 28 september, 2019 / Sozopol Bulgaria. 19th ifac conference on Technology, culture and international stability. Tecis 2019.
8. Химия: образование, наука, технология: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы. Якутск 25-27 ноября 2013



## NEW MODEL RUBBER MATRIX FOR CONNECTORS APPLICATION OF EALERS

J.N.Aslanov

Azerbaijan State Oil and Industry University

E-mail:camaladdin.aslanov@asoiu.edu.az

### ABSTRACT

The following problem was considered in the article:the increase in the sealing effect of rubber seals with the control of the characteristics of rigid closures obtained from rubber with the introduction of rubber matrices into their sealing cuffs into the structure of which anisotropy of the rubber matrices of the christmas tree closing devices. To this end, a new valve design developed and a new model with rubber matrices of rigid rubber seal closures introduced.

**Keywords:** valve, seal, connector, rubber, matrix, anisotropy, deformation.

## К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В КОЖУХОТРУБЧАТЫХ АППАРАТАХ

Н.М.Аббасов

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрены вопросы интенсификации процесса теплообмена в кожухотрубчатых аппаратах и, как следствие, сокращение их размеров и массы (металлоемкости), снижение мощности прокачивания теплоносителей через аппарат при условии фиксированной теплопроизводительности.

**Ключевые слова:** процесс теплообмена, кожухотрубчатый аппарат, интенсификация процесса, передача тепла, трубная решётка, перегородки.

### XÜLASƏ

Gövdəborulu aparatlarda istilik mübadiləsi prosesinin intensivləşdirilməsi və bunun nəticəsi olaraq onların ölçülərinin və kütlələrinin (metal intensivliyinin) azaldılması, sabit istilik istehsalı şərtində istilik daşıyıcılarının aparat vasitəsilə nasos gücünün azaldılması məsələlərinə baxılmışdır.

Açar sözləri: istilik mübadiləsi prosesi, gövdəborulu aparatı, prosesin intensivləşdirilməsi, istiliyin ötürülməsi, boru şəbəkəsi, arakəsmələr.

### ABSTRACT

The issues of intensification of the heat exchange process in shell-and-tube devices and, as a result, reduction of their size and weight (metal content), reduction of the power of pumping heat carriers through the device under the condition of a fixed heat capacity are considered.

**Keywords:** heat exchange process, shell-and-tube apparatus, process intensification, heat transfer, tube grating, partitions.

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что кожухотрубчатый теплообменник представляет собой аппарат, используемый для передачи тепла между двумя жидкими средами [1]. Жидкости могут быть разделены сплошной стенкой, чтобы предотвратить смешивание, или они могут находиться в прямом контакте [2]. Теплообменники широко используются в системах отопления, охлаждения, кондиционирования воздуха, электростанциях, химических заводах, нефтехимических заводах, нефтеперерабатывающих заводах, переработке природного газа и очистке сточных вод. Техничко-экономические показатели установок в значительной мере определяются параметрами теплообменных аппаратов. Общая масса теплообменных аппаратов может составлять до 40% массы установок. По мере увеличения единичной мощности установок (основная тенденция их развития) все более возрастают абсолютные массогабаритные характеристики теплообменных аппаратов, входящих в состав установок. Вполне очевиден вывод, что в настоящее время и в перспективе один из главных, техничеки и экономичеки наиболее доступных и обоснованных путей уменьшения массы и повышения экономичности установок – совершенствование теплообменных аппаратов, которое можно осуществить за счет использования эффективных способов интенсификации теплообмена.

Задача по определению эффективности различных методов и устройств интенсификации теплоотдачи является комплексной и достаточно трудной из-за многообразия критериев. Помимо относительной теплогидравлической эффективности интенсификаторов теплоотдачи существует большой набор критериев, относящихся к этой задаче. Они учитывают экономические (затраты на разработку, создание, эксплуатацию, обслуживание и другие затраты) и производственные факторы (технологичность обработки поверхностей теплообмена, их формование, установку устройств и других процессов производства), надежность (совместимость сред и материалов, жесткость конструкций и ресурс), безопасность и др.

В большинстве случаев практического применения методов интенсификации теплоотдачи разработчики теплообменных аппаратов, кроме выполнения технических условий и обеспечения заданных рабочих характеристик теплообменников, преследуют следующие цели:

1. Увеличение тепловой мощности существующего теплообменного аппарата без изменения мощности на прокачку теплоносителей (или потерь давления) при фиксированном расходе теплоносителей.
2. Снижение температурного напора между теплоносителями для обеспечения заданной тепловой мощности при фиксированных габаритах теплообменника.
3. Уменьшение весогабаритных параметров теплообменника при сохранении тепловой мощности теплообменника и уровня потерь давления в его трактах.
4. Уменьшение мощности на прокачку теплоносителя при фиксированной тепловой мощности и сохранении площади поверхности теплообмена.

Цель исследования. Путём интенсификации процесса теплообмена в кожухотрубчатых аппаратах решить задачи энерго- и ресурсосбережения (снижение металлоемкости и стоимости).

Обсуждение результатов исследований. Методы интенсификации, по существу, снижают термическое сопротивление пристенных слоев при конвективном теплообмене в теплообменнике, способствуя повышению коэффициента теплоотдачи с или без увеличения площади поверхности. Шестнадцать различных методов интенсификации теплоотдачи были классифицированы А.Е. Берглсом и др. [3,4] и разделены на пассивные (не требуют внешнего подвода энергии для интенсификации) и активные методы (требуют внешнего подвода энергии). При сложных методах интенсификации теплоотдачи используются любые два или больше из перечисленных методов (пассивных и/или активных) одновременно.

Трубчатые теплообменники различных типов и назначения составляют 80-90% мирового рынка теплообменных аппаратов. Основное преимущество трубчатых теплообменников – широкий диапазон рабочих температур и давлений, возможность использования в различных отраслях промышленности и видах технических устройств и технологий. В этой связи далее рассматриваются результаты испытаний данных теплообменных аппаратов с различными интенсификаторами теплоотдачи.

В работах [7-9] показано, что наибольшей теплогидравлической эффективностью, т.е. соизмеримым приростом гидросопротивления при повышении коэффициентов теплоотдачи при ламинарных, переходных и турбулентных режимах течения различных теплоносителей обладают интенсификаторы в виде кольцевых выступов, систем сферических выемок/выступов и закручивающие поток устройства в виде скрученных лент.

В данной работе представлены результаты исследований теплогидравлических характеристик кожухотрубчатого теплообменного аппарата на различных теплоносителях в широком диапазоне изменения режимных параметров.

Исследования проводились на гладкотрубной теплообменной матрице (рис.1,а) и трех матрицах с интенсифицированными теплообменными трубами. В качестве интенсификаторов теплообмена использовались:

- кольцевые выступы (рис.1,б) – внутренний диаметр труб матрицы  $D=7,6$  мм; высота выступов  $0,75$  мм; диаметр по выступам  $d=6,1$  мм; относительная высота выступов  $d/D=0,8$ ; шаг выступов  $s=10$  мм; относительный шаг выступов  $s/D=1,3$ ;
- системы сферических выступов в трубах (рис.1,в) – внутренний диаметр труб матрицы  $D=7,6$  мм; высота выступов  $0,75$  мм; диаметр по выступам  $d=6,1$  мм; относительная высота выступов  $d/D=0,8$ ; продольный шаг выступов  $t_1=9$  мм; поперечный шаг выступов  $t_2=4$  мм.
- вставки в виде скрученных лент в гладкотрубную матрицу (рис.1,г) – внутренний диаметр труб матрицы  $d=7,6$  мм; шаг закрутки (поворот ленты на  $180^\circ$ )  $S=28$  мм, относительный шаг закрутки –  $S/d=3,5$ .



а)



б)



в)





г)

Рис.1. Внешний вид интенсифицированных труб сменной теплообменной матрицы теплообменного аппарата: гладкотрубная матрица; б – теплообменная матрица с трубами с кольцевыми выступами; в – теплообменная матрица с трубами с трехмерными выступами/выемками; г – гладкотрубная матрица с вставками в виде скрученных лент

Кольцевые выступы довольно широко используются в теплообменных аппаратах за рубежом. Необходимо отметить, что использование данного вида интенсификаторов предусмотрено в ГОСТ 27590-2005 на водяные подогреватели систем теплоснабжения с профилированными трубами. Однако конкретных рекомендаций по выбору параметров кольцевых выступов данный документ не содержит. Рекомендации для расчета теплоотдачи и гидросопротивления внутри и снаружи труб с кольцевыми выступами при турбулентном режиме течения приведены в [8]. Для ламинарного и переходного режима течения подобные сведения имеются в [9]. Интенсификация теплообмена в трубах при турбулентном режиме течения достигает 3,2 раза при увеличении гидросопротивления в 10,5 раза. Однако в диапазоне  $d/D > 0,94$  и  $s/D = 1,0$  наблюдается опережающий рост теплоотдачи по сравнению с гидросопротивлением. Увеличение теплоотдачи составляет – до 1,13-1,8 раза. Это делает данный вид интенсификации теплоотдачи перспективным.

Разновидностью данного способа интенсификации является использование систем периодических сферических выступов. При данном виде интенсификации теплоотдачи также наблюдается рост теплоотдачи в каналах до 3,5 раза, но увеличение гидросопротивления более высокое, чем с кольцевыми выступами [9]. Также при данном способе нанесения рельефа на трубы увеличиваются ее прочностные характеристики.

Закрутка потока в каналах со вставленными скрученными лентами применяется в испарителях и конденсаторах при тчении двухфазных теплоносителей, в маслоохладителях и мазутоподогревателях для эффективного перемешивания вязких жидкостей, в газотрубных котлоагрегатах малой и средней мощности. Преимуществом данного вида интенсификации по сравнению с другими является легкость демонтажа лент при очистке теплообменных поверхностей [10]. Повышение уровня теплоотдачи составляет 1,2 - 4,5 раза по сравнению с гладкими каналами при сопоставимом росте гидросопротивления. Уровень теплоотдачи повышается с увеличением степени закрутки потока, поэтому наиболее перспективными для промышленного использования являются скрученные ленты с относительным шагом  $S/d = 3-6$ .

Необходимо также указать, что в литературных источниках в основном представлены данные для внутренней задачи, а именно по теплоотдаче и гидросопротивлению в трубах и каналах с интенсификаторами. Однако отсутствуют рекомендации для внешней задачи, т.к. при нанесении интенсификаторов на внутренние поверхности труб методом накатки или прессования на их внешних поверхностях также появляются рельефы, приводящие к интенсификации теплоотдачи. Поэтому необходимы комплексные исследования методов интенсификации теплоотдачи на моделях теплообменных аппаратов для исследования влияния интенсификаторов теплообмена на коэффициенты теплопередачи или общие тепловые потоки в теплообменном аппарате.

Результаты исследования теплообменного аппарата типа «вода-вода» представлены на рис. 2. Данный тип теплообменника может использоваться как водоводяной подогреватель. Горячий теплоноситель протекает внутри трубного пучка, холодный – в межтрубном пространстве. Результаты исследований показывают, что при использовании в качестве интенсификаторов теплообмена кольцевых выступов на теплообменных трубах тепловая мощность теплообменника «вода-вода» возросла до 50% при турбулентном режиме течения теплоносителей ( $Re_{г} = 4000-18000$ ). В области малых расходов течения теплоносителей – до 0,03 кг/с ( $Re_{г} < 1000$ ) – интенсификации теплообмена не наблюдается. В области ламинарных отрывных течений при расходах теплоносителя от 0,03 до 0,1 кг/с ( $Re_{г} = 1000-4000$ ) наблюдается возрастание уровня интенсификации от 0 до 50%.

При использовании в качестве интенсификаторов теплообмена сферических выступов внутри труб тепловая мощность теплообменника «вода-вода» возросла до 37,5% при турбулентном режиме течения теплоносителей ( $Re_{г} > 4000$ ). В области малых расходов течения теплоносителей – до 0,03 кг/с ( $Re_{г} < 1000$ ) – интенсификации теплообмена не наблюдается. В области ламинарных отрывных течений при расходах теплоносителя от 0,03 до 0,1 кг/с ( $Re_{г} = 1000-4000$ ) наблюдается возрастание уровня интенсификации от 0 до 37,5%.

Целесообразность выбора интенсификатора теплоотдачи зависит как от реализации режимов течения для теплоносителей (ламинарный, переходный, турбулентный), так и от их типов. Результаты исследования теплообменника «вода-вода» со скрученными лентами в трубах не приведены из-за незначительного повышения тепловой мощности теплообменника (в пределах погрешности эксперимента). Это обусловлено незначительным уровнем повышения коэффициента теплоотдачи при течении воды в трубах со скрученными лентами, сопоставимого с коэффициентом теплоотдачи со стороны гладких труб, а также значительным увеличением гидросопротивления в трубах со скрученными лентами.

Повышение эффективности теплоэнергетики видится во внедрении огромного количества результатов научных исследований, а также опыта применения интенсификации теплоотдачи для теплообменного оборудования. При этом должны приниматься во внимание основные цели интенсификации – опережающее увеличение теплоотдачи по сравнению с ростом гидросопротивления для обеспечения энергоэффективности (повышения КПД) и/или ресурсоэффективности (минимизация весогабаритных характеристик и металлоемкости) теплообменного оборудования. Развитие учения об интенсификации теплоотдачи, в свою очередь, должно происходить на основе анализа воздействия на пограничный слой и накопленной базы по различным типам интенсификаторов теплообмена, режимам течения и типам теплоносителей, в направлении разработки конструкций оптимальных интенсификаторов теплообмена и разработки прорывных технологий интенсификации теплообмена.

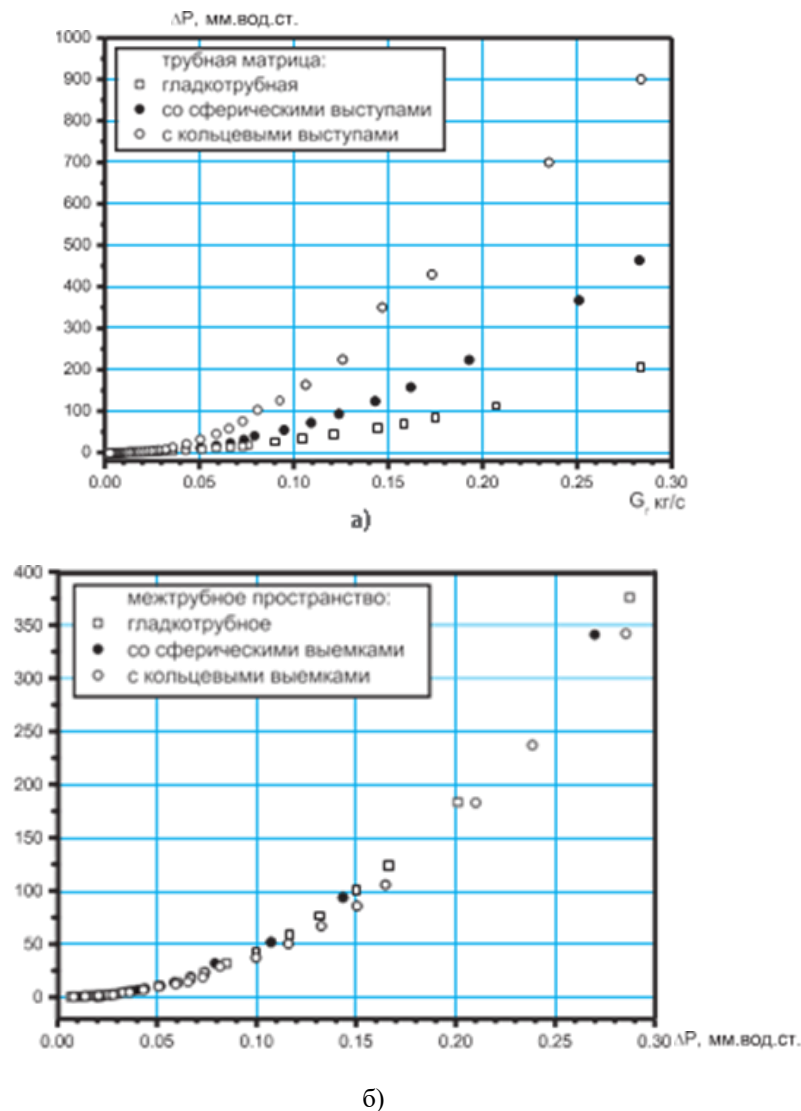


Рис. 2. Результаты обработки данных по гидравлическому сопротивлению в трубной матрице (а) и в межтрубном пространстве (б)

## ВЫВОДЫ



Результаты исследований теплообменника показывают, что при использовании в качестве интенсификаторов теплообмена кольцевых выступов в теплообменных трубах тепловая мощность теплообменника возросла в 3 раза.

При использовании в качестве интенсификаторов теплообмена сферических выступов внутри труб тепловая мощность теплообменника возросла в 2,3 раза.

Обработка данных при использовании скрученных лент в трубах показала, что тепловая мощность теплообменника возросла в 2,1 раза.

#### Литература.

1. Ahmed T. Al-Sammarraie & Kambiz Vafai (2017) Heat transfer augmentation through convergence angles in a pipe, Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, 72:3, 197-214, <https://dx.doi.org/10.1080/10407782.2017.1372670>
2. Sadik Kakaç; Hongtan Liu (2002). Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design (2nd ed.). CRC Press. ISBN 978-0-8493-0902-1.
3. Webb, R. L. Principles of Enhanced Heat Transfer, Wiley, New York. 1994.
4. Bergles, A. E. Techniques to Enhance Heat Transfer, in Handbook of Heat Transfer, 3rd ed., (Rohsenow W. M., Hartnett, J. P., and Cho, Y. I., eds.), McGraw-Hill, New York, Chap. 11. 1998.
5. Гортышов Ю.Ф., Олимпиев В.В., Попов И.А. Эффективность промышленно перспективных интенсификаторов теплоотдачи // Изв. РАН. Энергетика. – 2002. – №3 – С. 102-118.
6. Леонтьев А. И., Гортышов Ю. Ф., Олимпиев В. В., Попов И. А. Эффективные интенсификаторы теплоотдачи для ламинарных (турбулентных) потоков в каналах энергоустановок // Изв. РАН. Энергетика. 2005. – №1. – С. 75-91.
7. Леонтьев А.И., Олимпиев В.В. Потенциал энергосбережения различных способов закрутки потока и дискретно-шероховатых каналов (обзор) // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2010. – № 1. – С. 13-49.
8. Калинин Э. К., Дрейцер Г. А., Копп И. З., и др. Эффективные поверхности теплообмена. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 407 с.
9. Попов И.А., Щелчков А.В., Яркаев М.З. Теплогидравлические характеристики дискретно-шероховатых труб на переходных режимах течения // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2013. – № 1. – С. 61-65.
10. Manglik R.M., Bergles A.E. Swirl Flow Heat Transfer and Pressure Drop with Twisted-Tape Inserts//Advances Heat Transfer. 2002. – Vol. 36. – P. 183-266

## ON THE ISSUE OF HEAT EXCHANGE INTENSIFICATION IN SHELL AND TUBE DEVICES

N.M.Abbasov

Azerbaijan State University of Oil and Industry

E-mail: natig.abbasov@asoil.edu.az

### ABSTRACT

The issues of intensification of the heat exchange process in shell-and-tube devices and, as a result, reduction of their size and weight (metal content), reduction of the power of pumping heat carriers through the device under the condition of a fixed heat capacity are considered.

**Keywords:** heat exchange process, shell-and-tube apparatus, process intensification, heat transfer, tube grating, partitions.

## YENİ KONSTRUKSİYALI İSTİLİK MÜBADİLƏDİCİDƏ HİDRODİNAMİKİ DEFORMASIYANIN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ



R.S.Nəcəfquliyeva

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail:rabiya.nadjafkuliyeva@gmail.com

## ABSTRACT

In the oil and gas extraction and processing industries, as well as in the petrochemical industry, numerous heat exchangers are used, among which shell-and-tube are the most common. The disadvantage of these refrigeration units is the low efficiency of heat transfer on the outer surface of the pipes and the time interval for optimal intensification of heat transfer, as well as a decrease in operability in the conditions of oil and gas production, collection, preparation and transportation of products. The developed new design of the heat exchanger is distinguished by both a simple design and the intensity of cooling of compressed hot gas through the use of natural cold sea water.

The paper presents the results of a study on the assessment of hydrodynamic deformation in a new heat exchanger design.

**Keywords:** heat exchanger, working medium, sea water, compressed gas, temperature, hydraulic deformation

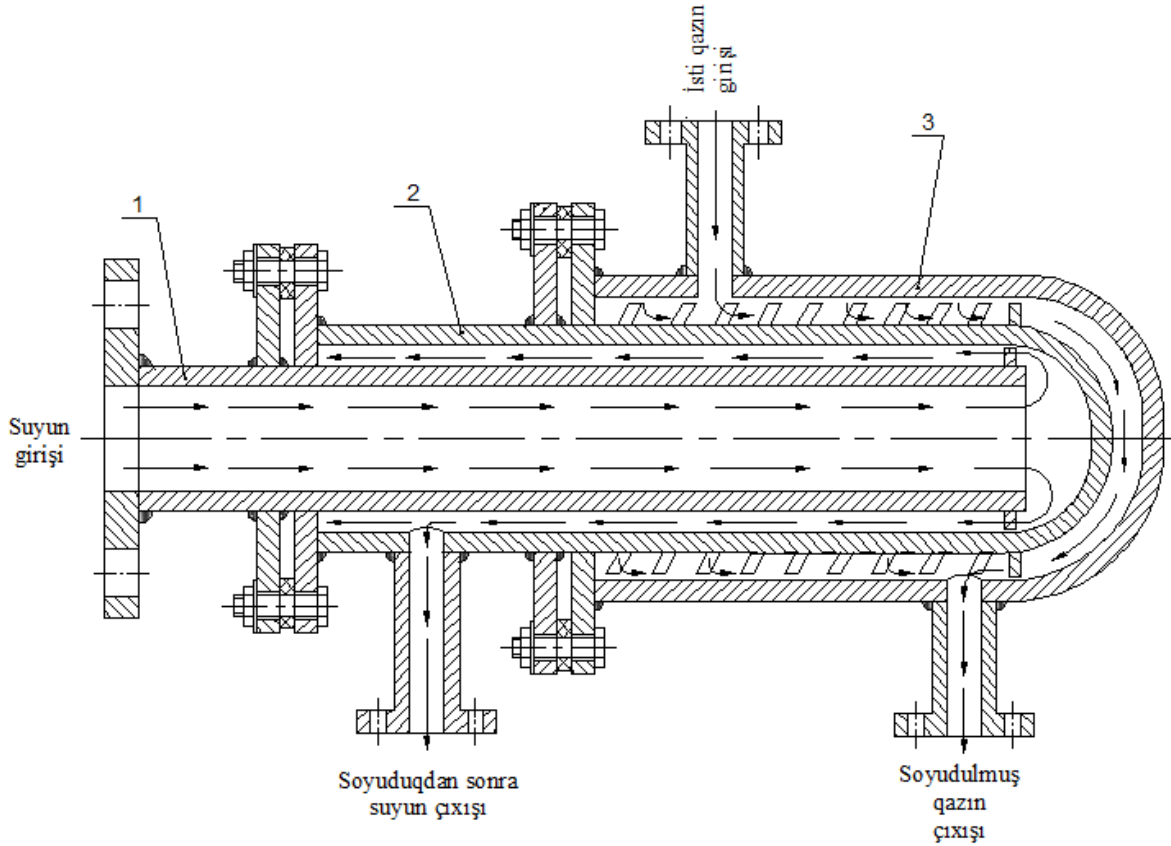
**Problemin aktuallığı.** Qazın nəqli və qazlift sistemində istifadəsi qapalı və fasiləsiz bir proses olmaqla, yüksək etibarlılıq tələb edən əsas və köməkçi kompressor təsərrüfatı avadanlıqlarından, eləcə də müxtəlif texniki vasitələrdən istifadə olunmasıdır.

Bu istiqamətdə aparılan tədqiqat işlərində [1,2] diqqət kompressor təsərrüfatının əsas avadanlıqları (kompresorlar, onların klapın düyünləri, silindr, val və s.) ilə bağlı olduğundan, köməkçi avadanlıqlara (istilik mübadilə ediciləri, soyuducular və s.) ikinci dərəcəli əhəmiyyət verilir. Lakin sonuncu qeyd olunan avadanlıqlarda imtinalar tədricən və gözlənilmədən baş verdüyündən onların fəsadları çox böyük ola bilər. Deməli kompressor təsərrüfatının əsas avadanlıqları və texniki vasitələrlə yanaşı yüksək etibarlılıq və səmərəliliyi ilə seçilən istilik mübadilə edicilərinin (İME) yaradılması və tətbiqi məsələsi böyük aktuallıq kəsb edir.

Son illərdə bu istiqamətdə aparılan elmi-tədqiqat işləri sırasında [3] müəlliflər tərəfindən təklif olunan gövdə-boru tipli yeni İME konstruktiv həlli ilə digərlərindən fərqlidir. Təklif olunan İME-də soyuducu agent qismində axma sürəti  $\theta = 1,5$  m/san olan su hərəkət edərək turbuləntlik yaradır, bu isə öz növbəsində konstruksiyanın iş prosesində etibarlılığının təminatını tələb edir. Yəni avadanlığın layihələndirmə və hazırlanması mərhələlərində konstruktiv parametrlərin müəyyənəşdirilməsi ilə yanaşı istismar prosesində yaranan vibrasiyaların qiymətləndirilməsi və onların iş prosesinə təsirinin dəyərləndirilməsi nəzərə alınmalıdır.

İşin məqsədi. Gövdə-boru tipli istilik mübadilə edicisində istismar prosesi zamanı baş verən vibrasiyaların və onların yaratdıqları deformasiyalar səbəbindən konsol tir prinsipi ilə bərkidilmiş ən çox yüklənmələrə məruz qalan borunun sərbəst ucunda yaranan yerdəyişmənin qiymətinin müəyyən edilməsidir.

Gövdə-boru tipli İME-nin konstruktiv xüsusiyyətləri. Təklif olunan İME-i silindrik içi boş metal borulardan ibarət olub, burada hərəkət edən iki agentin (soyuducu maye və sıxılmadan qızmış qaz) təsiri nəticəsində baş verən hidroaeroelastik təsirdən bir ucu sərbəst olan boru yerdəyişməyə məruz qalır (bax şəkl.1).



Şəkil.1. İstilik mübadilə edicisinin ümumi görünüşü:

1 - daxili boru; 2 – orta boru ; 3 – xarici boru.

Şəkil1-dən görüldüyü kimi yüksək axınlı soyuducu agent daxili diametri  $d_1=200$  mm olan 1 borunun içərisinə daxil olub düz axımlı hərəkətlə irəlililərək 2 borusunun ( $d_2 = 500$  mm) sferik səthə toxunaraq geriye tərəf istiqamətlənərək 1 və 2 borular arasındakı boşluğu doldurur. Xarici səthinə spiralvari qabırğa qaynaqlanmış 2 borunun səthi üzrə hərəkət edən, 2 və 3 borular arasında yığılan sıxılmadan qızmış qaz buradakı temperatur mübadiləsində soyuyur.

Hesablamalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, maye axınının istiqamətinin dəyişdiyi zona üçün Reynolds ədədinin qiyməti  $Re = 15,67 \cdot 10^4$  bərabərdir və bu maye axınının turbulent rejimdə olmasını ( $Re > 1 \cdot 10^4$ ) təsdiqləyir.

Alınmış nəticələr və onların müzakirəsi. Hesablamalara əsaslanaraq müəyyən edilmişdir ki, soyuducu agent daxili borunun içində, eləcə də onunla orta boru arasındakı boşluqda uyğun olaraq  $M_1 = 204,1$  və  $M_2 = 766,5$  kq olmaqla yüksək sürətlə hərəkət edir. Boş boruların kütləsi uyğun olaraq  $m_1 = 521,3$  və  $m_2 = 1092,8$  kq-dır.

Borular GOCT 9941-80 üzrə 08X18H10T markalı legirlənmiş poladdan hazırlanmaqla yüksək fiziki-mexaniki göstəricilərə malikdirlər.

Tədqiqat işində vibrasiya probleminin qiymətləndirilməsi hidrodinamik məsələ kimi baxılmışdır.

Maye axınının boru daxilində vibrasiyalar yaradan qüvvənin differensial tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər [4,5]:

$$E\dot{I} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \xi \cdot \frac{\partial y}{\partial t} = F(x,t)$$

Burada  $E\dot{I}$  – borunun əyilmə sərtliliyidir; E-elasticlik modulu,  $\dot{I}$ -en kəsiyin inersiya momentidir.

m – içi soyuducu agentlə dolu borunun kütləsidir, kq;

$\xi$  – sürtünmə əmsəlidir.

$F(x,t) = F_h + F_x$  uyğun olaraq hidrodinamik və digər xarici təsirləri nəzərə alan hidrodinamik qüvvələrin cəmidir. Konstruksiyanın etibarlı iş rejimi istismar prosesində yarana biləcək vibrasiyanın tezliyinin və bu səbəbdən borunun sərbəst ucunda amplitudun buraxıla bilən hədlərdən kənar olmaması ilə təmin edilir.

Başqa sözlə, kinematik təsirdən sistemdə əmələ gələn titrəmələrin tezliyinin  $f$  bu tip qurğular üçün müəyyən edilmiş  $[f_b]$  50 Hz-dən çox olmamasının təmini vacibdir[6], yəni  $f < [f_b]$ . Digər tərəfdən bu titrəmələrin tezliyi axının yaratdığı tezliklə üst-üstə düşməməlidir. Eyni zamanda borunun sərbəst ucunda amplitudun  $y$  qiyməti üçün nəzərdə tutulmuş maksimal hədd  $y_{max}$ , yəni  $y = y_{max}$  şərti təmin olunmalıdır.

Turbulent rejimin yarada biləcəyi sərbəst titrəmələrin tezliyi aşağıdakı kimi müəyyən edilir [7]:

$$f = \frac{Sh \cdot v}{d_x}$$

Burada  $Sh$  – Struxal əmsalıdır;  $Sh = 0,2$ .  $v = 1,5$  m/s boruda axan suyun sürətidir.  $d_x$  borunun xarici diametridir.  $d_x = 0,23$  m. Onda

$$f = \frac{Sh \cdot v}{d_x} = \frac{0,2 \cdot 1,5}{0,23} = 1,3 \text{ hz}$$

Alınmış nəticədən görüldüyü kimi  $f = 1,3$  hz olduğundan qorxulu rezonansın yarana bilmə ehtimalı yoxdur, beləki, turbulent rejimin yarada biləcək vibrasiyanın tezliyi buraxıla bilən həddin yalnız 2,6%-ni təşkil edir.

Borunun sərbəst ucunda yarana biləcək yerdəyişmənin amplitudunun qiyməti aşağıdakı kimi müəyyən edilmişdir [7].

$$Y_{\max} = 0,06 \cdot \frac{\rho \cdot d_x^2}{m} \sqrt{\left(\frac{v}{f}\right)^3} \cdot \frac{c^2}{\delta \cdot 1 \cdot Sh} \cdot G$$

Burada

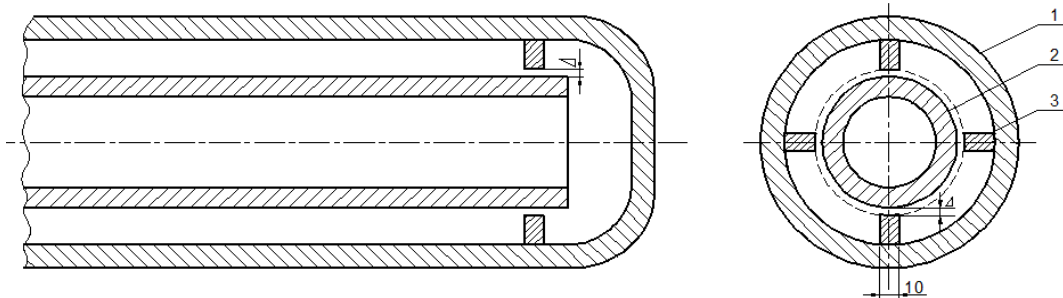
- $d_x$  borunun xarici diametridir və  $d_x = 0,23$  m.
- $\rho = 1000$  kq/m<sup>3</sup> borunun daxilində axan soyuducu agentin (su) sıxlığıdır.
- $m = 236,1$  kq içərisi su ilə dolu daxili borunun kütləsidir.
- $v = 1,5$  m/s soyuducu agentin (su) sürətidir.
- $f = 1,3$  sərbəst titrəmələrin tezliyidir.
- $c = 0,26$  axının müqavimətini nəzərə alan əmsaldır.
- $\delta = 0,027$  demferləmə əmsalı olub [6] üzrə müəyyən edilir.
- $Sh$  – Struxal əmsalıdır və  $Sh = 0,2$  qəbul olunur.

Konstruksiyanın normal fəaliyyət göstərməsi üçün  $Y_{\max} < [Y]$  şərtinin təmin olunması vacibdir.

Beləliklə, təklif olunan İME-də sərbəst ucunda yarana biləcək yerdəyişmənin amplitudunun qiyməti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$Y_{\max} = 0,06 \cdot \frac{\rho \cdot d_x^2}{m} \sqrt{\left(\frac{v}{f}\right)^3} \cdot \frac{c^2}{\delta \cdot 1 \cdot Sh} \cdot G = 0,06 \cdot \frac{1000 \cdot 0,23^2}{725,4} \sqrt{\left(\frac{1,5}{1,3}\right)^3} \cdot \frac{0,26^2}{0,027 \cdot 6,5 \cdot 0,2} \cdot 2,5 = 0,0121 \text{ m} = 1,21 \text{ mm}$$

Şəkil 2-də daxili və aralıq borular arasındakı istiqamətləndirici dayaqın araboşluğu göstərilmişdir.



Şəkil 2. Daxili və aralıq borular arasındakı istiqamətləndirici dayaq və araboşluğu

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi daxili borunun aralıq boruda yerləşdirilməsində onun düzgün istiqamətləndirilməsi məqsədi ilə nəzərdə tutulmuş konstruktiv araboşluqların qiyməti  $\Delta = 2,0-2,5$  mm. Deməli daxili boruda yarana biləcək yerdəyişmə ( $Y$ ) nəticəsində konstruksiyaya zərbələr endirməsi və onların əmələ gətirə biləcəyi fəsadlar gözlənilmir.

İstismar prosesində İME-nin daxili boruda yaranan yerdəyişmənin əmələ gətirdiyi gərginlik aşağıdakı kimi müəyyən edilir.

$$\sigma = \frac{24 \cdot y_{\max} \cdot E I}{l^2 \cdot W}$$

Materiallar müqaviməti kursundan içi boş boruda yaranan oxboyu müqavimət momenti aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot (d_x^3 - d_d^3) = \frac{3,14}{32} (0,23^3 - 0,2^3) = 0,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

İnersiya momenti aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_x^4 - d_d^4) = \frac{3,14}{64} (0,23^4 - 0,2^4) = 0,58 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

Onda EI qiyməti aşağıdakı kimi müəyyən oluna bilər:

$$EI = 1,96 \cdot 10^5 \cdot 0,58 \cdot 10^{-4} = 11,36$$

Yuxarıda qeyd olunanlar nəzərə alınmaqla istismar prosesində İME-nin daxili borusunda yaranan yerdəyişmənin əmələ gətirdiyi gərginliyi aşağıdakı kimi müəyyən etmək olar:

$$\sigma = \frac{24 \cdot y_{\max} \cdot EI}{l^2 \cdot W} = \frac{24 \cdot 0,0121 \cdot 11,36}{6,5^2 \cdot 0,00041} = 1239,8 \text{kq/m}^2 = 0,012 \text{Mpa}$$

Alınmış nəticənin təhlilindən görüldüyü kimi bu buraxıla bilən hədlə müqaisədə ciddi fərqlidir.

Beləliklə, aşağıdakı nəticələri qeyd etmək olar.

-yeni gövdə-boru tipli istilik mübadiləedicişində əmələ gələn vibrasiyalar daxili boruda hidroelastiki deformasiyaların yaranmasına səbəb olurlar;

-konsol tir prinsipi ilə bərkidilmiş daxili boru ən çox yüklənmələrə məruz qaldığından onun sərbəst ucunda yaranan yerdəyişmənin qiyməti buraxıla bilən qiymətdən ciddi fərqlidir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Плотников П.Н. Обеспечение и повышение надежности кожухотрубных теплообменных аппаратов паротурбинных установок. Автореферат диссертационной работы на соискания ученой степени доктора технических наук, Екатеринбург, 2004.- 42 с.
2. Показатели надежности основного и вспомогательного оборудования турбоустановок ТЭС АО"Свердловэнерго" / Ю.М.Бродов, Б.Е.Мурманский, М.М.Мительман и др. //Электрические станции. 1997. № 5. С.12-15.
3. Əliyev V.İ., Nəbibov İ.Ə., Nəcəfçuluyeva R.S. Futlyar borulu istilik mübadiləedicişi. Патент AP İ2018 0061
4. Овчинников В.Ф., Смирнов Л.В. Численно-аналитическое исследование гидроупругих колебаний консольного трубопровода. Проблемы прочности и пластичности, вып.68, 2006, С.38-44.
5. Динамика конструкций гидрофэроупругих систем/ К.В. Фролов и др. Ответственный редактор С.М.Каплунов, Л.В.Смирнов, М.: Наука, 2002, 397.
6. РД 24.271.01-88 Методические указания. Методы оценки вибрационных характеристик трубных систем регенеративных подогревателей низкого давления и подогревателей сетевой воды.М.: НПО ЦКТИ, 1990. -26с.
7. Шишкин Б.В. Прочность и вибрация кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2013, 142с.

## ASSESSMENT OF HYDRODYNAMIC DEFORMATION IN A NEW HEAT EXCHANGER DESIGN

Azerbaijan State University of Oil and Industry

R.S. Nadzhafkulieva

E-mail:rabiya.nadjafkuliyeva@gmail.com

### Annotation

In the oil and gas extraction and processing industries, as well as in the petrochemical industry, numerous heat exchangers are used, among which shell-and-tube are the most common. The disadvantage of these refrigeration units is the low efficiency of heat transfer on the outer surface of the pipes and the time interval for optimal intensification of heat transfer, as well as a decrease in operability in the conditions of oil and gas production, collection, preparation and transportation of products. The developed new design of the heat exchanger is



distinguished by both a simple design and the intensity of cooling of compressed hot gas through the use of natural cold sea water.

The paper presents the results of a study on the assessment of hydrodynamic deformation in a new heat exchanger design.

**Keywords:** heat exchanger, working medium, sea water, compressed gas, temperature, hydraulic deformation

**AZƏRBAYCANDA MAGİSTRAL QAZ KƏMƏRLƏRİNİN KORROZİYADAN MÜHAFİZƏSİNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİ**

K.B. İrəvanlı

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,

E-mail: konul.iravanli@gmail.com

### ABSTRACT

Equipment and construction in the oil and gas sector are characterized by large dimensions and metal consumption. Among the main causes of hardware failures used in this industry sector are corrosion. This paper discusses the current state of corrosion protection of gas pipelines in Azerbaijan and ways to resolve problems in this direction.

**Keywords:** Gas mains, corrosion, active and passive protection, polymer coating.

### ANNOTASIYA

Neft və qaz sektorunda istifadə olunan avadanlıq və qurğular öz iri həcmələri, eləcə də metal tutumluğu ilə fərqlənirlər. Sənayenin bu sektorunda tətbiq olunan texniki vasitələrdə baş verən imtin səbəbləri sırasında korroziya faktoru önəmlidir.

Təqdim olunan məqalə Azərbaycanın maqistral qaz kəmərləri sistemində korroziyadan mühafizənin vəziyyəti və mövcud problemlərin aradan qaldırılma yollarına həsr olunmuşdur.

**Açar sözlər:** Maqistral qaz kəmərləri, korroziya, aktiv və passiv mühafizə, polimer örtük materialları.

### АННОТАЦИЯ

Оборудование и сооружение в нефтегазовом секторе отличаются крупногабаритными размерами и металлоёмкостью. Среди основных причин отказов технических средств, применяемых в этом секторе промышленности связаны с коррозией.

В данной работе рассмотрено современное состояние коррозионной защиты магистральных газопроводов Azerbaijan и пути устранения проблем в этом направлении.

**Ключевые слова:** Магистральные газопроводы, коррозия, активная и пассивная защита, полимерное покрытие.

**Problemin aktuallığı.** Maqistral qazkəmərlərində baş verən imtinaların əsas səbəbləri sırasına korroziya proseslərinin yaratdığı fəsadlar dominatlıq təşkil edir [1,2]. Bu isə öz növbəsində iqtisadi problemlərlə bərabər ekoloji təhlükələrin səviyyəsinin kəskin şəkildə dəyişdirir. Hazırda dünya miqyasında istifadə olunan metal konstruksiyalarda korroziya səbəbində hər il orta hesabla baş verən itgilərin miqdarı onların ümumi istehsalın 20%-ə qədərini təşkil edir. Bu itgilərin böyük bir hissəsi (təxminən 40%-ə qədəri) neftqazçıxarma, onların emalı, saxlanması və nəqli, eləcə də kimya sektorunun payına düşür.

Hal-hazırda Azərbaycanda neftqazçıxarma idarələri əsasən Abşeron yarımadasında, Qobustan-Siyəzən ərazilərində və ölkənin Xəzər dənizi sektorunda yerləşirlər. Bu ərazilərdən keçən qaz maqistral kəmərləri ölkə əhalisinin qaza olan tələbatının ödənilməsinə və dünya bazarına çıxarılmasına xidmət edir.

İqtisadiyyatın belə bir məsul istiqamətində, xüsusi olaraq neft və qaz təchizat sistemin qarşısında duran önəmli vəzifə burada effektivlik və ekoloji məsələlərlə yanaşı sənaye təhlükəsizliyinin təmini kimi aktual problemlər durur.

Təqdim olunan məqalə maqistral qaz kəmərləri sistemində korroziya problemi və bu əsasda baş verən ekoloji problemlərin təhlilinə həsr olunmuşdur.

İşin məqsədi. Azərbaycanda maqistral qaz kəmərlərinin korroziyadan mühafizəsinin müasir vəziyyətinin təhlili və mövcud problemlərin aradan qaldırılma yollarının müəyyən olunmasıdır.

**Problemin işlənmə səviyyəsi.** Hal-hazırda metal səthlərin korroziyadan qorunması məqsədi ilə müxtəlif passiv və aktiv mühafizə metodlarından istifadə olunur. Şək.1.1-də neft sektorunda metal səthlərin korroziyada qorunması üçün istifadə oluna biləcək metodların təsnifatı verilmişdir. Göründüyü kimi burada əsasən dörd yanaşma üsulu mövcuddur: istismar mühitin aqressivliyi azaldılması, korroziyaya davamlı örtüklərdən istifadə, passiv və aktiv. Passiv metodun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, metal səth ilə onun kontaktda olduğu mühit arasında keçilməz müxtəlif vasitələrlə baryer effekti yaradılır. Burada adətən iki yanaşma mövcuddur: metal səth ilə işçi təsir mühiti arasında müxtəlif izolyasiya vasitələrindən (boy materiallarından, bitum və polimer əsaslı örtüklərdən, geniş çeşidli qətranlardan və s.) istifadə olunur [3,4,5,6]. Bütün halda texniki və texnoloji təbirlərin tələbləri pozulduqda mühafizə olunan metal səthlərdə çatlar, dəliklər, yırtıq və yarıqlar əmələ gəlməsi ilə sistemdə hermetikliyin pozulmasına, konstruksiyanın daşıyıcı xarakteristikalarının azalmasına səbəb olurlar.





Metal konstruksiyaların və NMA-nın korroziyadan mühafizəsində tətbiq olunan aktiv metodun mahiyyəti kontakt səthlərində baş verən elektro-kimyəvi proseslərin tənzimləməsidir. Bu məqsədlə katod (qalvanik və elektrik), protektor və elektrik drenaj metodlarından istifadə olunur[7,8,9].

Bəzi hallarda metal səthlərdə, xüsusi ilə boru xətlərində mühitin təsirindən yarana biləcək korroziya proseslərinin qarşısını almaq üçün onların xüsusi tərkibli inhibitorlarla emalı metodundan istifadə olunur[10,11]. Metodun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, metal səth xüsusi məhlulla emal olunduqda onlarda səthi passivlik yaranır və bu səbəbdən metal səthdən ionların ayrılma sürətini azaldaraq korroziya proseslərinin sürətinin aşağı salır.

Korroziyon təsirlərin azaldılması məqsədi ilə NMA-i, qurğu və boru kəmərlərinin hazırlanmasında istismar mühitinin təsirinə yüksək dayanıqlılıq göstərə biləcək materiallardan istifadə geniş tətbiq tapmışdır.

Cədv. 1-də boru kəmərlərinin korroziyadan qorumasında istifadə olunan üsullar və onların istismar müddətləri göstərilmişdir.

Boru kəmərlərinin korroziyadan qorumasında istifadə olunan üsullar və onların istismar müddətləri

Cədvəl 1

№	Tətbiq olunan müdafiə üsulu	Boru kəmərlərinin amortizasiya müddəti, il	Müdafiə üsulunun tətbiqindən sonra istismar müddətinin yüksəlməsi, %
1	Bitum izolyasiyası	10-20	30-65
2	Polimer örtük materialı ilə izolyasiya: -Müəssisə şəraitinə -Çöl işləri şəraitində	30-35 15-20	100-120 50-60
3	Qalvanik anod mühafizəsi	6-8	20-25
4	Katod mühafizəsi	10-12	30-60
5	Elektrik drenajı	10-15	25-50

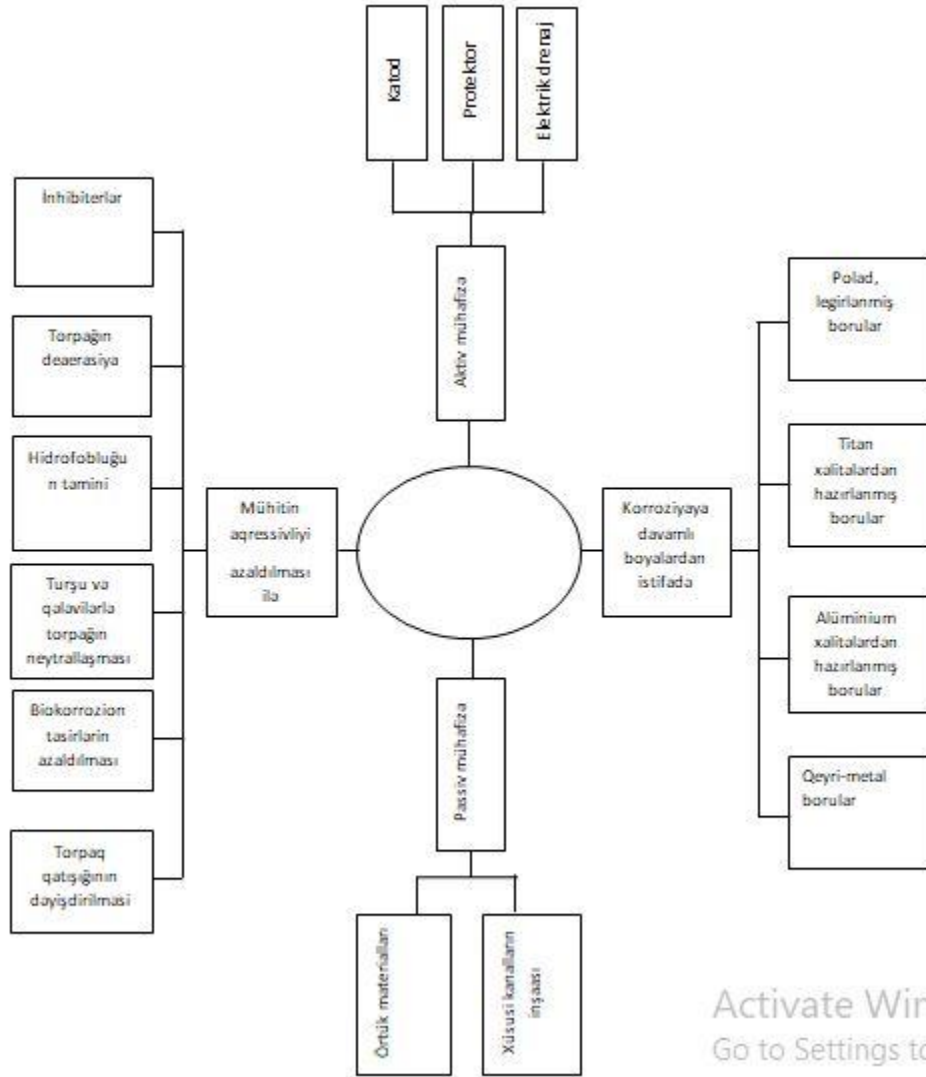
Boru kəmərlərinin istismar şəraiti nə dərəcədə mürəkkəbdirsə, onların korroziyadan mühafizəsi metodları və materiallar bir o qədər çoxəşidlidir. Onların tətbiqində qoyulan əsas şərtlər sırasında materialın ucuz başa gəlməsi və örtük materialının çəkilmə texnologiyasının sadəliyidir.

Dünyada metal boruların istehsalı üzrə aparıcı müəssisələr olan *Vallourec & Mannesmann Tubes (Fransa)*, *Eurotube (Almaniya)*, *Rotenberq qardaşları Boru evi (Rusiya)*, *Ozbal Celik Boru Inc (Türkiyə)*, *Nippon stil (Yaponiya)*, *SİF (Fransa)*, *Canusa (Kanada)*, və digərləri şirkətlərin istehsal etdikləri məhsulun keyfiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsində müxtəlif əsaslı polimer kompozisiya materiallarından, o cümlədən, polietilen, epoksid, polivinilxlorid, bitum və s. istifadə edirlər.

Örtük materiallarının istehsalı üzrə ixtisaslaşmış və böyük təcrübəyə malik olan şirkətlər sırasında *Ameron (ABŞ)*, *ВНИИСТ (Moskva)*, *Setmers (Holland)*, *Epon (İngiltərə)*, *Pipeline Rehabil (İtaliya)* və s.

Xüsusi aqressiv mühitlərdə korroziyadan qorunmaq üçün şüşə strukturlu materialı əsasında hazırlanan örtüklər(Flakeglass) tətbiq olunur [12].





Şəkil 1. Metal səthlərin korroziyada qorunma metodları

Fransanın SİF şirkəti qaz kəmərlərinin xarici səthlərinin atmosfer və torpaqın təsirindən qorumaq məqsədi ilə Alkaten 9211 BLK 9024 markalı polietilen əsaslı kompozisiya materialından istifadə edirlər [13].

Örtük materialı və texnologiyaları sırasında lentvari materiallar geniş tətbiq tapmışdır. Bu sırada bitum, PVX, petrolatum, daş kömürü əsaslı və sairə örtükləri göstərmək olar. Lentvari örtüklərdən istifadə effektiv olsada, burada örtüklərin çəkilmə sxeminin optimallığı və tamlığı vacib faktorlardandır. Belə ki, çox vaxt hormativ sənədlərdə verilmiş tələblərlə səthlərin izolyasiyası zamanı konkret şəraitin nəzərə alınmaması səbəbindən korroziyadan mühafizənin etibarlılığı yüksək olmur. İstismar başlanan müddətdən 3-5 il sonra artıq örtük altı korroziyanın başladığı müşahidə olunur. Bu əsasında baş verən imtinaların təhlili göstərir ki, istismarın kiçik ömürlüklüyü örtük materialının əsasını təşkil edən polietilenin adheziya və sukeçiriciliyi ilə bağlı xarakteristikalarının aşağı olmasıdır. Adətən belə hallarda çıxış yolu kimi örtük qatının 1+1 sxeminin 2+1 ilə əvəz olunması ön plana çəkilir. Burada innovasiya təbirlərin həyata keçirilməsi daha məqsədə uyğun ola bilər.

2006-cı il respublikada yaradılan «Azkompozit» MMC böyük diametrlə (2000 mm) və təzyiqlərdə (5-25 Mpa) işləyə bilən polimer liflər əsaslı kompozit boru istehsalına başlamışdır [14]. İlk olaraq su, kanalizasiya, soyutma sistemləri üçün boru istehsalı ilə məşğul olan bu müəssisə onların neft və qazın nəqli istiqamətində tətbiqi üzrə geniş işlər aparır. Bu borular ISO, ASTM, DIN və API standartlarına uyğundur.

NMA-nın, metal qurğu və konstruksiyaların, eləcə də boru kəmərləri sisteminin korroziyadan qorunması üçün hal-hazırda yuxarıda qeyd edildiyi ki, Azərbaycan Respublikasının neft və qaz sektorunda «Azneft» İB-nin tərkibində olan 11, eləcə də 9 birləşmiş müəssisə və əməliyyat şirkətləri fəaliyyət göstərirlər. Bunlarda əlavə 1994-cü ildə başlayaraq bu sektorda bir neçə beynəlxalq əməliyyat şirkətləri çalışırlar.

Neft və qaz quyularının istismarında yaranan mürəkkəbləşmələr və bu səbəblərdən baş verən fəsadların aradan qaldırılması, hasilat göstəricilərinin yüksəldilməsi Azərbaycanın neft sektorunda mütərəqqi texnologiyaların



tədbiqini tələb edir. Bu baxımdan son illərdə hasilatın sabitləşdirilməsi, təmir-bərpa işlərinin keyfiyyətinin artırılması və təmirlərarası müddətlərin uzadılması, koroziya, duz və parafin çöküntüləri ilə mübarizənin gücləndirilməsi yüksək reoloji göstəricilərə malik səthi-aktiv maddələrin (SAM) və digər müxtəlif kimyəvi reagentlərin işlənməsi və tədqiqi ilə ciddi elmi, elmi-praktiki işlər aparılır.

Neft sənayesinin müasir səviyyəsində hasilat göstəricisinin artırılmasında, koroziya, duz çöküntüləri və s. mübarizədə istifadə olunan reoloji, texniki və digər üsullar sırasında ən önəmliyərdən birisi nanotexnologiyaların tətbiqidir.

Son illərdə ARDNŞ tərəfindən 2010-2015 və 2016-2020-ci illər üçün təsdiq olunan "Nanoneft proqramı" bu texnologiyaların geniş tətbiqi üçün əlverişli imkanlar yaratmışdır. Nanotexnologiyalardan istifadə etməklə azdebitli quyularda hasilatın artırılması, quyudibi zonanın emalı vasitəsilə sulaşmış quyularda suyun qarşısını almaq, hasil edilən mayenin tərkibində suyun miqdarını azaltmaq, hasil edilən mayenin tərkibində olan qumun quyu lüləsində çökməsinin, qum tıxaclarının əmələ gəlməsinin qarşısını almaq, qum tıxaclarının yuyulması ilə əlaqədar təmir işlərini sürətləndirmək, təmirdən sonra mənimsəmə müddətini qısaltmaq, neftiyyəmə və neftin hazırlanması məntəqələrində suyun neftdən ayrılması prosesini sürətləndirmək, yüksək özlülüklü neftlərin hazırlanması və mədəndaxili nəqlinin texniki göstəricilərini yaxşılaşdırmaq, quyularda parafin çöküntülərinin qarşısını almaq, çənlərdə və atqı xətlərində metal çöküntülərini təmizləmək, avadanlıqlardakı duz çöküntülərinin aradan qaldırmaq və s. istifadə olunur.

Hal-hazırda ARDNŞ-də nanotexnologiyalar neftçıxarma, qazma, neft-kimya və ekologiya sahələrində, eləcə də geologiya və mədən avadanlıqları istiqamətində də geniş tətbiq olunurlar.

Neftçıxarmada nanotexnologiyaların tətbiqi nəticəsində neftin özlülüyünü aşağı düşməsinə, neft-su kontaktında hidrofob xassə yaradılmasına, kollektora təsir etməklə əlavə neft axını təmininə nail olunmuşdur. Bu işə öz növbəsində hasilat quyularında neft verimini 0,4-dən 0,63-ə qədər qaldırmağa imkan yaratmışdır.

Dünya praktikasında ilk dəfə neft və qaz quyularının qazılması və sementlənməsi üçün "NANONEFT", "NANOBITUM", "NANOYAĞ", "NANOQUDRON", "NANOMAY", "NANOTAMPON" və "NANOBUFER" sistemləri tətbiq olunmuşdur.

Son illər Azərbaycanda nanokimya və nanoekologiya problemləri istiqamətində elmi-tədqiqat işləri böyük sürət almışdır.

Aparığımız araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, neft sənayesində nanotexnologiyaların tətbiqinin çox şaxəliliyinə baxmayaraq onların neftmədən avadanlıqlarının (NMA), magistral və mədən təsərrüfatındakı boru kəmərlərinin funksional xassələrinin yüksəldilməsində hələ ki öz həllini tapmamışdır.

Beləliklə, aparılmış tədqiqatlar və araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir:

-Azərbaycan MQKS-nin istismar şəraitlərinin mürəkkəbliyi və müddətlərinin buraxıla bilən həddi keçdiyini nəzərə alınmaqla, onların yeniləşdirilməsi aktuallıq kəsb edir. MQKS-nin anomallıq dərəcələri əsas götürülərək onların rekonstruksiyası üçün təxirə salınmaz tətbiqlər planının hazırlanması və icrası qaz təsərrüfatı qarşısında duran önəmli məsələlərdən biri kimi qəbul edilməlidir;

-MQKS-də qəzalar səbəbindən yaranan itgilərin həcmi illər üzrə azalsa da, onların kəmiyyət göstəriciləri buraxıla bilən normadan yüksəkdir;

-MQKS-nin istismar prosesində nəzarət edilən texnoloji məlumatlarda xətalara geniş hədlərdə dəyişməsi, burada qərar qəbul etmə prosesində qeyri- müəyyənlik yaradır. Bunlar nəzərə alınmaqla, sistem üçün vahid informasiya bazasının yaradılması istiqamətdə geniş işlər aparılması qaz sektorunun əsas məsələlərindəndir;

-Respublikada qaz təchizat sistemində baş verən bütün dəyişikliklərə operativ təsir göstərmək və qərar qəbul etmədə optimallığın təmin olunması məqsədi ilə, müasir tələblərə cavab verən vahid diaqnostika mərkəzinin yaradılması vacibdir;

-MQKS-i sistemində etibarlıq xarakteristikalarının qiymətləndirilməsində və adekvat riyazi modellərinin qurulması zamanı təkcə borunun divarının qalınlığının dəyişməsinə əsaslanmaq kifayət deyildir. Eyni zamanda nəql olunana qazın və ətraf mühitdə baş verən iqlim, atmosfer, hidromexaniki və digər proseslər nəzərə alınmalıdır;

-Müasir qaz təchizatı sistemlərində nəzarət vasitələrinin tətbiq səviyyəsi bunlara qoyulan tələblərdən əhəmiyyətli dərəcədə geri qaldığını qeyd etməklə sistemin səmərəliliyinin və etibarlılığının artırılması üçün burada çoxsəviyyəli diaqnostika strukturunun yaradılması aktualdır. Burada boru daxili və xarici diaqnostikası ilə yanaşı geotexniki üsulların tətbiqi vacib və zəruridir.

## Ədəbiyyat

1. Протасов В.Н. Методологические основы разработки технических требований к качеству полимерного покрытия наружной и внутренней поверхностей нефтегазопроводов // Коррозия территории НЕФТЕГАЗ, -№1, -2005, С.11-19.
2. Багиров Р.А., Меликов А.С., Габибов И.А. Пути развития газовой промышленности Azerbaijan. Баку: Маариф, 2004. -260с.

3. Протасов В.Н. Теория и практика применения полимерных покрытий в оборудовании и сооружениях нефтегазовой отрасли. М.: Недра 2007, 306 с.
4. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. СПб.: Недра, 2008. – 488 с.
5. Мустафин Ф.М., Кузнецов М.В., Быков Л.И. Защита от коррозии. Т. 1. Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2004. – 806 с.
6. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. М., 2006. – 306 с.
7. Медведева М.Л.- Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа. М.: Нефть и газ, 2005.
8. Мустафин Ф.М. Защита трубопровода от коррозии. СПб.: Недра, 2005, Т. 1, - 617 с.:
9. Новицкий В.С., Писчик Л.М. Коррозионный контроль технологического оборудования. Киев, Наукова Думка, 2001
10. Афанасьев А.В. Повышение эффективности ингибиторной защиты промысловых трубопроводов методами актуализации системных процессов. Опыт применения ингибиторов коррозии «МАСТЕР КЕМИКАЛЗ» // Инженерная практика: произв. – техн. нефтегаз. журн. 2012. №5 С. 34-42 URL: [http://glavteh.ru/files/IP-5\\_Afanasiev.pdf](http://glavteh.ru/files/IP-5_Afanasiev.pdf).
11. Турдыматов А.А., Абдрахманов Р.Н., Егоров А.М. Ингибиторы коррозии промысловых трубопроводов, классификация, оценка эффективности// Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов: науч. техн. техн. 2016. Т. 7, № 1. С. 172-176.
12. Дороеева А.В., Семин М.А. Защитные стекловидные покрытия для стали. / Успехи в химии и химической технологии. Т. XXVIII, №8, - 2014. –с.43-47.
13. Мустафин Ф.М. Обзор методов защиты трубопроводов от коррозии изоляционными покрытиями. / Нефтепромышленное дело, 2003, №4. С.27-34.
14. <http://www.azkompozit.az> Azkompozit MMC.

## CURRENT STATE OF TRUNK CORROSION PROTECTION GAS PIPELINES OF AZERBAIJAN

K.B. Iravanli  
Azerbaijan State University Oil and Industry  
E-mail: [konul.iravanli@gmail.com](mailto:konul.iravanli@gmail.com)

### ABSTRACT

Equipment and construction in the oil and gas sector are characterized by large dimensions and metal consumption. Among the main causes of hardware failures used in this industry sector are corrosion. This paper discusses the current state of corrosion protection of gas pipelines in Azerbaijan and ways to resolve problems in this direction.

**Keywords:** Gas mains, corrosion, active and passive protection, polymer coating.



## KİPLƏNDİRİCİ ELEMENTDƏ ÖZ-ÖZÜNƏ KİPLƏNDİRMƏ TƏMİN EDƏN GƏRGİNLİK DEFORMASIYANIN HESABLANMASI

<sup>1</sup>L.S. Hacıyeva, <sup>2</sup>Ü.E.Nəsirli

<sup>1,2</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

### XÜLASƏ

Pakerlər quyuların təbəqələri arasında hidrostatik təzyiqli hesabına sıxılma effekti yaradır və eyni zamanda fərqli layların eyni zamanda istismar edilməsinə şərait yaradır. Pakerlərin etibarlı fəaliyyət göstərməsi üçün rezin yüksək təzyiqlə və temperatura tab gətirməlidir. Bu məqalədə, quyunun hidrostatik təzyiqli hesabına kipləndirmə effektinin hesablanması ediləcəkdir. Və eyni zamanda təzyiqlə görə kipləndirmənin necə dəyişməsi göstəriləcəkdir.

**Açar sözlər:** Paker, Kipləndirmə effekti, İstismar borusu, Sürtünmə, Deformasiya

### АННОТАЦИЯ

Пакеры обеспечивают эффект уплотнения за счет гидростатического давления и дают возможность эксплуатации разных слоев одновременно. Для надежной работы пакеров резина должна быть устойчивой к высокому давлению и температуре. В данной статье будет проведено вычисление эффекта уплотнения за счет гидростатического давления скважины. И в то же время, будет показано изменение уплотнения в зависимости от давления.

**Ключевые слова:** Пакер, эффект уплотнения, эксплуатационная скважина, трение, деформация

### ABSTRACT

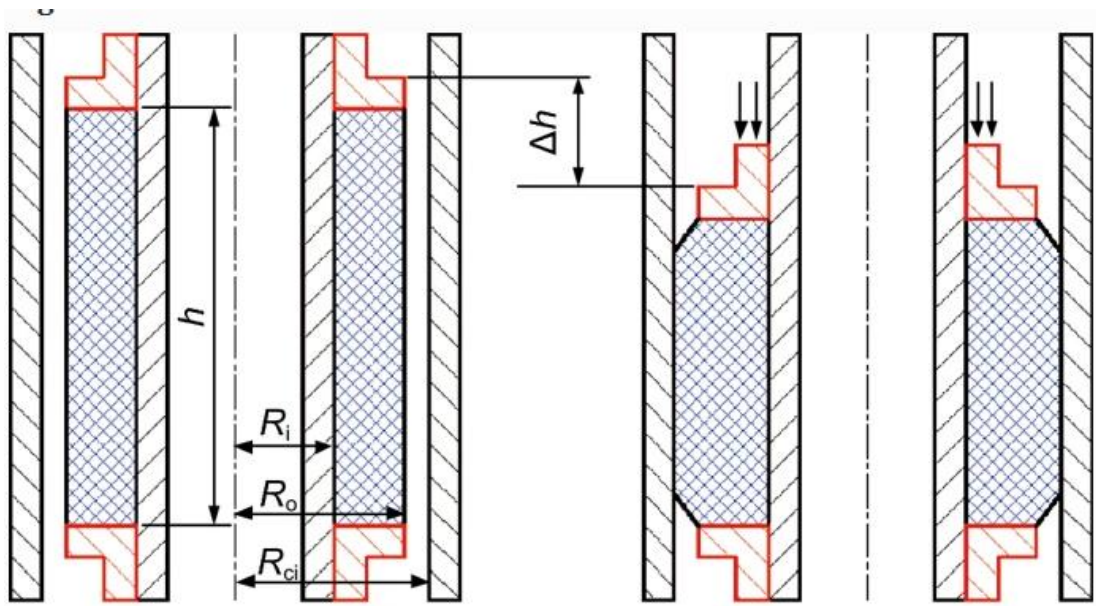
Packers enable sections of the wellbore to be sealed off and separately fractured by hydraulic pressure, one at a time, while the remainder of the wellbore is not affected. However, reliable sealing properties of the packer rubber are required to meet the high-pressure and high-temperature (HPHT) conditions of reservoirs. In this article, self packing effect by hydrostatic pressure will be define. At the same time graph of relation between packing effect and hydrostatic pressure will be given.

**Keywords:** Packer, Packing effect, Tube, Friction, Deformation

Kipləndirmə yaranması üçün kipləndirici elementlərdə müəyyən deformasiya oxboyu deformasiya yaradılmalıdır. Bu  $\Delta h$  oxboyu deformasiyadan asılı olaraq kipləndirici radial istiqamətdə yerdeyişmə edərək pakerin lüləsi ilə istismar kəmərinin daxili səthi arasında qalan halqavi araboşluğunu doldurur. Lakin bu  $\Delta h$ -deformasiyanın qiymətindən asılı olaraq aşağıdakı hallarda ola bilər. Şəkil 1 pakerin qurulduqdan sonra  $\Delta h$  oxboyu dəyişməsi göstərilir.

$\Delta h \geq \Delta h_k$  - onda özü-özünə kipləndirmə effekti yaranır. Eyni zamanda  $\Delta h$ -in qiymətinin  $\Delta h_k$ -dan nə qədər çox olması da vacib məsələlərdən biridir. Çünki, rezin kipləndiricinin çox yüklənməsi də onun tez dağılmasına səbəb olur. Deməli, kipləndirmə düyünü üçün kipləndiricinin gerilmə vəziyyətini xarakterizə edir və onun kiqlik effektinə bilavasitə təsir göstərir.

Məlumdur ki, kipləndirici rezin material kimi, yüksək elastiki material olduğu üçün gərilmənin (deformasiyanın) müəyyən bir qiymətində öz forma və ölçülərini dəyişmə xüsusiyyətinə malikdir. Onun deformasiya halında kipləndirmə yuvasının həcmnin formasını asanlıqla alır və tələb olunan araboşluğunu və mikro araboşluğunu doldurur. Lakin tədqiqatlar sübut edir ki, gərginliklərin və deformasiyanın elə qiymətləri rezin kipləndiricidə iş vaxtı yarana bilər ki, bu onun artıq dərəcədə yüksəlməsinə səbəb olur və rezin kipləndiricinin axması ilə hem de kipləndiricinin işinin pozulması ilə nəticələnə bilər. Bu məqsədlə paker kipləndiricisində yaranan  $\sigma_3$ ,  $\sigma_p$ ,  $\sigma^\theta$  gərginliklərini və deformasiyanı təyin edək.



Şəkil 1

Hidravlik pakerlərin kipləndirici elementləri (və ya elementləri) silindrik bir formaya malik olan elementlərdən ibarətdir. Bu kipləndirici elementlər pakeri istismar kamərində tutmaq üçün pakerin iş prinsipinə görə onun hidrosilindirdə müəyyən təzyiqlə (məsələn: maye-su ilə) yaranır. Bu təzyiqlə P təsirinə görə pakerin hərəkət etdirilir və kipləndirmə düyününə alt dayaq şaybasını rezin kipləndiricilərə sıxır. Bu halda kipləndirici elementlər istismar kamərinin daxili səthinə çatana kimi o, deformasiya etdirilir. Kipləndirici elementlər təzyiqləndirən qüvvəyə məruz qalır:

$$P = Q = \Delta P \cdot S = \Delta P \cdot \frac{\pi}{4} (D_{silindr}^2 - d_{lülə}^2) \quad (1)$$

O qiymətə kimi artırılır ki, kipləndirici elementlər nəinki pakerin lüləsi dlülə - hem de ona bağlanmış nasos kompressor boruları ilə istismar kamərinin daxili səthi arasında qalan həlqəvi DL araboşluğu:

$$\delta = \frac{D_k - d_{lülə}}{2} \text{ doldurulmalıdır.}$$

Həmçinin istismar kamərinin səthində olan kələ-kötürlükdən əmələ gələn mikro araboşluqlarını doldurmalı və bunun əsasında kiplik yaratmalıdır. Bu vəziyyətdə kipləndirici elementlərdə gərginliklər yaranır, habelə kipləndirici elementlərdə yaranan gərginliklər elə həddə olmalıdır ki, onları dağıtmasın, kipləndiricilər uzun müddət işləyə bilsin, deməli kipləndiricinin deformasiyasına müəyyən məhdudiyətlər qoyulmalıdır. Deməli kipləndiricinin daxili diametri ona bağlanacaq (konkret quyruğu üçün) NKB borularına görə seçilir. Onda qalır ki, kipləndiricinin xarici diametri gərginliklərə görə düzgün seçilsin. Burada da rezin kipləndiricinin xarici diametri iki teləbi ödeməlidir.

Birincisi bu diametr elə olmalıdır ki, pakerin quyruğa buraxılmasında istismar kamərinin daxilindən rahat maneəsiz keçməlidir.

İkincisi isə araboşluğu elə böyük olmalıdır ki, kipləndirici həddən artıq yüklənməsin. Onda yaranan deformasiya və gərginliklər kipləndiricinin materialı rezin üçün olan buraxıla bilən deformasiya və gərginliklərin hallından böyük alınmasın. Qeyd etmək lazımdır ki, bu vəziyyətdə pakerin kipləndiricisi mürəkkəb gərginlikli vəziyyətdə olur. Ona görə kipləndiricinin bu mürəkkəb gərginlikli vəziyyətdən xarici diametrinin (ən böyük buraxıla bilən qiymətini) həddini təmin etmək lazımdır.

Məlumdur ki, mürəkkəb gərginlikli vəziyyətin ümumi nisbi-deformasiya intensivliyi aşağıdakı kimi xarakterizə olunur.

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \sqrt{(\varepsilon_\theta - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_r)^2 + (\varepsilon_\theta - \varepsilon_r)^2} \leq [\varepsilon] \quad (2)$$





Burada:  $\varepsilon_1$  - nisbi deformasiyanın intensivliyi:

$\varepsilon_r$  - radial nisbi deformasiya;

$\varepsilon_z$  - oxboyu nisbi deformasiya;

[ $\varepsilon$ ] kipləndiricinin materialı üçün buraxıla bilən nisbi deformasiya. Bizim hal üçün rezinin sıxılmamazlıq şərtinə görə.

$$\varepsilon_\theta + \varepsilon_z + \varepsilon_r = 0 \quad (3)$$

Onda:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sqrt{12}}{3} \varepsilon_\theta \leq [\varepsilon] \quad (4)$$

Buradan maksimum tangensial nisbi deformasiyanı təyin edə bilərik.

$$\varepsilon_\theta = \frac{3}{\sqrt{12}} [\varepsilon] = 0,87 \cdot [\varepsilon] \quad (5)$$

$\varepsilon_\theta = \ell_n \frac{D_{xk}}{d_{x0}}$  olduğu üçün kipləndiricinin xarici diametrini  $D_{xk}$  kəmərin daxili diametrinə və nisbi deformasiyanın buraxıla bilən dərəcəsinə görə təyin etmək olar:

$$\varepsilon_\theta = \ell_n \frac{D_{xk}}{d} \quad \text{buradan} \quad d_x = \ell_n^{0,87[\varepsilon]} \frac{D_{xk}}{d}$$

Burada  $\ell_n = 2,72$  natural loqarifmdir. ( $\ell$  - Neper ədədidir)

$D_x$ -rezin kipləndiricinin istismar kəmərinin daxili diametrinə çatandan və bu diametrə bərabər qiymətdə olan xarici diametri (yeni deformasiyadan sonrakı diametri)

Rezin kipləndiricinin deformasiyadan əvvəlki xarici diametri; indi də gərginlikli yəni deformasiya vəziyyətindən kipləndiricinin qalınlığını təyin edək. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi pakeri istismar kəmərinə (daxili səthində) onun kipləndirici elementləri bu vəziyyətdə istismar kəmərinin daxili səthinə sıxılır və  $\Delta P$  vəziyyətində olur. Bu halda pakerin quyu divarında bərkitmə əmsalı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$K = \frac{D_p}{D_{pk}} \quad (6)$$

Burada  $D_p$  - rezin kipləndiricinin deformasiyaya kimi diametri.

$D_{pk}$  - rezin kipləndiricinin işçi vəziyyətdə xarici diametri.

Bu halda kipləndiricinin kamer səthi ilə təmasında tangensial gərginliklər ən böyük qiymətə çatır.

$$\sigma_\theta = \frac{2\Delta P}{1 - K^2} \quad (7)$$

Möhkəmlik nəzəriyyəsinə görə  $\sigma_\theta - \sigma_r \leq [\sigma]$  burada  $[\sigma]$  - rezin üçün buraxıla bilən gərginlikdir. Buradan:

$$\frac{2\Delta P}{1 - K^2} \leq [\sigma] \quad (8)$$

$K$ -ni biləndən sonra rezin kipləndiricinin daxili diametrini və qalınlığını onun işçi vəziyyətində təyin edə bilərik.

$$D_p = k D_{pk} \quad (9)$$

$$\delta = \frac{D_{pk} - D_p}{2} \quad (10)$$

Kipləndiricinin ilkin vəziyyətinə görə qalınlığını bilmək üçün aşağıdakı ifadələrdən istifadə edirik.

$$\varepsilon_\theta = -\varepsilon_\kappa \quad (11)$$

Belə ki:

$$\varepsilon_{\theta} = \ln \frac{D_{Pk}}{D_p} \quad (12)$$

$$\varepsilon_r = \ln \frac{\delta_0}{\delta} \quad (13)$$

Onda:

$$\frac{D_{Pk}}{D_p} = \frac{\delta_0}{\delta} \quad (14)$$

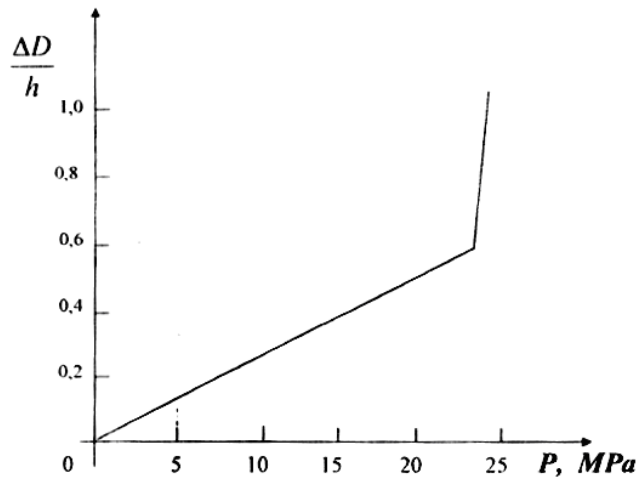
Buradan:

$$\delta_0 = \delta \cdot \frac{D_{Pk}}{D_p} = \frac{\delta_0}{\delta} \quad (15)$$

Onda kiplədiricinin ilkin vəziyyətdə daxili diametric:

$$d_d = d_x - 2\delta_0 \quad (16)$$

Təzyiqin kipləndirmə diametrindən (ölçüsüz) asılılığı şəkil 2-də verilmişdir. Kipləndiricinin təzyiqdən asılı diametrinin dəyişməsi:



Şəkil 2

## NƏTİCƏ

Aparılan araşdırma zamanı məlum olmuşdur ki, pakerin en ideal şəraitdə kipləndirmə effekti yarada bilməsi üçün istismar borusunun diametrindən asılı olaraq müəyyən təzyiqdən çox və ya az olmamalıdır. Bu  $\frac{\Delta D}{h}$  nisbetindən asılı olaraq 23-25 Mpa olaraq hesablanmışdır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Зайцев Ю.В., Максудов Р.А., Асфандияров Х.А. и Сучков Б.М. Пакеры и технологические схемы их установок. ВНИИОЭНГ, Москва, 1969. стр.100
2. Məmmədov VI. Neft-mədən avadanlıqlarının hermetik düyünlərinin elastiki elementlərinin hesablanması və layihələndirilməsinin əsaslandırılması.
3. James D, Deng G, Scott C, Gary A, Shyu G. Permanent production packer pushes limits of ultra-HPHT wells.
4. Polonsky VL, Tyurin AP. Design of packers for sealing of the intertube space in equipment used for recovery of oil and gas.



## THE CALCULATION OF COMPRESSION DEFORMATION OF FIXING ELEMENT WHICH PROVIDES SELF PACKING EFFECT

<sup>1</sup>L.S. Hajiyeva, <sup>2</sup>Ü.E. Nasirli

<sup>1,2</sup>Azerbaijan State University of Oil and Industry

### ABSTRACT

Packers enable sections of the wellbore to be sealed off and separately fractured by hydraulic pressure, one at a time, while the remainder of the wellbore is not affected. However, reliable sealing properties of the packer rubber are required to meet the high-pressure and high-temperature (HPHT) conditions of reservoirs. In this artical, self packing effect by hydrostatic pressure will be define. At the same time grap of relation between packing effect and hydrostatic pressure will be given.

**Keywords:** Packer, Packing effect, Tube, Friction, Deformation



## PAKERİN QUYUDAN ÇIXARILMA ÜSULUNUN TƏDQIQI

<sup>1</sup>C.N. Aslanov., <sup>2</sup>F.F. Mustafayev

<sup>1</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti”

<sup>2</sup>Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi

E-mail: camaladdin.aslanov@asoiu.edu.az

### XÜLASƏ

Məqalədə neft və qaz sənayesinə, bilavasitə neft, qaz və su vurucu quyularda layların ayrılıqda istismarında, izolyasiya işlərində tətbiq edilən paker avadanlığının quyudan çıxarılması tədqiq edilmiş və paker avadanlığının quyudan çıxarılmasının ən geniş yayılmış nasos-kompresor borularını yuxarı qaldırmaqla pakerin quyudan çıxarılması üsulunun xətasız yerinə yetirilmə metodik ardıcılığı işlənmişdir.

**Açar sözlər:** Paker, üsul, çıxarılma,kipləndirici, manjet

### АННАТАЦИЯ

В статье рассматривается удаление пакерного оборудования из скважины, которое используется в нефтегазовой промышленности, при отдельной эксплуатации пластов в нефтяных, газовых и водяных нагнетательных скважинах, изоляционные работы, а также метод безупречного демонтажа пакерного оборудования путем подъема наиболее распространенных насосно-компрессорных труб. последовательность разработана.

**Ключевые слова:** Пакер, способ, отжим, герметик, манжета

### ABSTRACT

The article examines the removal of packer equipment from the well used in the oil and gas industry, in the separate operation of layers in oil, gas and water injection wells, insulation work, and the error-free method of packer removal from the well by lifting the most common pump-compressor pipes. sequence developed.

**Keywords:** Packer, method, extraction, sealant, cuff.

Paker avadanlığının quyudan çıxarılmasının üç üsulu mövcuddur ki, bu üsulların ən geniş yayılanı nasos-kompresor borularını yuxarı qaldırmaqla pakerin quyudan çıxarılması üsuludur (bax [1]).

Bu üsul pakerin azad edilməsi və quyudan çıxarılması nasos-kompresor borularını(NKB) yuxarı qaldırmaqla baş verir. Bu zaman pakerdən oxboyu qüvvə götrülür və kipləndirici manjet elastikliyi hesabına sıxılmadan azad olur. Paker qaldırılakən pakerin lüləsi yuxarı hərəkət edərək konusu plaşkalardan ayıraraq pakeri lövbərləşmədən çıxarır. Paker NKB –r1 ilə birlikdə qalxır[1-3].

Burada pakərlərin quyulardan çıxarılması, nasos-kompresor borularının və ya kanat texnikasının quyu saxlanıldıqdan sonra ixtiyari vaxt ərzində (qısa müddətdə) həyata keçirilməsi ilə baş verdiyindən bu vaxta düzgün riayət edilməməsindən manjetlərin açılmaması nəticəsində bir çox hallarda pakerin quyu divarında ilişməsi baş verir. Bu səbəb üsulun səmərəliyini aşağı salır, həm də qəzaların baş verməsi müşahidə olunur.

Buna səbəb gözlənilən vaxt ərzində işçi təzyiqindən radial istiqamətdə sıxılmış vəziyyətindən (kipləndirmə vəziyyətində radial genişləndirilir) başlanğıc vəziyyətinə qayıdıb özlərini bərpa etməyə vaxt tapa bilmir, rezin manjetin ölçülərini – başlanğıc diametrini (təbii ki, hündürlüyünü də) bərpa edə bilmədiyindən, bu zaman histrezis – qalıq deformasiyası əmələ gəldiyindən istismar kəmərinə sürtünə-sürtünə pakeri yuxarı qaldırmağa cəhd göstərilir. Bunun nəticəsində rezin manjetlər çox vaxt pakerin gövdəsi ilə istismar kəməri arasındakı araboşluğuna axaraq aranı tutur və bu pakerin quyu divarına pərçimlənməsinə səbəb olur. Yaranan pərçimlənmədən yuxarı dartılan (pakerə bağlanmış) nasos-kompresor borularında böyük dağıdıcı dinamik qüvvələri və gərginlikləri yaradır. Bunun nəticəsində böyük qəzalar törənə bilir [2]. Paker avadanlığının və bütünlükdə quyu içi avadanlığının bərpasına xeyli xərclər və əmək sərf olunur.

Təcrübələr göstərir ki, pakeri quyudan o halda qəzasız rahat çıxartmaq mümkün olur ki, onun kipləndirmə düyünündəki kipləndirici manjetlər (adətən bunların sayı üç ədəd götrülür) işçi qüvvəni bu rezin manjetlərdən götrüdükdən sonra tam olaraq öz əvvəlki – başlanğıc vəziyyətinə ala bilsin. Lakin bu əsas amilə praktikada fikir verilmədiyindən təzyiq (və qüvvəni) kipləndirici manjetlərin üzərindən götrən kimi nasos – kompressor boruları yuxarı dartılır və pakeri quyudan yuxarı çəkirlər.

Silindrik böyük həcmli manjetlər və “O” - “U” şəkilli manjetlər üçün manjetlərin açılma müddətinin müxtəlifliyi istənilən zaman müddətini gözləməklə pakerin quyudan yuxarı qəzasız qaldırılmasına təminat vermir.



Bunun üçün hər tipli manjet uyğun zaman müddəti məlum olmalıdır.

İşin məqsədi: Pakerin quyudan qəzasız çıxarılmasının etibarlılığını yüksəltmək, kipləndirici rezin manjetləri özünü bərpa etmə rejimini gözləməklə manjetlərin başlanğıc formaya qayıtması müddətini təyin etməklə pakerin quyudan sərbəst, maneəsiz çıxarılmasına nail olunmasıdır.

Bunun üçün pakerin rezin kipləndirici manjetlərinin üzərindən yükü götürdükdə (kipləndirici manjetlər pakera bağlanmış nasos-kompresor borularını yuxarıya dartmaqla yüksəldirilir) rezin manjetlərin özlərini bərpa etmə rejimini gözləməklə onun başlanğıc ölçülərinə və formasına qaytarılmasının təmin olunmalıdır.

Pakeri quyudan çıxaran anda nasos-kompresor borularını yuxarıya qaldırdıqda pakerin rezin kipləndirici manjetlərinə müəyyən bir vaxt (rezinlərin özünü bərpa etmə vaxtı  $t_b$ ) verilməlidir ki, rezinlərin istismar kəmərinin səthindən azad olularaq başlanğıc ölçülərinə və formasına qayıda bilmə qabiliyyətini bərpa etsinlər. Bu halda eksperimentlərin sübut etdiyi kimi rezin manjetlərdə histrezis – qalıq deformasiyaları praktiki olaraq (çox kiçik həddə 0.5-1%) aradan qaldırılmış olur. Buna görə də paker quyudan maneəsiz (heç bir qəza olmadan) azad olunaraq çıxarıla bilər.

Bundan əlavə rezin manjetlərə özlərini bərpa etmə vaxtı verdikdə onlar təkrar işləməyə yaralıqlarını qoruyub saxlayır.

Bizim tərəfimizdən aparılmış nəzəri tədqiqat əsasında[5] məlum olmuşdur ki, pakerin rezin kipləndirici elementinin texniki cəhətdən özünü bərpa etmə əmsalı

$$P = \left( -\frac{V}{V_0} \right)^2 = -\frac{g}{g_0} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n H'_n e^{-h_n \tau'} [L_{1n} \sin \omega_n \tau' - (2 - L_{2n}) \cos \omega_n \tau'] \quad (1)$$

İfadəsi ilə müəyyənləşdiriləcəkdir[2].

Burada  $V_0$  və  $V$ -zərbənin yayılmasının başlanğıc və son sürəti,  $\tau'$  -zərbə vaxtı,  $\theta$  və  $\theta_0$ -rezen daxilində dalğa cəhbəsinin başlanğıc və son sürəti  $\varepsilon$ -kipləndiricilərin qalıq deformasiyası,  $\sigma$ -dinamiki gərginlik,  $A_n$ -kipləndiricinin harmonik rəqsi hərəkətindən sinus və kosinus bucağından doğan əmsal,  $H_n$ -həyacanladırıcı qüvvənin təsiri altında rəqsdə olan kipləndiricinin hündürlüyü,  $L_{1n}$  –rezolventoperator müstəvisinin sinus və kosinus çevrilməsidir,  $\omega$ -rəqsin tezliyidir.

Həmçinin bərpa etmə əmsalına əsasən paker kipləndiricisinin zərbə vaxtı özündə topladığı enerjinin təyin edə bilər.

$$\Pi_{II} = \left( 1 - \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right) \Pi_0 \quad (2)$$

Burada  $\Pi_0$  - zərbəyə qədər sistemin kinetik enerjisi;  $\Pi_{II}$  - kipləndiricinin elementin zərbə zamanı topladığı kinetik enerjisi

$$\frac{V}{V_0} = \sqrt{1 - \frac{\Pi_{II}}{\Pi_0}} \quad (3)$$

Burada  $\Pi_0$  və  $\Pi_{II}$  təcrübə əsasında təyin olunur.

$$\tau' = \frac{c_{cm} t_b}{h_0}$$

(1)-ifadəsində qeyd olunmuş müəyyənləşdirilərək,

(4)

Burada  $c_{cm}$ -dalğanın yayılma sürəti,  $h_0$ -kipləndiricinin başlanğıc hündürlüyü,  $t_b$  –kipləndiricinin özünü bərpa etmə vaxtıdır.

$\tau'$  ölçüsüz kəmiyyətdən  $t_b$  zamanına keçməklə müxtəlif icralı paker konstruksiyaları üçün  $t_b = (12 \dots 24)$  dəqiqə, gözləmə müddəti gözlədikdən sonra yerinə yetirilir[2]. Müxtəlif silindrik formalı rezin manjetlər üçün  $t_b = (12 \dots 24)$ , vaxtını gözləməklə histrezisliyin bu cür azaldılmasına nail olunma pakerlərin quyudan qəzasız çıxarılmasını təmin edir və pakerlərin işində effektivliyi yüksəldir.

Təklif olunmuş üsulun pakerin azad edilməsi və quyudan çıxarılması nasos-kompresor borularını(NKB) yuxarı qaldırmaqla baş verir. Bu zaman pakerdən oxboyu qüvvəni götürdükdə kipləndirici manjetin elastiklikliyi hesabına onun sıxılmadan tam azad olunması üçün (1),(4) ifadəsinə əsasən gözləmə müddətini gözlədikdən sonra pakeri dartmaq lazımdır. Gözləmə müddəti bitdikdən sonra paker qaldırılarkən pakerin lüləsi yuxarı hərəkət edərək

konusu plâşkalardan ayıraraq pakeri lövbərləşmədən təhlükəsiz və qəzasız ayıracaqdır. Paker NKB –rı ilə birlikdə qalxıacaqdır.

### NƏTİCƏ

1. Paker xətasız quyudan çıxarılmasının yeni üsulu verilmişdir.
2. Pakerin çıxarılması kipləndirici rezin manjetlərin istismar kəmərinin səthindən azad olub başlanğıc forma və ölçülərini bərpa etmək, histrezis qalıq deformasiyalarını və yüksüzləndirmə prosesini, qalıq nisbi elastikliyi aradan qaldırmaq məqsədi ilə özünü bərpa etmə vaxtının ölçüsüz qiymətini

$$\left(-\frac{V}{V_0}\right)^2 = -\frac{g}{g_0} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n H'_n e^{-h_n \tau'} [L_{1n} \sin \omega_n \tau' - (2 - L_{2n}) \cos \omega_n \tau']$$

$$\tau' = \frac{c_{cm} t}{h_0}$$

düsturu ilə müəyyən ediləcəkdir.

### Ədəbiyyat

1. Пакеры типа ПН-ЯГМЭ Интеллектуальный. <http://liftoil.ru/ru/content/view/31>
2. Babanlı M.B., Mamedov G.A., Mammadov V.T., Aslanov J.N. Features of the calculation while nonstationary dynamic loadings for the seal of the downhole packer "Science and Education" Germany, during July 1-2, 2016.

## PAKER'S WELL REMOVAL METHOD

<sup>1</sup>J.N.Aslanov, <sup>2</sup>F.F Mustafayev

<sup>1</sup>Azerbaijan State University of Oil and Industry

<sup>2</sup>Ministry of Education of the Azerbaijan Republic

### ABSTRACT

The article examines the removal of packer equipment from the well used in the oil and gas industry, in the separate operation of layers in oil, gas and water injection wells, insulation work, and the error-free method of packer removal from the well by lifting the most common pump-compressor pipes. sequence developed.

**Keywords:** Packer, method, extraction, sealant, cuff.



## YÜKSƏK MEXANİKİ XASSƏLİ ÜYÜDÜCÜ POLAD KÜRƏLƏRİN ALINMA TEXNOLOGİYASI

F.M.Həmidov

Azərbaycan İnterneyşnl Mayninq Kompani Limited Şirkəti

Email: famil-433@mail.ru

### ANNOTASIYA

Azərbaycan İnterneyşnl Mayninq Kompani Limited Şirkəti Azərbaycan Respublikasının dağ-mədən sənayesinin aparıcı müəssisələrindən biridir. Müəssisədə istehsal olunan məhsulun maya dəyəri bir sıra amillərdən, o cümlədən, üyütmə prosesində sərf olunan kürələrlə bağlı məsrəflərdir.

Bu məqsədlə tədqiqat işi yüksək fiziki-mexaniki xassəyə malik olan və aşağı maya dəyərli üyüdücü polad kürələrin alınma texnologiyasının işlənməsinə həsr edilmişdir.

**Açar sözlər:** Dağ-mədən sənayesi, filiz, üyütmə, yeyilmə, bərklik, zərbə möhkəmliyi.

### ANNOTATION

Azerbaijan International Mining Company is one of the leading non-oil enterprises. The cost of production at the enterprise depends on a number of factors, including the number of grinding balls used.

In this regard, the goal is to develop a composition and technology for producing grinding balls with high physical and mechanical parameters and low cost.

**Keywords:** Mining, ore, grinding, hardness impact strength

**Problemin aktuallığı.** Dağ-mədən sənayesində tətbiq olunan texnoloji proseslər iri maliyyə tutumlu əməliyyatlardanır. Belə ki, burada hasil olunan məhsulun maya dəyəri birinci pillə material emalı (filizin parçalanması və üyüdülməsi) ilə əlaqəlidir. Bu proseslərdə istifadə olunan enerji, dəyirman astarları və kürə sərfiyatına sərf olunan xərclər ümumi məsrəflərin 60%-dən çoxdur [1].

Hal-hazırda Azərbaycan respublikasının dağ-mədən sənayesinin aparıcı müəssisələrindən biri Azərbaycan İnterneyşnl Mayninq Kompani Limited Şirkətidir (AİMKL). Araşdırmalarımız nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, AİMKL-də istismarda olan dəyirmanlar üçün ortalama aylıq kürə sərfiyatı ölçülərindən asılı olaraq  $d=40$  mm olan kürələr üçün 60-80 ton/ay;  $d=100$  mm olan kürələr üçün 31-33 ton/ay bərabərdir.

Kürələrin hazırlanmasında müxtəlif üsullardan, o cümlədən, torpaq və metal qəlibdə tökmə, döymə-ştemplama, presləmə, qızmar vərdənəlmə və sərbəst döymədən istifadə olunur [2,3,4].

Bu proseslərdə formalaşan maya dəyər fərqli olsalarda metal qəlibə tökmə (kokil) əlverişli hesab olunur [4]. Beləki, töküklərdə böyük sürətli soyuma və bərkimənin təmini onlarda mükəmməl strukturun və yüksək fiziki-mexaniki göstəricilərin əldə olunmasına imkan yaradır.

AİMKL-nin üyüdücü kürələrə olan tələbatı Ukraynanın Enerqosteel zavodu, Rusiyanın Старый Соболев şirkəti və Türkiyənin Proses mühəndislik danışmalıq inşaat və təsəvvir anonim şirkəti tərəfindən ödənilir.

Kürələrin materialları və hazırlanma texnologiyalarına olan tələbatlar standartlarla müəyyən edilir. Onlara əsasən üyüdücü kürələr yüksək dərəcədə yeyilməyə və zərbələrə qarşı davamlı, bərklikləri təyin edilmiş normalara uyğun, xarici səthləri defektsiz və ölçüsü buraxılan həddən kənar olmamalıdır.

Mövcud standarta (ГОСТ 7524-2015) uyğun olaraq diametri 120 mm qədər olan kürələr emal olunan filizin bərklik göstəricisindən asılı olaraq kürələr dörd qrupda istehsal olunurlar:

I qrup- normal bərklikli ümumi təyinatlı. Bərkliyi- 35-43 HRC;

II qrup yüksəldilmiş bərklikli ümumi təyinatlı. Bərkliyi 38-49 HRC;

III qrup yüksək bərklikli qara metal tərkibli filizlərin üyüdülmə təyinatlı. Bərkliyi 50-55 HRC;

IV qrup xüsusi yüksək bərklikli əlvan metal filizlərin (sementin) üyüdülmə təyinatlı 55-60 HRC.

I və II qrup kürələr karbonlu, aşağı legirləşdirilmiş və legirləşdirilmiş konstruksiya poladlarından hazırlanırlar. III qrup kürələr ГОСТ 24182-80 üzrə P50, P65 və P75 poladdan hazırlanırlar və IV qrup kürələr isə ГОСТ 5950-73 üzrə X və XTC markalı legirləndirilmiş alət poladlarından hazırlanırlar. Bəzi hallarda bərkliyin qiyməti kürələrin səthində 64 HRC, mərkəzində isə 62 HRC olur.

Müasir polad kürə istehsalında ən sadə metod kimi tökmə üsulundan istifadə olunur, lakin prosesin böyük enerji tələbatı, eləcə də töküklərdə boşluqların qalma ehtimalının yüksəkliyi onun tətbiqini məhdudlaşdırır. Digər tərəfdən bu üsulla hazırlanan kürələrdə yeyilməyə qarşı davamlığın aşağı olması onların sərfiyatını artırır. Polad kürələrdə yeyiməyə qarşı davamlığın yüksəldilməsi üçün onların yüksək legirləşdirilmiş çuqunla əvəz olunması təklif olunur [5].

Belə ki, yuxarıda qeyd olunanlara və [12] əsaslanaraq kürə istehsalı üçün nümunə olaraq götürdüyümüz yüksək karbonlu və legirlənmiş alət poladını X12CA markalı polad seçilmişdir. Bu üsulla hazırlanan kürələr yüksək

yeyilməyə qarşı davamlığı ilə seçilməsində onlardan istifadənin effektivliyi birmənalı deyildir.

Yuxarıda qeyd olunanlar nəzərə alınmaqla tədqiqat işində aşağıdakı məqsəd qoyulmuşdur.

Tədqiqatın məqsədi. Kürə istehsalı ilə bağlı qabaqcıl texnologiyalara əsaslanaraq yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malik olan, aşağı maya dəyərli polad üyüdücü kürələrin istehsal üsulunun işlənməsi.

Tədqiqatın nəticələri və müzakirəsi. Məlumdur ki [6,7,8], tərkibinə doldurucu əlavələr daxil etməklə poladın möhkəmliyini və bərkliyini artırmaq mümkündür. Bununla əlaqədar olaraq, son vaxtlar üyüdücü kürələrin hazırlanmasında istifadə oluna bilən poladların çoxlu müxtəlif kimyəvi tərkibləri təklif edilmişdir.

Cədvəl 1-də tədqiqat işinin nəticəsi əsasında təklif olunan üyüdücü kürələrin və bəzi analoqlarla[9,10] müqayisəli tərkibi verilmişdir.

Cədvəl 1

Üyüdücü kürələrin tərkib göstəricilərinin müqayisəsi

Tərkib göstəricilərinin adı	% -lə miqdarı		
	RF patenti 2340700, C 22 C 38/58, 2008 r	RF Patenti 2082530, B21H 1/14, 1997 r	Təklif olunan
Karbon	2,0-2,5	0,2-0,4	1,6-1,8
Manqan	1,2-1,7	0,9-1,5	0,5-1,2
Silisiyum	0,5-1,0 çox	0,17-0,4	0,3-0,4
Kükürd	0,035 çox deyil	-	0,02 çox deyil
Fosfor	0,040 çox deyil	-	0,02 çox deyil
Xrom	12 -15	1,2-1,8	0,3-0,8
Nikel	1,0 çox deyil	0,3-0,6	-
Mis	0,4 çox deyil	0,2-0,4	-
Molibden	0,4-0,6	-	-
Alüminium	0,01-0,1	0,02-0,06	-
Bor	-	0,001-0,01	-
Vanadium	-	0,15-0,30	-
Dəmir	Qalanı	Qalanı	Qalanı

Cədvəl 1-in təhlilindən görüldüyü kimi kürə istehsalında kompozisiya materialının tərkibinin əsası dəmir olmaqla 10-12 adda əlavələr daxildir. Bu əlavələrin sırasında yüksək maya dəyəri ilə fərqlənən elementlər vardır və onlar kompozisiya materialının ümumi qiymətinə ciddi təsir edir.

Tədqiqat işində kürə istehsalı üçün sadə tərkibli (dəmir daxil olmaqla 7 komponentin istifadəsi ilə) yüksək yeyilməyə davamlılıq və zərbə özlüyünə malik olan polad kompozisiya materialı təklif olunur [11].

Qarşıya qoyulmuş məqsəd hazırlanma üsulunun mövcud metodlardan fərqli olaraq prosesin təkmilləşməsi kimi həll edilmişdir. Buraya poladın əridilməsi, tökmələrin alınması, onların təmizlənməsi, qəlib yapışıqının kənar edilməsi və termiki emalı daxildir.

Təklif edilən üsulun yeniliyi tökmələrin alınmasında mərhələli termiki emalın yumşaltma, tablama və tabəksiltmə aparılmasındadır. Bu poladın tərkibində bahalı qatqılar əlavə etmədən yüksək mexaniki xarakteristikaların əldə edilməsinə imkan yaranır.

Töküklərin hazırlanma texnologiyası. Şək.1-də sınaq nümunələrinin en kəsikləri verilmişdir. Təklif edilən üsul aşağıdakı kimi həyata keçirilir. Poladın əridilməsi İCT- 0,25 induksiya sobasında həyata keçirilir. Sınaq nümunələri əridilmiş və maye halına gətirilmiş poladın qəliblərə tökülməsi yolu ilə alınır. Qəliblərdən çıxarıldıqdan sonra töküklər təmizlənilir və qəlib yapışıqı kənar edilir. Təmizlənmiş və qəlib yapışıqı kənar edilmiş tökmələr adətən bu məqsədlər üçün tətbiq edilən termik sobalarda emal olunur (yumşaltma, tablama, tabəksiltmə).

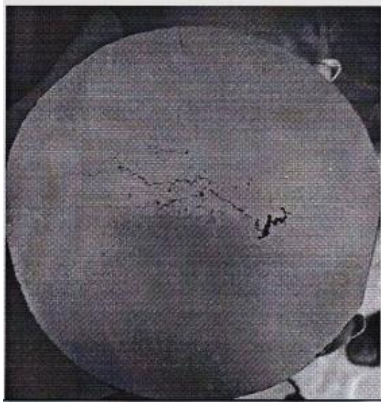
Yumşaltma prosesində tökülük 820-8300C-ə qədər çətdirilir və bu rejimdə 5-5,5 saat saxlanılır, sonra mərhələ ilə 720-7300C temperatura qədər soyudulur, 5-5,5 saat saxlayırlar, sonra 600-6200C temperatura qədər çətdirilir, 1050-10600C temperatura 15 dəqiqə müddətində tablandırılır, sonra poladı tabəksildməyə uğratmaq üçün 400-4200C temperatura qədər qızdırılır, bir saat saxlanılır, sonra havada soyudulur.

Töküklərdə termik emal mərhələlərinin aparılması yüksək mexaniki xarakteristikalı poladın əldə edilməsinə

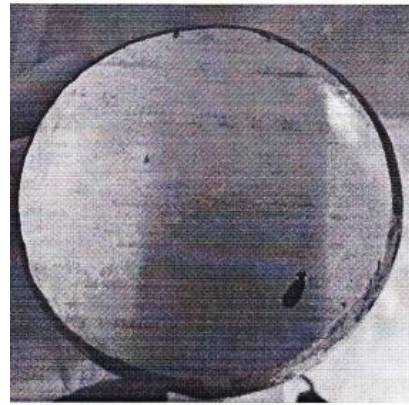


(qrafitləşmiş poladın alınmasına səbəb olur ki, burada sementitin bir hissəsi qrafitə, digəri isə ferritə parçalanır, nəticədə poladın zərbə özlülüyü artır, eyni zamanda töküklərin tablandırılmasında strukturda martensit (poladın bərk fazası) alınır, tabəksiltmədə isə martensitdən manqan, xrom və dəmirin dispers karbidləri ayrılır, bu da töküyün bərkliyinin artmasına səbəb olur.

Qum-gil qəliblərdə töküklərin hazırlanması. İlk mərhələdə induksiya əritmə sobasında, tərkibi 45% çuqun, 50% polad qırıntısı və 5% manqan, xrom və silisiumun ferro qatışıqı olan xəlitələr əridilir. Sonradan əridilmiş polad qum-gil qəliblərinə tökülür. Soyuma başa çatdıqdan sonra töküklər qəliblərdən çıxarılır və təmizlənir, qəlib yapışıqı kənar edilir. Poladın tərkibində aşağıdakı komponentlər vardır, kütlə, %: Karbon-1,6; Silisium-0,35; Manqan-0,8; Xrom - 0,5; Fosfor - 0,01; Kükürd - 0,015 və qalan hissəsi dəmir. Göstərilən tərkibli polad töküklər aşağıdakı ardıcılıqla termik emal edilmişdir: 820 0C-ə qədər qızdırmaqla yumşaldılma əməliyyatına uğradılmış və bu vəziyyətdə 5,5 saat saxlanmışdır. Sonra mərhələ ilə 720-7300C-ə temperatura qədər soyudularaq bu rejimdə 5 saat saxlanmışlar və sonda atmosfer şəraitində 6100C-ə qədər soyudulmuşdurlar.



a)



b)

Şəkil 1. Qum-gil qəliblərdə hazırlanan töküklər en kəsiyi.

Növbəti mərhələdə töküklər tablama prosesinə uğradılmışdır. Bu məqsədlə onlar 10500C temperatura qədər qızdırılaraq 15 dəqiqə saxlanmış, sonra isə soyuq suda soyudulmuşdurlar.

Tabəksiltmə əməliyyatında töküklər 4200C-ə temperatura qədər qızdırılaraq bir saat ərzində bu rejimdə saxlandıqdan sonra hava şəraitində soyudumuşdur.

Məlum və təklif edilən üsulla alınmış tökmələrin xassələri müqayisə üçün cədvəldə verilmişdir.

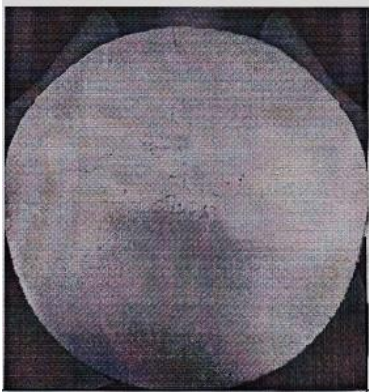
Alınmış töküklərin yeyilmə davamlığı, bərkliyi və zərbə özlüyü müəyyən edilmişdir.

Metal qəlibdə töküklərin hazırlanması. Nümunələrin hazırlanması şə.k.2.-də göstərilən tökmə qəliblərdə yerinə yetirilmişdir. Texnoloji proses və töküklərin tərkib göstəriciləri əvvəlki nümunələrin hazırlanması ilə eyni olmuşdur.

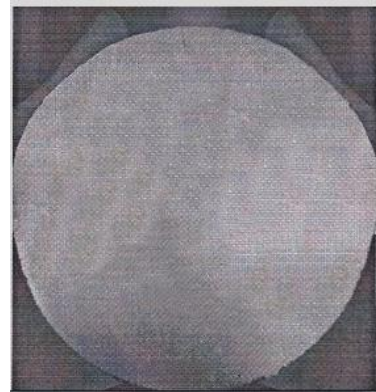
Şək.2-nin təhlilindən görüldüyü kimi bu üsulla hazırlanan nümunələr üzərində (vizual nəzarətdə) qum-gil qəliblərdə hazırlanan töküklərdən fərqli olaraq catlar və hava boşluqları müşahidə olunmurlar.

Cədvəl 2-də sınaq nümunələrində bərklik və zərbə özlüklərinin müqayisəli qiymətləri göstərilmişdir.

Nümunələrdə bərklik və zərbə özlüklərinin qiymətləndirilməsi müvafiq standartlarla müəyyən edilmiş tələblərə uyğun yerinə yetirilmişdir.



a)



b)

Şəkil 2. Metal qəliblərində hazırlanan töküklər en kəsiyi.

Sınaqlar əsasən AİMKL-nin laboratoriyasında, qismən Enerqosteel zavodunda (Ukrayna Respublikası), Hacattepe Universitetində (Türkiyə, Ankara) və Bos Şelf şirkətində (Azərbaycan, Bakı) yerinə yetirilmişdir.

Sınaq nümunələrinin bərklik və zərbə özlüklərinin müqaisəli qiymətləri

Cədvəl 2.

Tökümlərin hazırlanma üsulu	Mexaniki xassələr		Nisbi abraziv davamlılıq
	KCU, C/sm <sup>2</sup>	HRC	
Prototip	70	54	1,23
Təklif edilən:			
-qum-gil qəliblərdə	72	59	1,11
-metal qəliblərdə	74	61	1,06

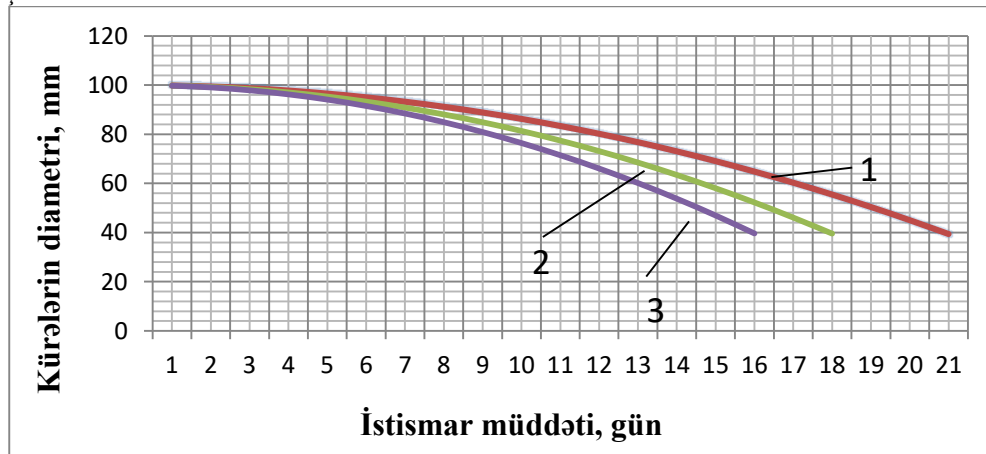
Cədvəl 3-də kürələrin diametr boyunca, üst səthdən başlayaraq mərkəzə tərəf bərkliyin dəyişmə xarakteri verilmişdir. Göründüyü kimi bərklik göstəricisi diametr boyunca azalma tendensiyası ilə dəyişir. Sonda kürələrin ortalama bərklik qiyməti verilmişdir.

Cədvəl 3.5

№	Hazırlanma üsulu	Bərkliyin qiymətləri, HRC					
		Səthdə	0,25D	0,5D	0,75D	Mərkəzdə	Orta
1	Qum-gil qəliblərlə	61,5	59,5	58,0	56,0	51,0	57,2
2		61,0	59,5	58,5	55,5	50,5	57,0
3	metal qəliblərlə	64,0	62,5	61,0	58,5	54,0	60,0
4		63,5	62,0	60,0	58,5	55,5	59,9

Kürələrin bərkliyin diametr boyunca dəyişmə xarakteri

Beləliklə, təcrübə-sınaq işlərinin nəticələri uyğun olaraq istehsal olunan kürələrin müxtəlif bərkliyə malik olan filiz nümunələrinin emal prosesində yeyilmə və dağılma miqdarlarını əks etdirən asılılıqlar uyğun olaraq şəkl.3 və şəkl.4-də verilmişdir.



Şəkil 3. Üyüdücü kürələrdə yeyilmənin filizin xassələrindən asılılığı:  
1-Uğur yatağı; 2-Gədəbəy yatağı və 3-Qədir yatağı.

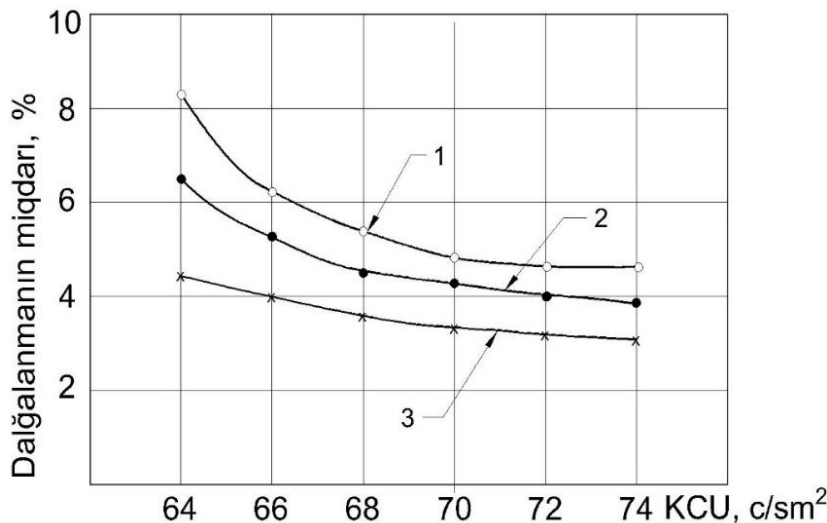
Alınmış nəticələrin təhlilindən göründüyü kimi (bax şəkl.3.4) Uğur yatağından hasil olunan filizlərin üyüdülməsi şəraitində istismar olunan kürələr digər filizlərdən fərqli olaraq 3 həftə müddətində işlədikdən sonra diametrinin ortalama olaraq 60%-ə qədərini itirərək yararsız hala (diametral ölçü və çəkirlərini dəyişərək) düşürlər.

Digər şəraitlərdə filizin bərkliyinin yüksək olması səbəbindən məhsuldarlığın aşağı olması, məhsuldarlığın aşağı olması səbəbindən dəyirmanın içində kürələrin bir-biri ilə təması, zərbələrinin sayı çox olması səbəbindən (uyğun olaraq Gədəbəy və Qədir yataqlarından götürülən filizlərlə işlədikdə) kürələr ortalama olaraq 15 və 17 gün işləyərək öz resurslarını başa çatdırmış olurlar. Belə vəziyyətdə onların istifadəsi əlavə enerji itgəlinə gətirməklə ümumilikdə üyütmə prosesinin faydalı iş əmsalının azalmasına səbəb olur.

Şəkil 4-də üyütmə prosesində mütəmadi zərbələr nəticəsində dağılan və parçalanan kürələrin miqdarını əks etdirən asılılıqlar verilmişdir.



Sınaq işlərinin nəticələrin təhlilindən görüldüyü kimi (bax şəkl.3.5) üyüdülmə filizinin bərkliyindən asılı olaraq kürelərdə dağılma və parçalanma diferensial xarakterlidir. Görüldüyü kimi müxtəlif yataqlardan gətirilən filizlərdə çıxış edilən kürelərin miqdarı: Uğur yatağı üçün - 3,8-4,2%, Gədəbəy yatağı üçün - 5,5-6,3% və Qədir yatağı üçün - 6,1-8,2% təşkil edir.



Şəkl.4. Üyüdülmə kürelərdə dağılma və parçalanmanın miqdarı:  
1-Uğur yatağı; 2-Gədəbəy yatağı və 3-Qədir yatağı.

Nəticələr. Beləliklə, aparılmış tədqiqatların nəticəsində müəyyən edilmişdir ki:

- təklif edilən üsulla alınmış töküklərin xassələri məlum üsulla alınmış töküklərin analoji xassələrindən üstündür;
- metal qəliblərdə hazırlanan kürelərin istismar göstəriciləri qum-gil qəliblərdə hazırlanan kürelərdən yüksəkdir;
- qum-gil qəliblərdə hazırlanan kürelərdən bərklik göstəricisi mərkəzə doğru böyük fərqə dəyişir;
- təklif olunan tərkiblə poladdan hazırlanan üyüdülmə kürelərlə aparılmış təcrübə-sənaye sınaqları abraziv yeyilmə davamlılığının yüksəlməsini təsdiqləyir;
- kürelərin işçi səthində ilk cızıqlar 7-9 gün istismar edildikdən sonra meydana gəlir;
- təklif olunan tərkibli poladdan hazırlanan tökmə kürelərdə mexaniki möhkəmlik və zərbə özlülüyü analaqlardan fərqlidirlər.
- Gədəbəy, Qədir və Uğur yataqlarından hasil olunan filizlərin bərklik dərəcələri üyüdülmə dəyirmanların işgörmə qabiliyyətinə təsir edir;

#### Ədəbiyyat

1. Həmidov, F.M. Gədəbəy mədənində tətbiq olunan SAG dəyirmanlarında aparılmış təkmilləşdirmələrin nəticələri. / F.M.Həmidov, P.P.Çakraborti, İ.Ə.Həbibov. // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, - Bakı: - Cild 20, - №2 (112), - 2018. s.7-12.
2. Чиж Е.В., Абеннова М.Б. Выбор и анализ технологии изготовления мелющих тел./ Теория и технология металлургического 42 производства. №2 (19). 2016, С.42-44.
3. Поддубный А.Н. Краткий обзор технологий, применяемых в мировой практике при производстве мелющих тел // Литейщик России. 2008. С. 30–35.
4. Сычкова. Б, Стеблов А. Б., Березов С. Н., О выборе материала и режимов термической обработки стальных мелющих шаров, отвечающих требованиям современного мирового рынка/ Литье и металлургия, №3 (75), 2013, С.30-32.
5. Стеблов А.Б., Березов С.Н., Козлов А.А. Литые чугунные шары для помола материалов // Литье и металлургия. 2012. № 3 (66). С. 45–49.
6. Нетребко В.В., Волчок И.П. Особенности легирования марганцем износостойких высокохромистых чугунов //Литье и металлургия. 2012. № 3 (87). С. 162–165.
7. Освоение производства мелющих шаров особо высокой твердости / А. Ю. Юрьев, О. П. Атконова, Л. В. Корнева и др. //Сталь. 2008. № 12. С. 108–109.
8. Грибовский П.К., Кириленко О.М., Политов В.А. Освоение технологии производства сортового горячекатаного проката диаметром 80, 90, 100 мм из стали марки 55СМ5ФА в условиях РУП «БМЗ» // Литье и металлургия. 2010.№ 3 (57). С. 186–190.
10. Патент РФ Способ производства стальных мелющих шаров 2082530, В21Н 1/14,1997г.



11. Патент РФ Способ производства стальных мелющих шаров 2340700, С22С38/58, 2008 г.
12. Babanlı, M.B., Üyüdücü polad kürələrin istehsal üsul, İxtira İ20170064, Azərbaycan Respublikası / Babanlı M.B., Hüseynov B.H., Qafarov N.Ə., Həbibov İ.Ə., Əliyev E.Ə., Həmidov F.M.
13. Cavadov, E. M., Karbonlu poladlar, Çuqunlar, Legirlənmiş poladlar: [Elektron resurs] / - İyun 19,2018  
URL: <http://muhaz.org/6-karbonlu-poladlar-cuqunlar-legirlenmis-poladlar-t-e-n-dosent.html>

## **TECHNOLOGY FOR PRODUCING GRINDING BALLS WITH HIGH MECHANICAL PROPERTIES**

F.M.Hamidov  
Azerbaijan International Mining Company  
Email: famil-433@mail.ru

### **ANNOTATION**

Azerbaijan International Mining Company is one of the leading non-oil enterprises. The cost of production at the enterprise depends on a number of factors, including the number of grinding balls used.

In this regard, the goal is to develop a composition and technology for producing grinding balls with high physical and mechanical parameters and low cost.

**Keywords:** Mining, ore, grinding, hardness impact strength



## О КРИВЫХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ В КАНАЛАХ С МИКРОННОЙ РАСКРЫТОСТЬЮ

<sup>1</sup>М.А. Мамедова, <sup>2</sup>А.А. Гаджиев

<sup>1</sup>Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,

<sup>2</sup>SOCAR, НИПИ «Нефтгаз»

E-mail: <sup>1</sup>mamedova-1944@mail.ru; <sup>2</sup>aliabas.haciyev@socar.az

### АННОТАЦИЯ

Впервые экспериментально было выявлено, что причиной проявления аномальных свойств вязких жидкостей, и в частности воды, и усиление этих свойств для аномальных жидкостей в микротрещинах и эквивалентных сверхмалопроницаемых пористых средах является обнаруженный эффект «микротрещина-жидкость». Для осуществления процесса разработки трещиноватых нефтяных месторождений рекомендуется учесть выявленный микротрещинный эффект в системе «жидкость-среда».

**Ключевые слова:** раскрытость трещины, аномальная вода, градиент давления, время восстановления давления, эффект «микротрещина-жидкость».

### ABSTRACT

Firstly it has experimentally been revealed that the reason of the anomalous properties manifestation of the viscous fluids, particularly water and these properties strengthening for anomalous fluids in the cracks is new micro-cracked effect of “microcrack-fluid”. For realization of the fractured fields development process it is recommended taking into consideration the detected micro-cracked effect in “microcrack-fluid” system.

**Keywords:** crack opening, abnormal water, pressure gradient, pressure recovery time, microcrack-liquid effect.

### XÜLASƏ

İlk dəfə eksperimental olaraq müəyyən edilmidir ki, mikroçatlarda və belə çatların keçiriciliyinə ekvivalent kiçikkeçiricilikli məsələli mühitdə, özlü mayələrin və xüsusilə suyun anomal xassələrinin yaranması və anomal mayələr üçün isə bu xüsusiyyətlərin güclənməsi “mikroçat- maye” effektidir. Çatlı neft yataqlarının işlənmə proseslərinin həyata keçirilməsi üçün “mikroçat- maye” sistemində müəyyən edilmiş mikroçat effektinin nəzərə alınması təklif edilir.

**Açar sözlər:** “Çatın aralanma dərəcəsi” anomal su, təzyiq qradienti, təzyiqin bərpa müddəti, “mikroçat-maye” effekti.

### ВВЕДЕНИЕ

На основе анализа работ, посвященных определению коэффициента нефтеотдачи пласта [1,2] выявлено, что независимо от способа и объема существующих мероприятий, применяемых в разработке нефтяных месторождений, коэффициент нефтеотдачи пластов в большинстве случаев составляет около 30%, а в зоне действий каждой скважины составляет около 33%. Значит 70% геологических запасов нефти остаются в низкопроницаемых пористых и трещинных средах пласта неизвлеченными, а этот запас составители проектов разработки называют «неизвлекаемыми запасами нефти».

Отметим, что существующие технологические меры не в состоянии обеспечить повышение нефтеотдачи пластов более 40%. Таким образом, 70% геологического запаса находится в микротрещинных каналах и низкопроницаемых пористых средах.

Для выявления причин «неизвлекаемых запасов нефти» были проведены экспериментальные исследования движения различных жидкостей (вода, ньютоновские и неньютоновские нефти) в плоскопараллельных и плоскорадиальных трещинах с раскрытостью 10-240 мкм и установлено, что существует критическое значение раскрытости трещины, ниже которого при движении вязкой жидкости заметно проявляются аномальные свойства, а при движении неньютоновских жидкостей усиливаются реофизические параметры [3-7].

Для ввода в разработку нефтеносных участков с «неизвлекаемыми запасами», имеющую величину раскрытости трещины ниже критического, необходимо применять меры по увеличению раскрытости трещин выше критической.

Целью данной работы является исследование эффекта «микротрещина-жидкость» при нестационарном движении жидкости на примере КВД в трещинах с микронной раскрытостью и в низкопроницаемых пористых средах и попытка разработки метода максимального извлечения «геологических запасов нефти».

Выявленные в работе факторы о влиянии микротрещинных эффектов на свойства жидкости на наш взгляд будут обеспечивать благоприятные условия для рациональной разработки месторождений трещиноватых пород. Поэтому для увеличения степени извлекаемой нефти необходимо изучить вопросы механики движения аномальных жидкостей в микротрещинах.

Известно, что при определении параметров пласта по кривым, восстановление давления дает возможность получать более точные данные, характеризующие физические и геометрические параметры большого участка залежей [8-11].

Изучению процессов восстановления давления при движении различных жидкостей в плоскопараллельной трещине были посвящены исследования, представленные в работе [3]. Однако процессы восстановления давления при движении жидкости в плоскорадиальных трещинах с проявлением эффекта «микротрещина-жидкость» мало изучены. В связи с этим изучение некоторых вопросов нестационарного движения жидкостей в плоскорадиальных трещинах, на основе которого становится возможным решение основных задач при разработке месторождений с трещиноватыми коллекторами, является весьма перспективным.

2. Конструирование плоскорадиальных трещинных каналов, их моделирование и методика проведения опытов.

Конструкция трещинной модели, имитирующая движение жидкости в недеформируемой плоскопараллельной и плоскорадиальной среде, представлена в работе [3,4]. Плиты трещин изготовлены из стали 40Х, имеют поверхностную твердость 40-50 единиц по Роквеллу. Внутренняя поверхность плит обработана и отшлифована с точностью, соответствующей 10 классу. Трещины были получены установкой между плитами несмачиваемых прокладок размерами 5x7 мм, которые расположены в точках плоскорадиальной трещины с центральными углами 120°. При этом погрешность определения величины раскрытости равна 0,1 мкм. Для контроля деформации трещины на верхней плите модели был установлен индикатор часового типа. Длина трещины  $L$  равна 84 мм. Радиусы окружностей, на которых расположены отверстия для контроля давления равняются 34 и 57 мм и вблизи этих отверстий на расстояниях 43 мм от центра трещины было расположено еще по одному отверстию.

С целью применения полученных результатов для практических задач эксперименты проведены в плоскорадиальных трещинах различной раскрытости в двух сериях: моделировалось движение жидкости – первая серия от центра плоскорадиальной трещины к её контуру, а вторая серия от контура трещины к центру.

Опыты проводились с водой и аномальной нефтью в изотермических условиях. Постоянство температуры в термованне поддерживалось ультратермостатом.

Для исключения эффекта Жамена производилось насыщение трещины исследуемой жидкостью под небольшим давлением с одновременным вакуумированием.

Кривые восстановления давления снимались для двух случаев – с притоком и без притока жидкости.

Процесс восстановления с притоком жидкости изучался по следующей методике: создавались трещины определенной раскрытости и производилось насыщение трещины исследуемой жидкостью под давлением с одновременным вакуумированием. Затем, поддерживая заданное постоянное давление на входе модели, создавался стационарный режим движения. После этого закрывался вентиль на выходе трещины (вентиль на входе оставался открытым и давление поддерживалось постоянно) и снимался КВД на манометрах, установленных на двух отверстиях: вдоль радиуса верхней плиты и выхода трещины.

Для проведения опытов без притока на входе трещины создавалось постоянно определенное давление и производилась фильтрация испытываемой жидкости. Затем одновременно закрывались вентили на входе и выходе модели и снимались кривые изменения давления на обоих концах и двух отверстиях.

В результате экспериментального исследования изучено влияние радиуса контура питания и инерционных сопротивлений на характер восстановления давления, а также на изменения величины давления, температуры и раскрытости микротрещин начального градиента давления и времени восстановления давления в радиальной микротрещине при нагнетании и при добыче жидкости.

3. Результаты экспериментальных исследований, их обработка и обобщение.

Экспериментальное исследование как было в плоскопараллельной трещине показывает, что при движении воды в плоскорадиальной трещине, имеет место проявление начального градиента давления.

На рис.1 приведены КВД для воды во второй серии опытов при различных уровнях давления с раскрытостью трещины  $h = 10$  мкм, по модели Шведово-Бингама предельное напряжение сдвига  $\tau_{0h} = 2,21$  Па, и структурная вязкость  $\mu = 2,3 \cdot 10^{-3}$  Пас при температуре 303К.

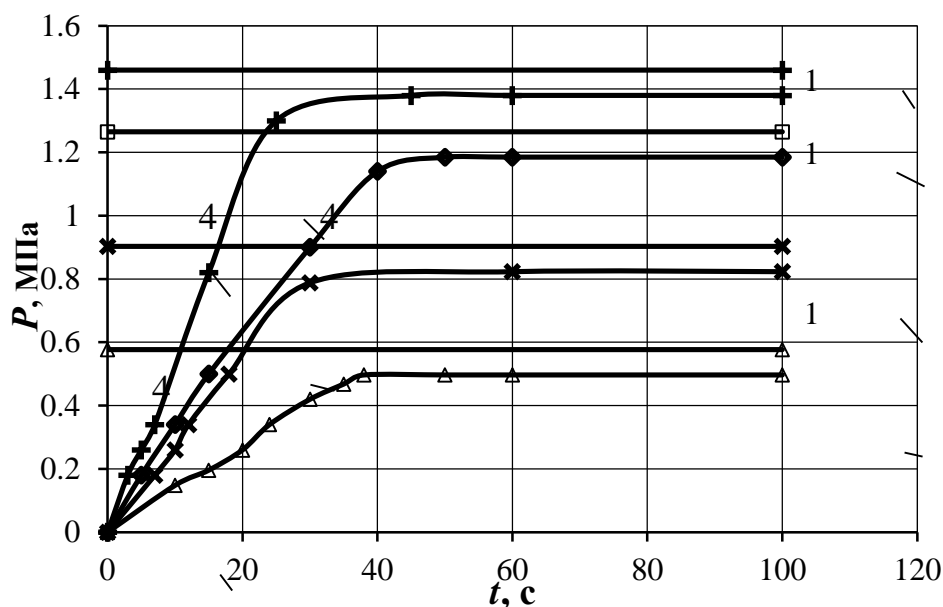


Рис.1. КВД при движении воды плоскорадальной щели с  $h = 10$  мкм (при первой серии опытов)  $T = 303\text{K}$ : 4 и 1 соответственно в контуре и центре отверстий верхней плиты

Результаты исследования показывают, что изменение величины давления в рассматриваемом диапазоне в системе при движении вязкой и аномальной жидкостей не влияет на величину начального градиента давления при первой и второй серии опытов. Рост величины давления в трещине способствует уменьшению времени восстановления давления жидкости.

На рис.2. приводятся кривые двухстороннего восстановления давления при снятии КВД на трещинной модели для аномальной нефти с раскрытости трещины 180 мкм. Отметим, что кривые зависимости  $P_k$ ,  $P_0$ ,  $P_1$  и  $P_2$  от  $t$  – соответственно определенных в контуре (кривая 4), центре (кривая 1), во втором (кривая 2) и третьем (кривая 3) отверстиях верхней плиты трещинной модели не совпадают.

Выявлено, что с ростом расстояния от центра (при закачке – от скважины) время восстановления давления увеличивается. Анализ результатов исследования показывает, что при всех значениях  $R$  время восстановления при добыче больше, чем при закачке. Это объясняется наличием местных сопротивлений и характером потока при нагнетании (расширяющийся поток) и отборе (сужающийся поток).

Отметим, что снижение времени восстановления давления, полученных от пробных откачек и закачек, связаны с результатом изменения величины и направления скорости в радиальной микротрещине.

При экспериментальных исследованиях воды, вязкой и неньютоновской нефти в микротрещинах впервые выявлен новый определяющий параметр эффект «микротрещина-жидкость», без учета которого невозможно осуществление эффективного процесса разработки трещиноватых месторождений.

В результате экспериментального исследования установившегося и неустановившегося движения жидкости в микротрещине установлено, что при величинах раскрытости трещины 35 и 30 мкм соответственно при температурах 293 и 303К, вода ведет себя как неньютоновская жидкость. Такие свойства установлены для вязких и неньютоновских жидкостей. Такие величины раскрытости названы критической раскрытостью.

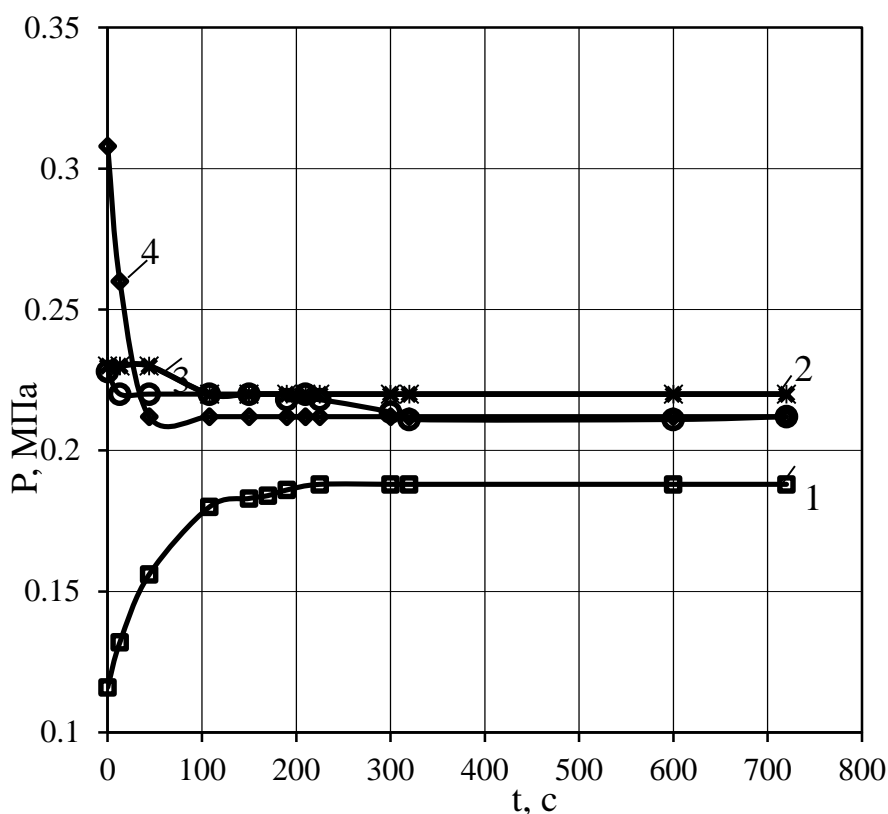


Рис.2. Двухсторонний КВД при  $h = 180$  мкм и  $T = 303$ К второй серии опыта аномальной нефти в плоскорадиальной микротрещине: кривые 4, 1, 2 и 3 – соответственно в контуре, центре, во втором и третьем отверстиях

В случае движения неньютоновской нефти в плоскопараллельных и плоскорадиальных трещинах с увеличением раскрытости трещин начального градиента давления время восстановления давления уменьшается до определенного значения раскрытости трещины. При значениях раскрытости 180 мкм при температуре 303 К начальный градиент давления и время восстановления давления не зависят от  $h$  и остаются постоянными.

Таким образом, впервые на основе экспериментальных исследований нами была установлена критическая величина раскрытости –  $h_{кр}$ , т.е., найдено, что при  $h \geq h_{кр}$  изменения в реологических свойствах жидкости практически отсутствуют. При движении вязких жидкостей в трещине при  $h < h_{кр}$  изменяются их реологические свойства и проявляются аномалии, а при движении аномальных жидкостей усиливаются реологические параметры, а при  $h > h_{кр}$  указанные эффекты исчезают.

Итак, в условиях микротрещинного эффекта взаимодействия в системе «трещина-вода» начальный градиент давления и время восстановления давления жидкости заметно зависят от раскрытости трещины. При движении жидкости в плоскорадиальной микротрещине начальный градиент давления и время восстановления давления в зависимости от раскрытости трещин могут изменяться в широких пределах. Изменение температуры заметно влияет на реологические свойства ньютоновских и неньютоновских жидкостей в плоскорадиальных микротрещинах.

В ходе экспериментального исследования также сделано обобщение результатов исследований движения аномальной жидкости в плоскорадиальных трещинах.

На рис.3 приводится зависимость отношения начального градиента давления к максимальному значению ( $P_0h/P_{0max}$ ) от отношения раскрытости к критическому значению ( $h/h_{кр}$ ) для воды при температурах 293 (прямая 1) и 303К (прямая 2). Как видно из рисунка, по мере увеличения  $h/h_{кр}$  отношение начального градиента давления к максимальному значению ( $P_0h/P_{0max}$ ) заметно уменьшается и при достижении  $h/h_{кр}=1$  практически становится равным нулю. Критическое значение раскрытости  $h_{кр}$  составляет 30 и 35 мкм соответственно при температурах 293 и 303К.

Установлено, что при снятии КВД для исследуемых жидкостей (при  $h \geq h_{кр}$ ) начальный градиент давления практически отсутствует.

Отметим, что графики зависимости  $P_0h/P_{0max}$  от  $h/h_{кр}$  практически совпадают при первой и второй серии

опытов в плоскорадиальных трещинах.

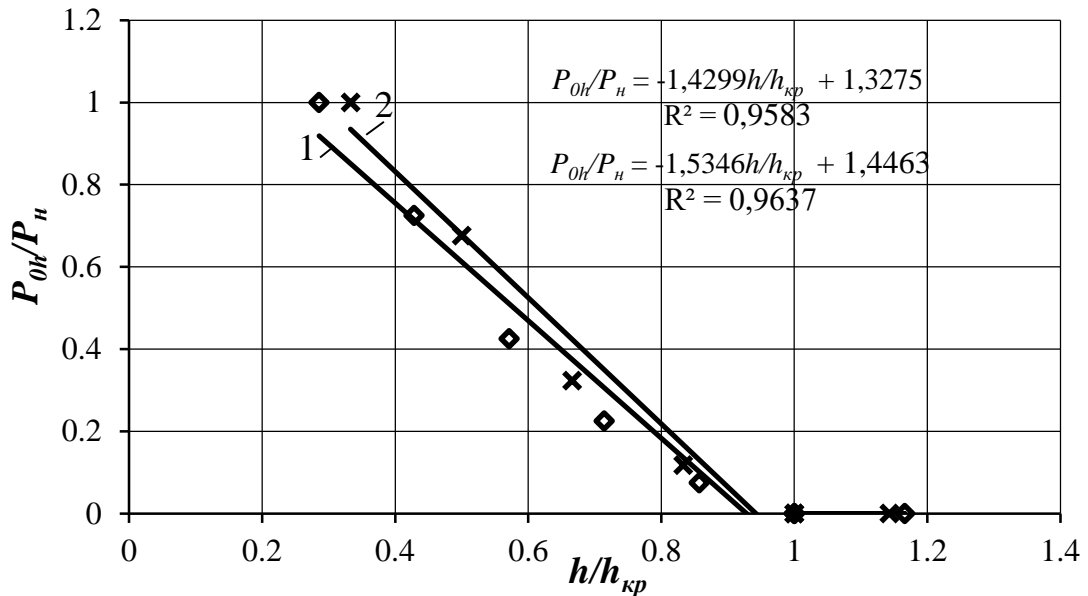


Рис.3. Зависимость  $P_{0h}/P_h$  от  $h/h_{kp}$  при движении воды в плоскорадиальных трещинах: 1 и 2 соответственно при температурах 293 и 303К

На рис.4 приводится зависимость отношения времени восстановления давления к критическому значению ( $th/t_{kp}$ ) от отношения раскрытости к критическому значению ( $h/h_{kp}$ ) при движении воды в плоскорадиальной трещине при температурах 293К (прямые 1, 1') и 303К (прямые 2, 2'). Отметим, что прямые 1, 2 и 1', 2' снимались соответственно при первой и при второй серии опытов.

Как видно из рисунка, при прочих равных условиях с увеличением  $h/h_{kp}$  отношение времени восстановления давления к критическому значению ( $th/t_{kp}$ ) уменьшается и при достижении  $h/h_{kp}=1$  остается постоянным.

Из графиков 3 и 4 видно, что зависимость  $P_{0h}/P_{0max} = f(h/h_{kp})$  и  $th/t_{kp} = f(h/h_{kp})$  состоит из двух линий, первая линия характерна для значения раскрытости с размером  $0 < h/h_{kp} < 1$ , где все жидкости изменили свое механическое поведение. При этом вода, вязкие жидкости стали аномальными и аномальные жидкости усиливали неньютоновские свойства. Вторая прямая характерна для значений раскрытости трещины с размерами  $h/h_{kp} \geq 1$ , при этом вода, вязкие и аномальные жидкости восстанавливают свои механические поведения, т.е. вторая прямая не является продолжением первой линии, так как эти линии характеризуют разные поведения жидкости.



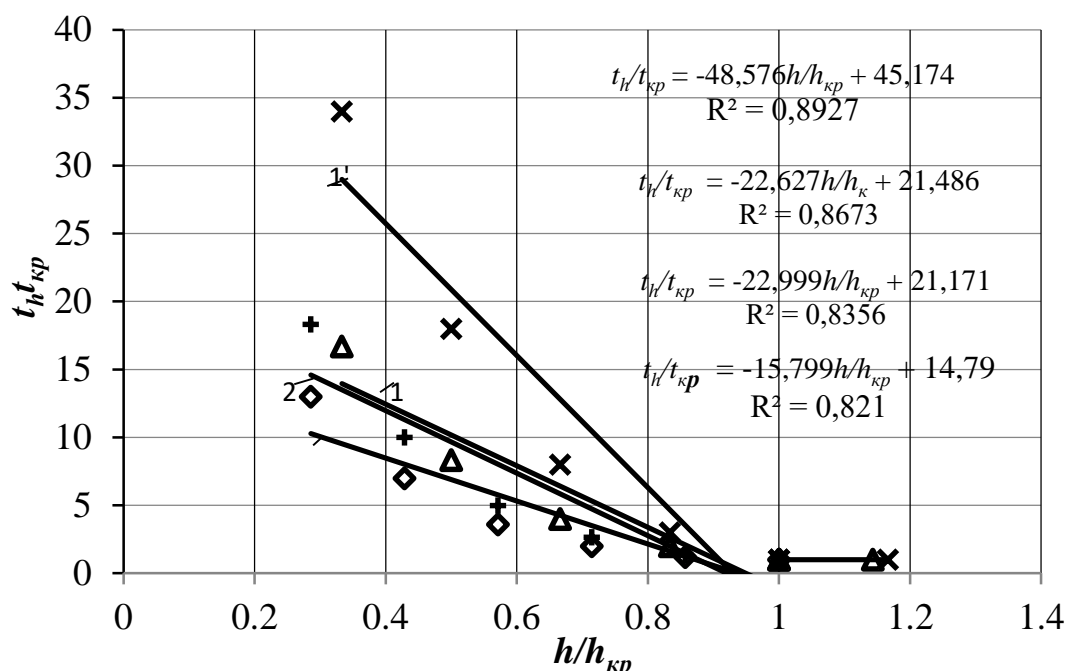


Рис.4. Зависимость  $t_h/t_{kp}$  от  $h/h_{kp}$  при движении воды в плоскорadiaльной трещине при температурах 293К (прямая 1, 1') и 303К (прямая 2, 2'): 1, 2 и 1', 2' соответственно при первой и второй серии опыта

Получены следующие зависимости для указанных прямых при ( $0 \leq h/h_{kp} \leq 1$ ):

$$P_{0h}/P_{0max} = b_1 - a_1 \cdot h/h_{kp} \quad (1)$$

$$t_h/t_{kp} = b_2 - a_2 \cdot h/h_{kp} \quad (2)$$

При этом величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) для зависимости (1) и (2) составляет в пределах  $0,9316 \div 0,9884$ , что свидетельствует об удовлетворительном соответствии уравнений (1) и (2) экспериментальным данным.

По результатам экспериментов определены значения коэффициентов  $a_1$ ,  $a_2$  и  $b_1$ ,  $b_2$ , соответственно в уравнениях (1) и (2) для плоскорadiaльных трещин, которые представлены в таблице.

Таблица

Значения коэффициентов  $a_1$ ,  $a_2$  и  $b_1$ ,  $b_2$  при движении воды в плоскорadiaльных трещинах

Определяемые параметры	Коэффициенты							
	при нагнетании				при добыче			
	Температуры, К							
	293		303		293		303	
a	b	a	b	a	b	a	b	
$P_{0h}/P_{0max}$	1,429 9	1,327 5	1,5346	1,4463	1,4299	1,3275	1,5346	1,4463
$t_h/t_{kp}$	22,62 7	21,48 6	22,999	21,171	48,576	45,174	15,799	14,790

Построены графики зависимостей изменения безразмерных величин  $P/P_n$  от  $\ln t/t_{kp}$  в различных значениях раскрытости трещины.

На рис.5 приводится зависимость отношения давления к начальному значению ( $P/P_n$ ) от отношения времени восстановления давления к критическому значению ( $\ln t/t_{kp}$ ) при движении воды в микротрещине с раскрытостью 10 мкм: 1, 2, 3 соответственно в центре, во втором и в третьем отверстиях. Как видно из рис.5 значения этих безразмерных параметров, определенных в центре (прямая 1), во втором (прямая 2) и в третьем (прямая 3) отверстиях, расположенных вдоль радиуса плоскорadiaльных трещин, не укладываются в одну общую прямую. Несовпадение объясняется влиянием инерционных сил, которые

возникают в результате изменения величины скорости жидкости от изменения площади поперечного сечения трещины в радиальном направлении.

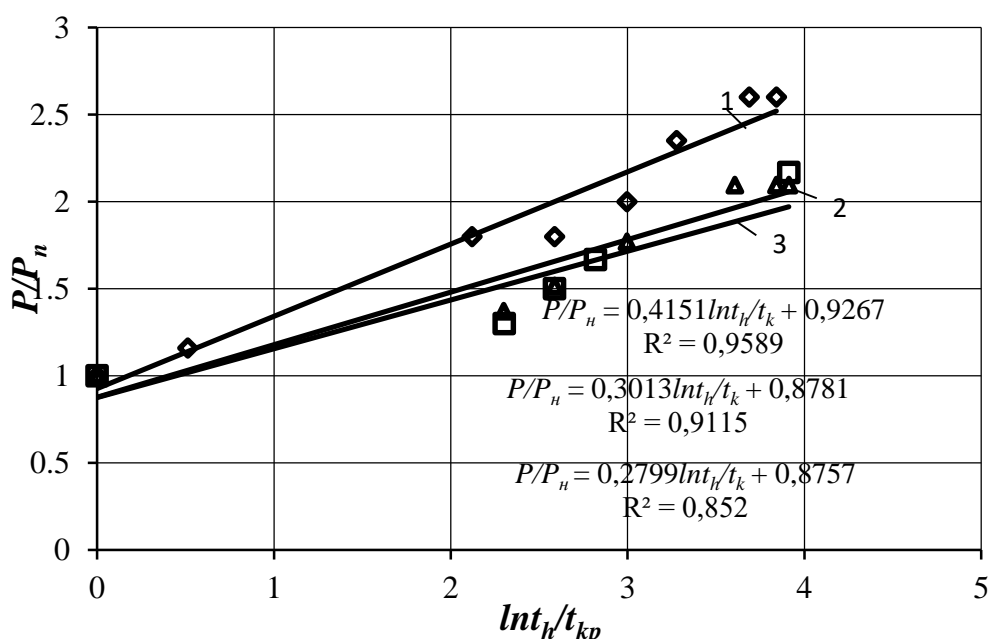


Рис.5. Зависимости  $P/P_n$  от  $\ln t_h / t_{кр}$  при движении воды в микротрещине с раскрытостью 10 мкм: 1, 2, 3 соответственно в центре, во втором и в третьем отверстиях при первой серии опыта

Полученные результаты дают возможность правильного выбора значения давления и направления нагнетания при заводнении вязкими и аномальными жидкостями продуктивных пластов, состоящих из трещиноватых пород, а также использовать их для оценки раскрытости трещин при ГРП с целью повышения эффективности проведенных мероприятий и прогнозирования успешности операций.

### Выводы

1. Установлено, что при движении вязких жидкостей в трещине с раскрытостью  $h \leq h_{кр}$  в системе «микротрещина-жидкость» проявляются неньютоновские свойства, а для аномальных жидкостей усиливаются неньютоновские свойства, указанные эффекты имеют место в системе «микротрещина-жидкость» только при  $h < h_{кр}$ , а при  $h > h_{кр}$  указанные эффекты исчезают.
2. Сняты кривые восстановления давления с притоком и без притока жидкостей в широких пределах изменения раскрытости трещины, полученные результаты при  $h \geq h_{кр}$  показали следующее:
  - начальный градиент давления для ньютоновских жидкостей практически исчезает;
  - начальный градиент давления для неньютоновских жидкостей приобретает те же значения, что и в свободном объеме.
3. Рост величины давления в трещинной модели способствует уменьшению времени восстановления давления жидкости.

### Литература

1. Газизов А.А. Увеличение нефтеотдачи неоднородных пластов на поздней стадии разработки. М.: Недра, 2002. – 639 с.
2. Шелепов В.В. «Состояние сырьевой базы нефтяной промышленности России» // Повышение нефтеотдачи пластов, апрель 2003 г. С. 43-95.
3. Гурбанов Р.С., Мамедова М.А., Мириев Г.М. Методическое руководство по определению параметров пластовых систем и эффективности применения полимерного воздействия в трещинных коллекторах. — Баку: АзНИПИнефть, 1986. — 35 с.
4. Мамедова М.А. Исследование неустановившегося движения жидкости в плоскорадиальных тонких щелях// Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2007, № 2. С.30-33.
5. Gurbanov R.S., Mammadova M.A. Hydromechanical substantiation of the microcrack-fluid effect // Mechanika. 2016 Volume 22(6): 483–488.
6. Мамедова М.А., Гурбанов Р.С. Исследование реологии жидкостей в трещинных и поровых

- каналов и определение их раскрытости // Инженерно-физический журнал, 2015, том 88, № 4. С. 790-799. (Mamedova M.A., Gurbanov R.S. Investigation of the Rheology of Fluids in Fracture and Pore Channels and Determination of Their Opening. Journal of Engineering Physics and Thermophysics: Volume 88, Issue 4 (2015), Page 815-824).
7. Мамедова М.А. Экспериментальные исследования нестационарного движения неньютоновской жидкости в плоскорадиальных микротрещинах. // Нефтегазовое дело. 2011, №4. С. 133-142.
  8. Куштанова Г.Г. Нестационарная фильтрация жидкости в трещиновато-пористом пласте по неравновесному закону фильтрации // Изв. ВУЗов Нефть и газ. 2008, № 5. С.25-30.
  9. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. Издание: Нефть и газ, Москва, 2003, 816 с.
  10. Современные методы гидродинамических исследований скважин. Справочник инженера по исследованию скважин. Издательство «Инфра-Инженерия». 2010.
  11. Чодри А. Гидродинамические исследования нефтяных скважин / ООО Премиум Инжиниринг, 2011. 687с

## ABOUT PRESSURE RECOVERY CURVE AT UNSTABLE MOVEMENT OF LIQUIDS IN CHANNELS WITH MICRONOUS OPENINGS

<sup>1</sup>M.A. Mammadova, <sup>2</sup>A.A.Hajiyev

<sup>1</sup>Azerbaijan State University of Oil and Industry,

<sup>2</sup>Scientific Research Project Institute "Neftegaz", SOCAR

E-mail: <sup>1</sup>mamedova-1944@mail.ru; <sup>2</sup>aliabas.haciyev@socar.az

### ABSTRACT

Firstly it has experimentally been revealed that the reason of the anomalous properties manifestation of the viscous fluids, particularly water and these properties strengthening for anomalous fluids in the cracks is new micro-cracked effect of "microcrack-fluid". For realization of the fractured fields development process it is recommended taking into consideration the detected micro-cracked effect in "microcrack-fluid" system.

**Keywords:** crack opening, abnormal water, pressure gradient, pressure recovery time, microcrack-liquid effect.



## BİTUMLU QUMLARDAN İSTİFADƏNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİ TƏHLİLİ

T.Y. Sadiqova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Email: tarana\_sadiqova@mail.ru

### ANNOTASIYA

Məqalədə müasir dövr üçün alternativ enerji mənbələri hesab olunan ağır özlüklü və bitumlu neftlərdən, o cümlədən bitumlu qumlardan alternativ enerji mənbəyi kimi istifadənin müasir vəziyyətinin təhlili, inkişaf perspektivləri və onların hasilatı ilə bağlı innovasion texnologiyalar haqqında məlumatlar əks olunmuşdur.

Açar sözlər: Bitumlu qumlar, ağır neft, alternativ yanacaq, reagent, texnologiya

### АННОТАЦИЯ

В статье дается анализ современного состояния и перспективы использования битуминозных песков в качестве альтернативного источника энергии и инновационные технологии их добычи.

Ключевые слова: Битуминозные пески, тяжелый нефть, альтернативный источник энергии, инновационная технология.

### ANNOTATION

The article gives an analysis of the current state and prospects of using tar sands as an alternative source of energy and innovative technologies for their extraction.

**Keywords:** Tar sands, heavy oil, alternative energy source, innovative technology.

**Problemin aktuallığı.** Neft dünya iqtisadiyyatının aparıcı faktorlarından birincisi olaraq, yanacaq-enerji kompleksində (YEK) həlledici amil rolunu oynayır. Hər hansı bir ölkənin gücü və qüdrəti orada YEK-in nə dərəcədə realizə olunması və ondan səmərəli istifadənin səviyyəsi ilə müəyyən edilir.

Hal-hazırda dünyanın ən aparıcı supernəhəng1 neft yatağı Meksikada (Çikontepek, 22,1 mlrd.ton), Səudiyyə Ərəbstanında (Əl-Həbər, 20 mlrd.ton), Küveytdə (Böyük Burhan, 13 mlrd.ton), Braziliyada (Karioka Suqar Loaf, 11 mlrd.ton), Venesuelada (Bolivar, 8,3 mlrd.ton), BƏƏ (Yuxarı Zəqum, 8,2 mlrd.ton), Rusiyada (Samotlorsk, 7,1 mlrd.ton), İran körfəzində yerləşən (Şimali Qətər və Cənub Fars yatağında, 7 mlrd.ton), Qazaxstanda (Qaşaqar, 6,4 mlrd.ton) və ÇXR (Datsin, 6,3 mlrd.ton) yerləşirlər.

Beynəlxalq enerji agentliyinin (International Energy Agency-IEA) məlumatına əsaslanaraq dünya üzrə 2019-cu ildə təsdiqlənmiş yanacağın həcminə görə 10 iri ölkə müvafiq olaraq aşağıdakı qaydada sıralanmışdır, mlrd.barellə: Venesuela (303), Səudiyyə Ərəbstanı (268), Kanada (173), İran (157), İraq (140), Küveyt (104), BƏƏ (97), Rusiya (80), Liviya (48) və Nigeriya (37).

Bunlardan başqa bu sırada ABŞ, ÇXR, Meksika, Braziliya, Qazaxstan və Azərbaycanı göstərmək olar. Azərbaycanda təsdiqlənmiş neft ehtiyatı 7,0 mlrd.barrel, Qazaxstanda, Özbəkstan və Türkmənistanda isə uyğun olaraq 30, 0,6 və 0,6 mlrd.barreldir.

Yuxarıda adları çəkilən bu dövlətlərin böyük əksəriyyətində neftin istismarının bir əsrdən artıq tarixi vardır və buradakı neft yataqlarının istismar təcrübəsi göstərir ki, quyuların qazılması texnologiyalarından istifadə etməklə hasil olunan məhsulun az bir hissəsi (25-35%) yerin təkindən çıxarılır. Qalan hissə (65-75%) isə yüksək özlüklü malik olmaqla, eləcə də ifrat qumlaşma səbəbindən yanacaq resursu qismində yataqlarda və ya yer səthinin üst qatında, müxtəlif qalınlıqlı qum örtükləri altında qalmaqdadırlar. Sonuncu bitumlu qum yataqları adlandırılır və onların istismarı xüsusi texnologiya və avadanlıq tələb etdiyindən, eləcə də yüksək maya dəyəri ilə səciyyələndiklərindən məhdudurlar.

Hal-hazırda dünyada 600-ə yaxın bitumlu qum yataqları aşkarlanmışdır. Dünyanın ən böyük bitumlu qum yataqları Kanada, Venesuela və Rusiyaya məxsusdur. Kanadanın (Alberto) və Venesuelanın (Orinoko) əyalətlərində təsdiqlənmiş bitumlu qumlarda ehtiyat neftin miqdarı uyğun olaraq, 1,7 də 2,0 trld.barreldir.

Bəzi hesablamalara görə [1,2] Sovetlər İttifaqı dövründə bu birliyə daxil olan ölkələrdə təbii bitum və bitumlu qumlarda neft ehtiyatı 30-33 mlrd.ton təşkil edirdi.

Hazırda [3, 4] ağır neft və bitumlu qumlarda olan bu yanacağın miqdarı 400-700 mlrd.ton təşkil edir ki, bu da ənənəvi neft ehtiyatlarından 1,3-2,2 dəfə çoxdur. Başqa sözlə desək, dünyada neft ehtiyatlarının üçdə ikisi bitumlu qum və ağır neft yataqlarında toplanmışdır. Təkcə Kanadanın bitumlu qum yataqlarında hasil olunmamış neftin həcmi dünyada ən böyük neft ixracatı olan Səudiyyə Ərəbstanının neft ehtiyatlarından çoxdur.

Bitumlu qum yataqları alternativ enerji mənbəyi kimi tanınır. Son illərdə bu sahədə nəzəri tədqiqatlar, elmi-praktiki və müxtəlif xarakterli mühəndis işləri genişlənməkdədir.

Dünya təcrübəsi göstərir ki, bitumlu qumlardan “sintetik neftlə” bərabər maye qaz, dizel yanacağı, müxtəlif növ lak və boya məhsullarının, örtük materiallarının və digərlərinin alınması mümkündür. Eləcə də bu yataqlardan hasil olunan məhsulun tərkibi nadir elementlərlə zəngindir.

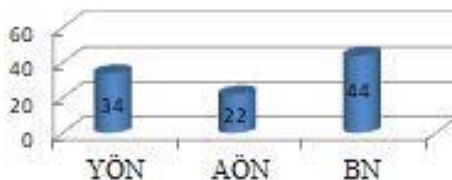
Neft elminin bu istiqaməti üzrə dünya şöhrətli alimlər-Akinşev İ.M., Anisimov B.V., Anistratov Y.İ., Boqolyubov B.P., Baybakov N.K., Kudinov V.İ., Zakirov S.N., Qoldberq İ.S., Burger J., Gupta S., Zhao L., Sinnokrot A. və başqaları dururlar. Bu sırada Azərbaycan elmi məktəbinin yeri xüsusi önəm kəsb edir. Akademik A.Mirzəcanzadə, professorlar M.Bağirov, N.Məmmədağızadə, Q.Həsənov, Q.İsmayılov, S.Sanayev, Ə.Mustafayev, Ş.Məmmədov, A.Əzizov, B.Əlibəyov, B.Listenqarten və digərləri bitumlu və neftlə çirkələnmiş qumların emalı sahəsində fundamental tədqiqat işləri aparmış, ciddi elmi, elmi-praktiki nəticələr əldə etmişdirlər.

Azərbaycanda bitumlu qum yataqları əsasən Balaxanıdakı Qırmakı dağı ətrafında, Umbakı, Ziyilpiri, Subani və s. sahələrdə yerləşirlər. Təkcə Qırmakı yatağında 50 mln. tondan çox neft ehtiyatı vardır və bu ehtiyatın yalnız açıq üsulla çıxarılması mümkünlüyü təsdiqlənmişdi [5]. Ümumilikdə Abşeron-Qobustan rayonları ərazilərində yerləşən on bir bitumlu qum yataqlarının ümumi neft ehtiyatı 126736600 ton təşkil edir

Dünyada neft və neft məhsullarına olan tələbatın durmadan artması alternativ enerji mənbələrinin axtarışı istiqamətində işləri sürətləndirməkdədir. Respublikanın yüngül neft ehtiyatları possemist nöqtəyi-nəzərdən yaxın 20-30 il, optimist baxışdan 70-80 il üçün kifayətdir. Bu səbəbdən neft sənayesində yeni yataqların kəşf olunması ilə yanaşı, istismarın son mərhələsində olan yataqlara mükəmməl texnologiyaların və texnikanın, o cümlədən nanotexnologiyaların tətbiqi ilə səmərəli nəticələr əldə edilməsi ön sıraya çəkilməlidir.

Tədqiqatın əsas məqsədi. - dünya yanacaq resurslarının formalaşmasında alternativ enerji mənbəyi olan bitumlu qumlardan istifadənin müasir vəziyyətinin təhlili və rolunun müəyyənləşdirilməsi, eləcə də Azərbaycan Respublikasında ağır və bitumlu neftlərin resurslarının öyrənilməsi.

Alternativ yanacaq mənbəyi olan ağır özlüklü neft və bitumlu qum yataqlarının müasir vəziyyətinin analizi. Apardığımız araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, dünyada ağır və bitumlu neftin ümumi həcmi yüngül neftin həcmindən çoxdur. Lakin, onların hasilat həcmi bu günkü texniki və texnoloji imkanlar səbəbindən aşağıdır. Şək.1.1-də dünya üzrə yüngül, ağır və bitumlu neftlərin həcmi göstərilmişdir. Bunlardan başqa alternativ yanacaq ehtiyatları sırasına yanacaq slanslarını da (YS) əlavə etmət olar. YS-in tərkibinə slans nefti (SN) və slans qazı (SQ) daxildir.



Şək.1.1. Dünya üzrə yüngül, ağır və bitumlu neftlərin miqdarı, %-lə

Tərkibinə görə BQ-lar zəngin, orta və aşağı olmaqla üç qrupa bölünürlər. Zəngin BQ-ın tərkibində bitumun miqdarı 10%-də çox, orta-(5-10%-ə qədər) və aşağı -5%-dən az olur.

BQ-lar sıxlıq ( $\rho$ ) və dinamik özlüklərinə ( $\nu$ ) görə iki qrupa bölünürlər: malt ( $\rho=0.86-1,03 \text{ q/sm}^3$ ,  $\nu \geq 10 \geq \text{MPa} \cdot \text{s}$ ) və asfalt ( $\rho=1,03-1,10$ ,  $\nu < 100 \text{ MPa} \cdot \text{s}$ ).

Ən böyük bitumlu qum yataqları Kanada (386 mlrd.ton, onun 25 mlrd.tonu çıxarıla biləndir) və Venesuelada (335 mlrd.ton, onun 70 mlrd.tonu çıxarıla biləndir) toplanmışdır. Bunlardan başqa Meksika, ABŞ, RF, Küveyt cə ÇXR-si da bu sırada olan ölkələrdəndir.

Cədvəl 1-də 2035-ci ilə qədər qeyri-ənənəvi karbohidrogenlərin proqnozlaşdırılan

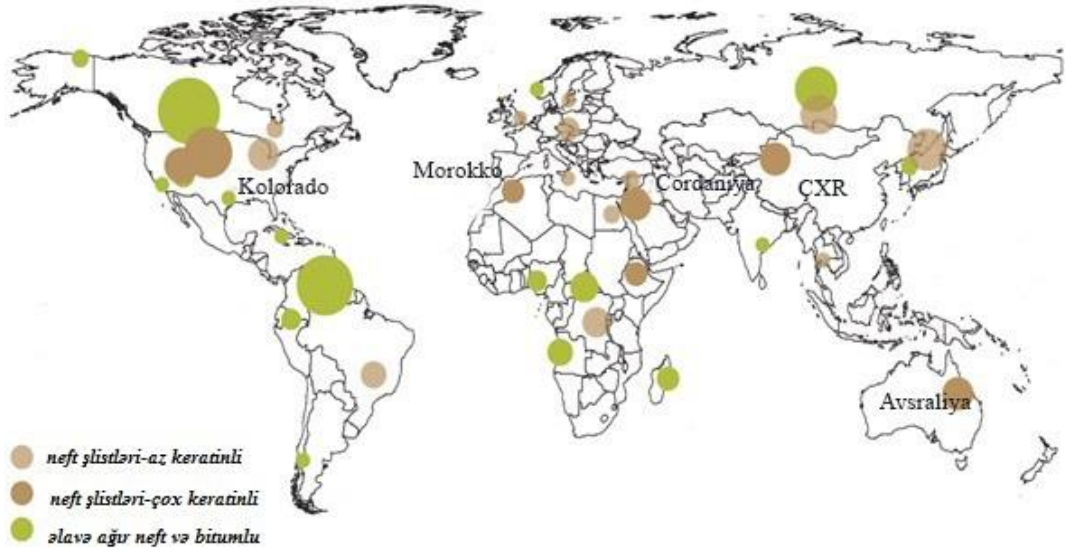
Cədvəl 1

Qeyri-ənənəvi karbohidrogenlər	Qeyri-ənənəvi karbohidrogenlərdən				
	İllər üzrə, mln. hasilat dinamikası verilmişdir [83, 97]. barrel/gün				
	2015	2020	2025	2030	2035
Bitumlu qumlar	2,4	2,9	3,5	4,2	5,2
Super ağır neftlər	0,8	1,1	1,2	1,4	1,5
Bitum slanslar	0	0	0,1	0,2	0,4



Hal-hazırda dünya miqyasında ümumi neft ehtiyatları 50 ölkənin ərazisində cəmlənmişdir. Bu ehtiyatların həcmi dəyişən xarakterlidir. Hər il The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), Energy Information Administration (EIA) və British Petroleum Statistical Review of World Energy (BP) agentlikləri dünyada neft və qaz hasilatı, sərfi və ehtiyatı haqda rəsmi məlumatları internet səhifələrində əks etdirirlər. Bu məlumatlar bəzən fərqli olsalar da belə problemlərin gerçəklikləri haqda ümumi fikirlərin formalaşmasında əvəz olunmaz rol oynayır.

Şək.1.3-dən bitumlu qum yataqlarının dünyada yerləşmə coğrafiyası əks olunmuşdur və buradan görünür ki, AÖN və BN yataqlarının böyük həcmi Şimali və Cənubi Amerika qitələrindədir.

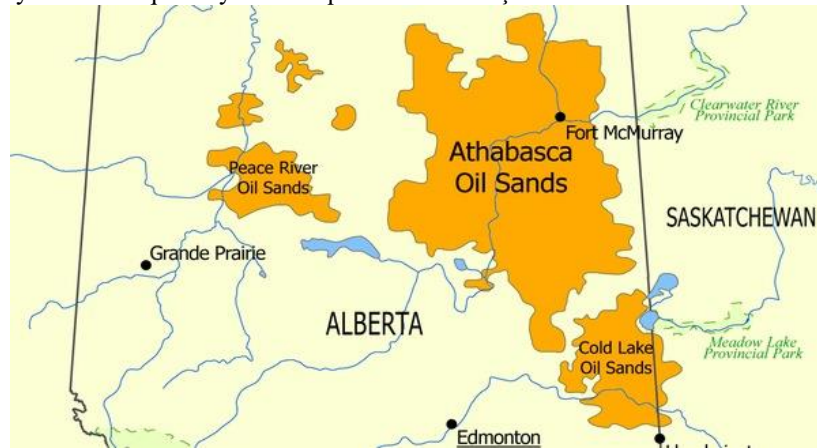


Şəkil 1.3. Bitumlu qum yataqlarının coğrafiyası

Kanadanın əsas bitumlu qum yataqlarının yerləşmə sxemi şək.1.4-də verilmişdir. Bu yataqların ən böyüyü Atabaska (Athabasca oil sands) yatağıdır. Burada ehtiyat neftin miqdarı 400 mlrd. m<sup>3</sup>. Digər iki yataqlarda (Gold-Lake oil sands, Peace River oil sands) ehtiyat neftin miqdarı uyğun olaraq 25,8 və 7,5 mlrd.m<sup>3</sup>. Atabaska yatağında orta hesabla bir gündə 1,6 mln. barrel neft hasil olunur [99]. Bu Kanadada ümumi neft hasilatının 60%-dən çoxudur.

Bunlarla yanaşı, Kanadanın Manitob, Saskaçivan, Nyufaundlend və Lablador yataqları da neftlə zəngindir. ABŞ-a ixrac olunan neftin böyük əksəriyyəti məhz son 3 yataqların payına düşür.

Kanadada hasil olunan yüngül neftin 40%-i Nyufaundlend və Labladorda yerləşən Janna Dark hövzəsindədir. Ölkədə bu yanacaq ehtiyatlarının təqribən yarısı artıq istismar edilmişdir.



Şəkil 1.4. Kanadanın əsas bitumlu qum yataqları

Hazırkı vəziyyətdə Kanadanın ümumi neft ehtiyatlarının 95-97%-i bitumlu qumlar şəklində Alberta əyalətində və Melvill adasında yerləşir.

Hazırda dünyanın ən aparıcı neft şirkətləri, eləcə də Kanadanın neft nəhəngləri ölkənin neft sektorunda geniş işlər aparır. İnvestisiya yatırımları böyük rəqəmlərlə ifadə olunur. Təkcə onu qeyd etmək kifayətdir ki, 2020-ci ilə qədər «Ekson», «Şell», «Şevron» və «Teksako» kimi məşhur kompaniyaların daxil olduğu konsorsium Kanadada 58 yeni yatağın mənimlənməsinə, 22 mlrd. ABŞ dolları həcmində investisiya qoymuşdur.

Bitumlu qumlardan neftin ayrılması prosesinə başlanılan ilk illərdə böyük məsrəflər tələb etməsi və bu əsasda tətbiq olunan texnologiyaların ekoloji cəhətdən qənaətbəxş olmaması, bu metodla yanacaqın alınmasını qeyri-effektiv etmişdir.

Son illərdə dünyada tüğyan edən iqtisadi və viruslarla bağlı böhranlar, neftin qiymətinin formalaşmasına ciddi təsir edir. Ümumiyyətlə, neftin bitumlu qumlardan əldə edilməsinə yanaşma tərzini birmənalı deyildir. Neftin qiymətinin ciddi şəkildə dəyişməsi və mövcud texnologiyaların yaratdıqları postfaktum problemlər bitumlu qumların emalını ciddi şəkildə məhdudlaşdırır.

2010-2015-ci illərdə Kanada ABŞ-a ümumilikdə 805,4 mln.ton həcmində neft ixrac etməklə, Səudiyyə Ərəbistanı, Meksika, Venesuela və Nigeriyanı ötərək birinci olmuşdur. Ümumilikdə Kanada hasil etdiyi neftin 96,7 %-ni ABŞ, 1,8%-ni Avropaya, 1,0%-ni ÇXR-na, 0,4%-ni Yaponiyaya və 0,1%-ni isə Latin Amerikası dövlətlərinə ixrac edir. Ölkədə hasil olunan neftin daxilə nəqli və xarici bazarlara çıxarılması geniş və etibarlı boru kəmərləri vasitəsilə həyata keçirilir. Ölkənin ən böyük neft kəməri “Enbridge Pipelines” 1950-ci ildən fəaliyyətdədir. Onun ümumi uzunluğu 5363 kilometrdir və kəmərin 2306 kilometri Kanada ərazisindən, 3057 kilometri isə ABŞ ərazisindən keçir. Boru kəmərinin məhsuldarlığı 1400000 barrel/gün təşkil edir.

Bu kəmərlər Terasen kəməri ilə birlikdə Kanada neftini əsasən daxili bazara və ABŞ-a ötürür. Enbridge Pipelines kəməri Edmontana və Alberto əyalətlərindən hasil olunan nefti ölkənin şərq rayonlarına və ABŞ-a (Böyük göllərə) çatdırır. Terasen boru kəməri isə nefti əsasən Alberto əyalətindən Vankuver və İngiltərə Kolumbiyasındakı terminallara nəql edir. Kanadanın əsas neft yataqları ölkənin mərkəzi ərazilərində yerləşirlər. Burada istehsal olunan məhsulların nəqlinin intensivləşdirilməsi məqsədi ilə yeni neft kəməri inşa edilməyə başlanmış və onun birinci mərhələsi 2010-cu ildən fəaliyyətdədir. Dünya boru kəmərləri sistemində bu məhsuldar xətt-“Keystone Pipeline” adı ilə daxil olmuşdur və Atabaskanın bitumlu qum yataqlarında hasil olunan nefti ABŞ-ın (Nebraska və İllinoys ştatı) və Meksikanın Texas körfəzindəki neft emalı müəssisələrinə çatdırır. Bu xəttin uzunluğu 3456 km-dir. Bu kəmərlər vasitəsi ilə İllinoys hövzəsindən (Bakken) neft ABŞ-ın Montana və Şimali Dakota ştatlarındakı NEZ-na ötürülür. Boru kəmərinin ikinci mərhələsinin inşası 2011-ci ildə istismara verilmişdir. Bu kəmərlər vasitəsi ilə xam neft Okloxoymaya çatdırılır. İki kəmərin birgə məhsuldarlığı 590 000 barrel/gün təşkil edir.

Bitumlu qumlarla zəngin olan ikinci dövlət Venesueladır. Bu ölkə təsdiqlənmiş neft ehtiyatlarına görə birinci olsa da, bitumlu qum yaraqlarının həcminə görə Kanadadan sonrakı yeri tutur.

Ölkədə neftin sənaye üsulu ilə istismarı XX əsrin əvvəlindən (1914) başlanmışdır. Venesuelada hasil olunan neftin 20%-i Marakabio körfəzindədir. Ən böyük neft yataqları Orinoka çayı ətrafında: Lagunillas, Bachaquero, El Furrial, Centro, Mulata, Lamadadırlar. Bu ərazilər “Orinokanın ağır neft kəməri” adı ilə tanınır. Ərazinin uzunluğu 434 km, eni isə 65 km-dir.

2014-2019-cü ildən ölkədə gündəlik neft hasilatı 2,8-3,0 mln.barrel həcmində olmuşdur. Venesuelanın daxili neft ehtiyacları 500-550 mln.barrel/gün təşkil edir. Dünyanın aparıcı neft şirkətlərinin Venesuelada böyük maraqları vardır və bu maraqlar yatırımlar şəklində öz həllini tapmaqdadır. Bu sırada “BP Amoco”, “ExxonMobil”, “CNPC”, “Conoco”, “Occidental”, “Pennzoil”, “Phillips”, “Repsol-YPF”, “Shell”, “Statoil”, “TotalFina”, “Vebe Oel”, “Texaco”, “Union Texas” eyni zamanda İtaliyanın “Eni”, İspaniyanın “Repsol”, Hindistanın “Oil India” və digərlərini göstərmək olar.

Bitumlu qum və ağır neft ehtiyatlarına görə Rusiya öndə olan dövlətlərdən biridir. Ölkənin ümumi neft ehtiyatları 33 mlrd.ton təşkil edir və bunun 30 mlrd.tonu AÖN və BN payına düşür.

Ölkənin əsas bitumlu qum yataqları Timan-Peçorsk (808 mln.ton), Volqa-Ural (4094,5 mln.ton) və Şərqi Sibir (20770 mln.ton) əyalətlərində yerləşir. Bunlarla yanaşı Şimali Qafqaz, Tatarstan, Mariy-El və Komi respublikaları, Xanti-Mansiysk, Kirovsk, Arxang və Ulyanovsk vilayətləri də bu resurslara malikdirlər.

Volqa-Ural və Qərbi Sibir regionunun 70%-indən çoxu ağır neft yataqları ilə zəngindir. Ağır neft yataqları əsasən Tatarstan və Başqırtstan respublikasının ərazisindədir. Bu regionlarda neft ehtiyatlarının tam həcmi haqda bir mənalı məlumat yoxdur. Lakin, Tunqussk yatağında bitumlu qumların ehtiyatı müəyyən edilmişdir-51,0 mlrd.barrel.

RF-in bitum yataqlarının üçdə birindən çoxu (təxminən 35-36%) Tatarstanda yerləşir. Burada 450 sayda AÖN və BQ yataqları mövcuddur. Ümumilikdə Tatarstanda ağır neft və bitumlu qum yataqlarının ehtiyatı 1,5-7 mlrd.tondur və bunlardan ən böyüyü Aşalçinsk yatağıdır.

Hal-hazırda RF-da neft ehtiyatlarının 77%-i “ТНК”, “ЮКОС”, “ЛУКОЙЛ”, “Сургутнефтегаз”, “Роснефть”, “Татнефть”, “Сибнефть”, “Сиданко”, “Славнефть”, “Башнефть” və “Газпром” kimi iri şirkətlər tərəfindən işlənir [7].





Dünyada iri neft hasil və ixrac edən ölkələrdən biri də Amerika Birləşmiş Ştatlarıdır. 2015-ci ildə ölkənin bu yanacağa olan tələbatının 39%-i ixracat və 61%-i daxili imkanlar hesabına təmin olunmuşdur. ABŞ-ın neft ixracının 15-20%-i ərəb dövlətlərinin, qalanı isə Səudiyyə Ərəbistanı, Venesuela, Nigeriya, İraq, Norveç və Anqolanın payına düşür.

2008-ci ildən başlayaraq ABŞ-da YÖN-lə yanaşı alternativ neftdən (slans nefti) istifadənin səviyyəsi beş dəfədən çox artmışdır. Təkcə 2015-ci ildə ölkənin ən iri yeddi slans neft yatağından gündəlik olaraq 5,0 mln.ton (8,6 mln.ton YÖN qarşı) hasil olunmuşdur.

Neftin qiymətinin aşağı düşməsi slans neftinin və qazının istehal həcmi azaltsa da bu enerji vasitələri ölkənin YEK-də aparıcı rol oynayır.

Keçmiş Sovetlər İttifaqında RF-dan sonra böyük bitumlu qum yataqları olan ölkə Qazaxstandır. Bu ölkənin yataqlarda neft ehtiyatlarının həcmi 0,96-1,0 mlrd.tondur. Qazaxstanın ərazisində 50-dən artıq bitumlu qum yataqları aşkarlanmışdır [8,9]. Bu alternativ yanacaq ehtiyatlarına görə Venesuela və Kanadadan sonra dünya miqyasında üçüncü yerdədir. Hal-hazırda ölkənin təbii bitum ehtiyatları 125-350 mln.ton, bitumlu qum – 20-25 mlrd.tondur.

Əgər Kanadada bitumlu qumların emalında tətbiq olunan texnologiyada böyük həcmdə sudan istifadə edilirsə Qazaxstanda bu üsulun tətbiqi içməli su qıtlığı səbəbindən mövcuddur. Burada bitumlu qumların emalında fərqli texnologiyadan istifadə olunur. Belə ki, burada bitumlu qum 4000C temperatura qədər qızdırılaraq onun tərkibindən ayrılır.

Azərbaycanın təsdiq olunmuş neft ehtiyatları 7,0 mlrd.tondur. Buna baxışlar birmənalı deyildir [10,11]. Azərbaycanın bitumlu qum yataqları və ağır neftin həcmi Kanada, Venesuela, ABŞ, ÇXR, Nigeriya və Qazaxstanla müqayisədə kiçik olsa da, yanacaq çatışmazlığı zamanı etibarlı alternativ enerji mənbəyi kimi olduqca güclü bir faktora çevrilə bilər.

Azərbaycanın bitumlu qum yataqlarının bir qismi yerin dərin qatında yerləşir və bəziləri isə birbaşa torpağın üst qatına çatmaqla zəif qum və bitki örtüyünün altındadırlar.

Bu yataqlar əsasən Abşeron-Qobustan rayonları ərazisində yerləşirlər. Bundan başqa Salyan, Ağstafa rayonları ərazisində də bitumlu qum yataqları mövcuddur. Bu ərazilərdə quyular vasitəsi ilə çıxarılan neftdən başqa yataqlarda çıxarılması mümkün olmayan külli miqdarda qalıq neft ehtiyatları, eləcə də YS vardır [12]. Neft yataqlarını ən yeni texnika və texnologiya ilə istismar etdikdə belə müxtəlif səbəblərdən yataqlarda neftin daha böyük hissəsi qalır. Bu neftlər yüksək özlüklüyü, tərkibində bitum və qum faktorunun miqdarına görə fərqlənirlər. Abşeron yarımadasında yer səthinə çıxan hələ qədim zamanlardan açıq, şurflar və quyular üsulu ilə istismar edilən Qırmakı yatağında da böyük neft ehtiyatı çıxarılmadan qalmışdır. Cədvəl 2-də Azərbaycanın bitumlu qum yataqları və orada olan neft ehtiyatları göstərilmişdir. Göründüyü kimi ölkədə ən böyük bitumlu qum ehtiyatı Qırmakı yatağına düşür. Bu yataqda təsdiqlənmiş neftin həcmi 51200000 tondur.

Cədvəl 2.

## Azərbaycanın bitumlu qum yataqları

No	Yatağın adı	Yatağın sahəsi, min. m <sup>2</sup>	Yatağın qalınlığı, m	1 m <sup>3</sup> süxurda neftin miqdarı, kq	Neft ehtiyatı, min t
1	Qırmakı		190	148,47	51200,0
2	Ziyilpiri	520	41	92,5	1972,1
3	Subani	250	20	74,5	372,5
4	Çaydərə	4509,7	56,2	132,5	33581,5
5	Nardaran axtarma	3100	16,0	229,3	11363,3
6	Qırqışlaq	540	16,1	155,8	1354,5
7	Ayrantökən	1530	44,5	117,1	7973,4
8	Bəridaş	1200	65,0	105,0	8190,0
9	Qlıç	980	26,0	170	4331,0
10	Rəhim	1112	49,0	74,8	4075,7
11	Solaxay	1362	17,1	99,7	2322,0
Cəmi:					126736,6

Qırmakı yatağı assimetrikdir. O şərqdə 28-46° və qərbdə isə 62-80° altında yerləşən şaxələrə malikdir. Yatağın bitumla zəngin hissəsi Balaxanı-Sabunçu-Romanı sahələrinə düşür. Balaxanı kəndində yataq yerin üst qatına çıxır [7]. Yatağın müxtəlif sahələrində qumların neftlə doyması geniş intervalda (6,75-29,2)% dəyişir.

Ümumiyyətlə, Qırmakı yatağı yer səthinə çox yaxındır. Onun qalınlığı 0,5-6 metr, orta qalınlıq isə 3-4 m təşkil edir. Yataqda açılış əmsalı  $K=0,02-0,002$  m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> olduğundan onun açıq üsulla istismarı səmərəliliyi təsdiq

olunmuşdur. Çox təəssüflə demək lazımdır ki, Qırmakı sahəsi XIX əsrin ortalarından başlayaraq, müxtəlif üsullarla və intensivliklə istismar edilmişdir. Hər dəfə ekoloji təhlükəsizlik və ətraf mühitin qorunması probleminə ikinci dərəcəli məsələ kimi baxılmışdır.

Bitumlu qumlardan neft ayrılmasını həyata keçirən ilk qurğu Azərbaycanda layihələndirilmiş və bu yataqda istifadə olunmuşdur. İlk nəticələrdə süxurlardan neftin ayrılması 52,1% təşkil etmişdir. Karyerin fəaliyyət göstərdiyi dövrün təhlili nəticəsində neftli qumların çıxarılmasında və nəql edilməsi prosesində imtina və qəzaların sayının az olduğu müəyyən edilmişdi.

Bitumlu qumların çıxarılmasında karyer və şaxta üsullarından istifadə olunur. Bu və ya digər üsulun seçimi bir sıra faktorlardan, o cümlədən, yatağın quruluşundan, oradakı məhsulun fiziki-kimyəvi xassələrindən, ərazinin coğrafi mövqeyindən, mövcud infrastrukturundan və s. asılıdır.

Karyer üsulu dayaz yataqlardan (50-70 metr dərinliyə qədər) bitumlu neftlərin hasilatında istifadə olunur. Üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, yatağın üst qatı açıldıqdan sonra mexaniki vasitələrdən istifadə etməklə məhsul çıxarılır və separasiya yolu ilə onun tərkibindəki qum bitumdan ayrılır. Bunun üçün xüsusi qurğuda üyüdülmüş qarışıq isti (70-90 0C) su ilə yuyularaq bitum və qum fraksiyalarına ayrılırlar. Alınmış bitum emal müəssisəsinə göndərilir və burada “sintetik neft” – SynCrude alınır.

Bu üsuldan istifadədə yüksək kapital qoyuluşu tələb olunmur və neftvermə əmsali digərləri ilə müqayisədə (65-85%) çox yüksəkdir. BQ-nin bu üsulla çıxarılması istiqamətində fundamental tədqiqatlar Kanada və RF-da aparılır. Son zamanlar RF-da “sintetik neftin” alınması istiqamətində elmi-tədqiqat işləri xüsusi vüsət almaqdadır. Bu sırada Moskva Energetika İnstitutunun bitumlu qumların və slansların emalı üçün layihələndirdikləri və istismara verdikləri YYT-3000 qurğusunu göstərmək olar. Qurğunun köməyi ilə BQ-dan və AÖN-dən alınan “sintetik neftin” maya dəyəri 15-25, maksimal olaraq 30-40 ABŞ-dolları səviyyəsini aşmayacaqdır.

Karyer üsulunun müsbət və mənfi tərəflərini qiymətləndirərək bəzilərini göstərməyi vacib bilirik:

-Yatağın işlənməsi və məhsulun hasilatı ilə bağlı iqtisadi effekt olduqca fərqlidir. Alınan sintetik neftin maya dəyəri 2-3 dəfə azdır.

-Karyerlərdə işləyən fəhlələrin əmək məhsuldarlığı yeraltı mədənlərdə işləyən fəhlələrin əmək məhsuldarlığından 3-7 dəfə çoxdur.

-Karyerlərin inşası və istismara verilməsi ilə bağlı işlər şaxta üsulundan sürətlidir.

-Neftli qumları açıq üsulla istismar etdikdə yatağın ehtiyatının 94-96% çıxarılması və çıxarılmış qumlardan neftin 100% ayrılması mümkündür.

-İstismar prosesində təhlükəsizliyin təmini fərqli dərəcədə yüksəkdir.

Şaxta üsulu iki növdə həyata keçirilir:

-tunel vasitəsi ilə məhsulun yer səthinə çıxarılması, sonradan onu emal etməklə neftin alınması (200 metr dərinliyə qədər);

-şaquli və ya horizontal quyular vasitəsi ilə məhsuldar laya termiki təsir göstərməklə (400-800 metr dərinliyə qədər). Bu üsullardan istifadə etməklə məhsuldar layın neft verimini 45-50%-ə çatdırmaq mümkündür.

Termiki təsir prinsipləri “isti” və “soyuq” olmaqla iki yerə bölünür [66, 67, 68, 69, 70, 71]:

- SAGD (steam assisted gravity drainage) – buxar qravitasiya drinaj;

- CSS (cyclic steam stimulation) – tsiklik buxar təsiri;

- THAI (toe-to-heel air injecton) – lay daxilində yanma;

- CHOPS (Cold heavy oil production with sand) – “soyuq” hasilat;

- VAPEX (Vapor Extraction) – buxar mühitində kimyəvi həlledicilərdən istifadə etmə;

- SAP (Solvent Aided Process) – həlledicilər əlavə etməklə;

- CAPRI (CAlytic upgradiNg PRocess In-situ) – istehsal prosesində katalitik modernləmə.

- N-Solv (New solvent method) – yeni həlledici tətbiq etməklə.

Ağır özlüklü neftlərin və bitumlu qumların çıxarılmasında innovation texnologiyalar.

Bitumlu qumlardan neftin çıxarılması üçün müxtəlif üsullardan (fiziki, kimyəvi və s.) və həlledicilərdən (benzin, kerosin, dizel yanacağı və s.) istifadə edilməsi məlumdur. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetində və onun nəzdindəki “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və Kimya” ETİ-də geniş elmi-tədqiqat işləri aparılır [13-17]. Böyük maraq doğuran tədqiqat işlərinin birində müəlliflər [13] bitumlu qumların karbohidrogenlərdən təmizlənməsi üçün yeni reagent (tərkibində 3%-ə qədər natrisilikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), 0,20% kanifol, nanohissəcik və qalan hissəsi su) təklif edirlər. Reagent yüksək səthi aktivliyi və neftə qarşı hidrofil xassələri ilə seçilərək onda səthi gərilməni azaldır və bitumlu qumlardan neftin ayrılmasına ciddi köməklik edir.

Aparılmış eksperimentlərlə müəyyən edilmişdir ki, nanotərkibli reagentdən istifadə etməklə bitumlu qumların yuyulma dərəcəsini 85-87%-dən 93-95%-ə qədər yüksəltmək mümkündür.

Beləliklə, apardığımız tədqiqat işləri aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Bitumlu qumların və ağır özlüklü neftin hasilatı dünya bazarında formalaşan qiymətlərdən ciddi şəkildə asılı olmasına baxmayaraq, bu yanacaq növləri alternativ, qeyri-ənənəvi enerji mənbələri sırasında ən önəmliələrindən hesab edilə bilər. Bitumlu qum yataqlarının işlənməsi texniki, texnoloji və ekoloji cəhətdən olduqca mürəkkəbdir və böyük maliyyə məsrəfləri tələb edir.



2. Ölkənin quru ərazilərində yerləşən neft yataqları sonuncu istismar mərhələsindədir və böyük miqdarda (155-160 mln.ton) ağır neft və təbii bitum ehtiyatlarına malikdirlər.
3. Müəyyən edilmişdir ki, ağır özlüklü neftlərin və bitumlu qumların ənənəvi neftlərdən tərkibi, fiziki-kimyəvi xassələri və yerləşdiklər kollektorlarla qarşılıqlı əlaqələri olduqca fərqlidir. Bu səbəbdən onların çıxarılması və emalı proseslərində ənənəvi neftdəki texnologiyalardan istifadə oluna bilməz. Bunun üçün yeni innovasion texnologiyaların tətbiqi mütləqdir.
4. Bu yataqların işlənməsi kompleks tədbirlərin, o cümlədən geoloji tədqiqatlardan başlayaraq, ərazinin istismara hazırlanması, mütərəqqi texnologiyaların seçilməsi, bu əsasda müvafiq avadanlıq və texniki vasitələrin müəyyənləşdirilməsi, hasil olunan məhsulun nəqli, emalı və saxlanması kimi faktorlar nəzərə alınmalıdır.
5. Azərbaycanın Abşeron-Qobustan rayonları ərazilərində yerləşən on bir qum yatağının ümumi ehtiyatı 126736 600 ton təşkil edir. Qırmakı yatağı bu sırada öz həcminə görə seçilir. Yatağın geoloji quruluşu, məhsuldar qatın dərinliyi və digər amillər onun açıq karyer üsulu ilə işlənməsinə əsas versə də, bu rayonda əsrlərlə müəyyənleşmiş tarazlıq vəziyyətinin pozulacağı, ətraf mühitin ciddi şəkildə çirklənmə təhlükəsini nəzərə alaraq bu üsul arzu olunmazdır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Успенский Б.В. Научно-методические основы поиска, разведки и освоения природных битумов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктор геолого-минералогических наук, М.: 2005.
2. Гольдберг И.С. Природные битумы СССР: (закономерности формирования и размещения). Л., 1981. -195с.
3. Мамахатов Т.М. Битуминозные пески в Сибири и их значение для топливно-энергетического комплекса стран мира // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. и выставка, 8-18 апр. 2014 г., г. Новосибирск: Междунар. науч. конф. "Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью": Сб. материалов в 2 т.. – 2014. – Т. 1. – С. 116-120
4. Мамахатов Т.М. Битуминозные пески в Сибири и их значение для топливно-энергетического комплекса стран мира. Интерэкспо Гео-Сибирь, Выпуск № 1 / том 3 / 2014.
5. <https://polymus.ru/ru/pop-science/blogs/channels/himiya-buduschego/11077/> Новые источники нефти и газа. Битуминозные пески.
6. Эфендиева З.Дж. Информационный справочник о месторождениях полезных ископаемых Азербайджана «АГУНП» Баку:2016, с.56, спис.лит. 21-назв
7. Данилова Е.А. Тяжелая нефть России // The Chemical Journal. 2008. № 12. С. 34–37
8. Надилов Н.К. Нефть и газ Казахстана // Алматы, 1995. Ч. 2. - 400 с.
9. Надилов Н.К. Нефтебитуминовые породы. Алматы, 1982, 210стр.
10. Запасов нефти и газа в Азербайджане хватит на 70-80 лет. <http://ru.oxu.az/economy/23408>
11. Докучаев Д.А. Если в России и Азербайджане закончится нефть. <http://inosmi.ru/economic/20160328/235882063.html>.
12. Алиев А. Природные битумы и горючие сланцы - альтернатива нефти. Информационный бюллетень «Нефть и газ» //Президентская Библиотека АР №1(5), 2010.С.10
13. Багиров М.К., Садыгова Т.Ю. К вопросу извлечения углеводородных компонентов из битуминозных и сланцевых песков./ Ежемесячный научный журнал "Prospero" № 11 (23) / 2015. С.19-21.
14. Садыгова Т.Ю. Применение нанотехнологий в процессе извлечения углеводородов из битуминозных песков. Сборник статей ЦНС "Международные научные исследования" по материалам IX международной научно-практической конференции: «Проблемы и перспективы современной науки», Часть 1, г.Москва:"ISI-journal", 2016. – С.99-102.
15. Садыгова Т.Ю.Состояние и перспективы разработки нетрадиционных топливно-энергетических месторождений Азербайджана. Межотраслевой институт «Наука и образование» Ежемесячный научный журнал № 5 (23) / 2016, с.10-12.
16. Əliyev E.N., Sadiqova T.Y. Bitumlu qumlardan neftin qaz tərkibli karbohidrogenlərlə çıxarılmasının innovasiya texnologiyasına dair. Azərbaycan Neft Təsərrüfat, №1, 2017 3s.
17. Багиров М.К., Садыгова Т.Ю. Инновационные технологии при извлечении нефти из битуминозных пород./ Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, Москва, №5, 2016.
18. Садыгова Т.Ю. Применение нанотехнологий в процессе извлечения углеводородов из битуминозных песков. IX Международная научно-практическая конференция, «Проблемы и перспективы современной науки» Москва, №9, 2016, 4 С.



## ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF OIL PRODUCTION FROM TAR SANDS

T.Y.Sadiqova

Azerbaijan State University of Oil and Industry

Email: tarana\_sadiqova@mail.ru

### ANNOTATION

The article gives an analysis of the current state and prospects of using tar sands as an alternative source of energy and innovative technologies for their extraction.

**Keywords:** Tar sands, heavy oil, alternative energy source, innovative technology.

## ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НЕОДНОРОДНОЙ БАЛКИ ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКЕ

<sup>1</sup>Б. Г.Алиев, <sup>2</sup>Т.С.Сулейманов

<sup>1</sup>Западно-Каспийский Университет,

<sup>2</sup>Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

E-mail: <sup>2</sup>tahir\_suleymanov@list.ru



## АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается приближенное решение вынужденных колебаний неоднородной балки при вибрационной нагрузке. Известно, при изготовлении балок – плит в зависимости от технологического процесса и ряда других причин механические свойства существенным образом зависят от пространственных координат точек тела. Для данной балки с постоянным поперечным сечением составляется дифференциальное уравнение в частных производных, далее это уравнение решается приближенным методом. В конце находится связь между вынужденной и собственной частоты.

**Ключевые слова:** Вынужденная колебания, однородная балка, вибрационная нагрузка, модуль упругости, вынужденная частота, собственная частота, метод Бубнова-Галеркина

## XÜLASƏ

Məqalədə vibrasiya yükü nəticəsində qeyri bircins tirdə yaranan məcburi rəqslərin təqribi üsulla həllinə baxılır. Məlumdur ki, tirlərin hazırlanmasında texnoloji proseslərin və digər səbəblərin təsirindən onun mexaniki xassələri əsas olaraq cismin fəzada tutduğu koordinatlardan daha çox asılıdır. Sabit en kəsiyinə malik verilmiş tir üçün xüsusi tərtibli diferensial tənlik tərtib olunur və həmin tənlik təqribi üsulla həll edilir. Sonda məxsusi və xüsusi tezliklər arasında əlaqə üçün formula təklif olunur.

**Açar sözlər:** Məcburi rəqslər, bircins tir, vibrasiya yükü, elastiklik modulu, məcburi tezlik, xüsusi tezlik, Bubnov-Qalerkin üsulu

## ABSTRACT

The article takes an approximate solution of the forced vibrations of a non-homogeneous beam under the vibration load. It is well known that in the production of technical plates, due to the technological process and a number of other reasons, the mechanical properties depend largely on the spatial coordinates of the body points. The partial differential equation is compiled for a particular beam with a fixed cross section, then this equation is solved by an approximate method. Finally there is a relationship between forced and natural frequencies.

**Keywords:** Forced vibrations, homogeneous beam, vibration load, elastic modulus, forced frequency, natural frequency, Bubnov-Galerkin method.

Как известно, при изготовлении балок – плит в зависимости от технологического процесса и ряда других причин механические свойства существенным образом зависят от пространственных координат точек тела. Сюда можно отнести модуль упругости  $E$ , коэффициент Пуассона  $\nu$  и удельную плотность  $\rho$  [1]. Указанные выше эффекты существенным образом влияют на поведение элемента конструкции при вибрационной нагрузке. В данной работе будем предполагать, что данная балка является с постоянным поперечным сечением и имеет место:

$$E = E_0 f(x); \rho = \rho_0 \psi(x); \nu = \text{const.} \quad (1)$$

Здесь  $E_0, \rho_0$  соответствуют однородному случаю, функция  $f(x)$  со своими производными, а  $\psi(x)$  является непрерывной функцией.

Дифференциальное уравнение движения в данном случае (без учета сопротивления внешней среды) имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[ f(x) \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right] + m^2 \psi(x) \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -q(x) \sin \omega t \quad (2)$$

$$\text{Здесь } m^2 = \rho_0 E_0^{-1}; q(x) = q(x) E^{-1}$$

Уравнение (2) может быть решено одним из приближенным аналитическим методом. В данном случае будет применено метод разделения переменных, с дальнейшим использованием метода ортогонализации Бубнова-Галеркина.

Будем изучать установившиеся колебания. В этом случае  $W(x, t)$  можно выбрать в следующем виде:

$$W(x, t) = V(x) \sin \omega t \quad (3)$$

Здесь  $V(x)$  – удовлетворяет соответствующие краевые условия.

Подставляя (3) в уравнении (2) получим:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[ f(x) \frac{d^2 V}{dx^2} \right] + m^2 \psi(x) \omega^2 V(x) = -q(x) \quad (4)$$

Функция  $V(x)$  будем приниматься в следующем виде:

$$V(x) = \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x) \quad (5)$$

Здесь из  $\varphi_i(x)$  удовлетворяет соответствующим краевым условиям.

Подставляя (5) в уравнение (4) получим:

$$\left[ f(x) \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x) \right]'' - m^2 \omega^2 \psi(x) \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x) = -q(x). \quad (6)$$

На основе метода Бубнова-Галеркина можно написать:

$$\int_0^1 \left\{ \left[ f(x) \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x) \right]'' - m^2 \omega^2 \psi(x) \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x) \right\} \varphi_k(x) dx = - \int_0^1 q(x) \varphi_k(x) dx. \quad (7)$$

В частности для собственных колебаний уравнение (7) принимает следующий вид:

$$\int_0^1 \left\{ \left[ f(x) \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x) \right]'' - m^2 \omega^2 \psi(x) \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i(x) \right\} \varphi_k(x) dx = 0. \quad (8)$$

Отсюда можно получить значение квадрата собственного значения из системы линейных однородных алгебраических уравнений. Например, для первого приближения получим:

$$\omega_1^2 = \frac{\int_0^1 [f(x) \varphi_1''(x)] dx}{m^2 \int_0^1 \psi(x) \varphi_1^2(x) dx}. \quad (9)$$

А для установившегося вынужденного колебания в первом приближении будем иметь:

$$\int_0^1 \{ [f(x) \varphi_1''(x)]'' - m^2 \omega^2 \varphi_1(x) \} \varphi_1(x) dx = \int_0^1 q(x) \varphi_1(x) dx,$$

или же

$$\omega^2 = \frac{\int_0^1 [f(x) \varphi_1''(x)] \varphi_1(x) dx}{m^2 \int_0^1 \psi(x) \varphi_1^2(x) dx} + \frac{\int_0^1 q(x) \varphi_1(x) dx}{m^2 \int_0^1 \psi(x) \varphi_1^2(x) dx}. \quad (10)$$

Для иллюстрации рассмотрим двухопорную балку постоянного сечения, в этом случае  $q = \frac{q_0}{E}$ ,  $f(x) = 1 + \varepsilon x l^{-1}$ ;  $\varphi_1(x) = \sin \frac{\pi x}{L}$ .

Подставляя эти соотношения в (10) получим, учитывая  $\varepsilon \in [0,1]$

$$\omega^2 = \frac{\int_0^1 \left\{ (1 + \varepsilon x l^{-1}) - \left( \frac{\pi}{l} \right)^2 \sin \frac{\pi x}{l} \right\} \sin \frac{\pi}{l} x dx}{m^2 \int_0^1 (1 + \mu x l^{-1}) \sin^2 \left( \frac{\pi}{l} \right)^2 x dx} + \frac{q \int_0^1 \sin \frac{\pi}{l} x dx}{E \frac{\rho_0}{E} \int_0^1 (1 + \mu x l^{-1}) \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx}. \quad (11)$$

Из (11) при  $\varepsilon = 0$ , получим решение аналогичной задачи, когда балка неоднородна только по удельной плотности:

$$\omega_0^2 = \frac{\left( \frac{m}{l} \right)^4 \int_0^1 \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx}{m^2 \int_0^1 (1 + \mu x l^{-1}) \sin^2 \left( \frac{\pi}{l} \right)^2 x dx} + \frac{q \int_0^1 \sin \frac{\pi}{l} x dx}{\rho_0 \int_0^1 (1 + \mu x l^{-1}) \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx}. \quad (12)$$

При  $\mu = 0$ ;  $\varepsilon \neq 0$ , получим решение аналогичной задачи для случая, когда материал балки неоднороден только по модулю упругости:

$$\omega_E^2 = \frac{\int_0^1 \left\{ \left[ (1 + \varepsilon x l^{-1}) \left( -\frac{\pi^2}{l^2} \right) \sin \frac{\pi x}{l} \right]^4 \right\} \sin \frac{\pi}{l} x dx}{m^2 \int_0^1 \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx} + \frac{q \int_0^1 \sin \frac{\pi}{l} x dx}{\rho_0 \int_0^1 \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx}. \quad (13)$$

При  $\mu = 0$ ;  $\varepsilon = 0$ , то тогда получим решение аналогичной задачи для однородной балки:

$$\omega_0^2 = \frac{\left( \frac{\pi}{l} \right)^4 \int_0^1 \sin \frac{\pi}{l} x dx}{m^2 \int_0^1 \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx} + \frac{q \int_0^1 \sin \frac{\pi}{l} x dx}{\rho_0 \int_0^1 \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx},$$

или же

$$\omega_0^2 = \left( \frac{\pi}{l} \right)^4 \frac{E}{\rho_0} + 4 \frac{q_0}{\rho_0}. \quad (14)$$

Из соотношений (9) и (10) получим связь между квадратом вынужденной и собственной частоты в следующем виде:

$$\omega^2 = \omega^2 - \omega_1^2 = \frac{\int_0^1 q(x) \varphi_1(x) dx}{m^2 \int_0^1 \psi(x) \varphi_1^2(x) dx}, \quad (15)$$

при  $q = \text{const}$ , из (15) получим:





$$\omega^2 = \frac{q_0}{\rho_0} = \frac{\int_0^1 \varphi_1(x) dx}{m^2 \int_0^1 \psi(x) \varphi_1^2(x) dx} \quad (16)$$

Для случая когда  $\psi(x) = 1 + \mu x l^{-1}$  и  $\varphi(x) = \sin \frac{\pi}{l} x$  формула (16) принимает следующий вид:

$$\omega^2 = \frac{q_0}{\rho_0} = \frac{\int_0^1 \sin \frac{\pi}{l} x dx}{m^2 \int_0^1 (1 + \mu x l^{-1}) \sin^2 \frac{\pi}{l} x dx} \quad (17)$$

Раскрывая интегралы в конечном итоге получим:

$$\omega^2 = \frac{q_0}{\rho_0} \cdot \frac{4}{4 + \mu} \quad (18)$$

На рис. 1. показан график зависимости  $\omega^2$  от  $\mu$ .

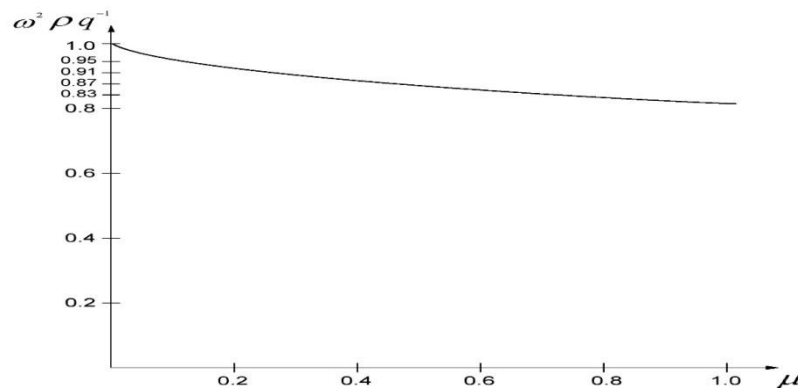


Рис.1

Из графика видно что, при увеличении  $\mu$ ,  $\omega^2$  растёт в данном случае. А из уравнение (18) видно что, при  $q_0 = 0$ ,  $\omega^2 = 0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кравчук А.С., Майбородов В.П., Уржумцев Ю.С., «Механика полимерных и композиционных материалов», М., 1985, 303 стр.
2. Пановко Я.Г. «Введению в теорию механических колебаний», М., 2017, 256 стр.
3. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. «Колебание в инженерном деле». М., 1985, 472 стр.

## APPROXIMATE SOLUTION OF FORCED OSCILLATIONS OF AN INHOMOGENEOUS BEAM UNDER VIBRATION LOAD

<sup>1</sup>B.H.Aliyev, <sup>2</sup>T.S.Suleymanov

<sup>1</sup>West Caspian University

<sup>2</sup>Azerbaijan State Oil and Industry University

E-mail: <sup>2</sup>tahir\_suleymanov@list.ru

#### ABSTRACT

The article takes an approximate solution of the forced vibrations of a non-homogeneous beam under the vibration load. It is well known that in the production of technical plates, due to the technological process and a number of other reasons, the mechanical properties depend largely on the spatial coordinates of the body points. The partial differential equation is compiled for a particular beam with a fixed cross section, then this equation is solved by an approximate method. Finally there is a relationship between forced and natural frequencies.

**Keywords:** Forced vibrations, homogeneous beam, vibration load, elastic modulus, forced frequency, natural frequency, Bubnov-Galerkin method.





## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УСТАНОВКИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НАСОСНЫХ ШТАНГ**

Э.А. Алиев

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Email: [elmancam@gmail.com](mailto:elmancam@gmail.com)

### **АННОТАЦИЯ**

Проведенные конструкторско-технологические исследования и опытно-промышленные испытания оборудования позволили разработать технологический установки для повышение прочности насосных



штанг, применяемых для добычи нефти на глубоких скважинах. Разработанное оборудование позволяет упрочнению насосных штанг путём поверхностной закалки штанг токами высокой частоты (ТВЧ).

**Ключевые слова:** Насосные штанги, ТВЧ, термическая обработка, закалка штанг, закалочное устройство насосных штанг, усталость металла, частота, охлаждение, индуктор, коррозионная -усталостная прочность.

## XÜLASƏ

Aparılan konstruktor- texnoloji tədqiqatları aparılması nəticəsində dərin quyularda neft hasilatı üçün istifadə olunan nasos ştanqlarının səthinin möhkəmliyini artırmaq üçün texnoloji qurğunun layihələndirilməsi və hazırlanmasını tələb edirdi. İllərlə inkişaf etdirilmiş qurgu yüksək tezlikli cərəyan (YTC) ilə dərinlik nasos ştanqlarının səhini sərtləşməyə imkan verir.

**Açar sözlər:** dərinlik ştanqkarı, YTC, termiki emal, ştanqların tablandırılması, nasos ştanqlarının tablandırma qurgusu, metalın yorğunluğu, tezlik, soyutma, induktor, korroziya-yorğunluğun bərikliyi.

## ANNOTATION

Conducted design and technological studies and pilot tests of the equipment made it possible to develop a technological installation to increase the strength of the sucker rods used for oil production in deep wells. The developed equipment allows hardening of sucker rods, surface hardening of rods with high-frequency currents (TVH).

**Keywords.** Pump rods, TVH, heat treatment, hardening rods, quenching installation of sucker rods, metal fatigue, frequency, cooling, inductor, corrosion and fatigue strength.

**Актуальность проблемы.** В настоящее время более 70% нефтяных скважин во всём мире путём промышленных добычи нефти оснащены скважинными штанговыми насосными установками (СШНУ)[1]. Надежность привода и его функциональные возможности, надежность колонн штанг в сложных условиях работы и ее ремонтпригодность, являются определяющимися условиями для обеспечения эффективной работы глубинного штанг насосов. Поэтому работы, направленные на повышение эффективности эксплуатации глубинных штанг насосов являются актуальными[2].

Обеспечение эффективной работы глубинного насоса, улучшения показателей функционального назначения и эксплуатационных характеристик насосных штанг требует разработки, изготовления и внедрения оборудования поверхностной закалки штанг ТВЧ.

На протяжении многих лет проблема повышения прочности насосных штанг, применяемых для добычи нефти на глубоких скважинах, решалась путём выбора новых легированных марок сталей что являлось причиной увеличилась себестоимость штанг [3]. Однако, поиски в этом направлении не могли дать существенного эффекта, из-за повышенной чувствительности легированной стали к поверхностным повреждениям, вызванным коррозией и другими возможными причинами.

**Научная новизна.** Насосные штанги, применяемые при добыче нефти работают в сложных условиях, подвергаясь одновременному воздействию коррозионной среды и переменных внутренних напряжений. Для массового производства насосных штанг применяются стали марок 20Н2М, 30ХМА (с содержанием марганца по нижнему пределу) и 15НЗМА.

Обрывы насосных штанг создают значительные проблемы, что следствие приводит к снижению добычи нефти [3].

Термическая обработка штанг позволяет получить однородную по всей длине штанги мелкозернистую структуру и высокие технические свойства. Однако, термическая обработка (нормализация, улучшение и др.) не устраняет обрывов в насосных штангах во время эксплуатации [4].

Одним из наиболее перспективных методов упрочнения насосных штанг является поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ). Исследования Института Технологии Машиностроения показали, что при поверхностной закалки коррозионно-усталостной прочность насосных штанг повысилась более чем в 2 раза, что значительно повысилась прочность штанг из легированной стали. Но индукционная поверхностная закалка насосных штанг в производственных условиях являться сложной технологической задачей, так как насосная штанга при длине 7.5; 8 и 9.14 метров имеет диаметр 16-25 мм. Поэтому поверхностную закалку следует проводить путём непрерывно-последовательным способом. Промышленное применение насосных штанг из марки стали 40 показало, что при поверхностной закалке с нагревом токами высокой частоты сокращает число обрывов штанг примерно в 4 раза и соответственно уменьшается число ремонтных работ и увеличивается количества добыча нефти из-за сокращения простоев скважин.

Теоретическая и практическая ценность. В результате внедрения поверхностной закалки штанг можно полностью отказаться от легированной стали марки 15X2НМФ; 15X2ГМФ и 14X3ГМЮ. Применение поверхностно закаленных штанг [Рис.1] позволит значительно уменьшить вес колонн за счет снижения диаметра насосных штанг на одну, а иногда на две ступени. Такое уменьшение веса колонны благоприятно влияет на долговечность станков-качалок, значительно уменьшает расход мощности на их привод, а так же позволяет экономить металл.

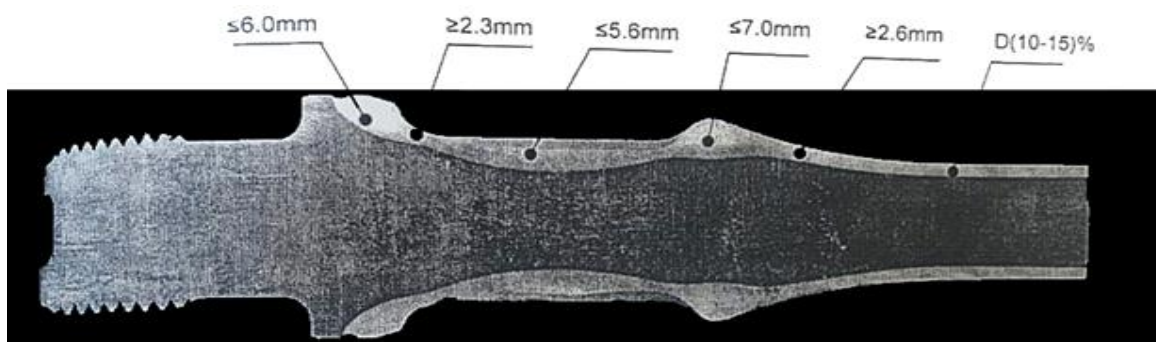


Рис.1. Глубина закалки после травление.



Рис.2. Насосные штанги после закалки.

Для решения этой проблемы, в середине 70-х годов, Институт создал специальный станок для поверхностной закалки насосных штанг с машинным генератором [Рис.3]. Станок, изготовленный экспериментальным заводом при Институте Технологии Машиностроения закалял штанги в соответствии с требованиями ГОСТ-а. Станок был установлен на заводе им. Шмидта в г. Баку, Азербайджан. На станке штанга нагревается и закаливается в горизонтальном расположении. Глубина закаленного слоя зависит от диаметра штанги, 1.8-2.8 мм. и твердость стали HRC 48-52 [Рис.2].

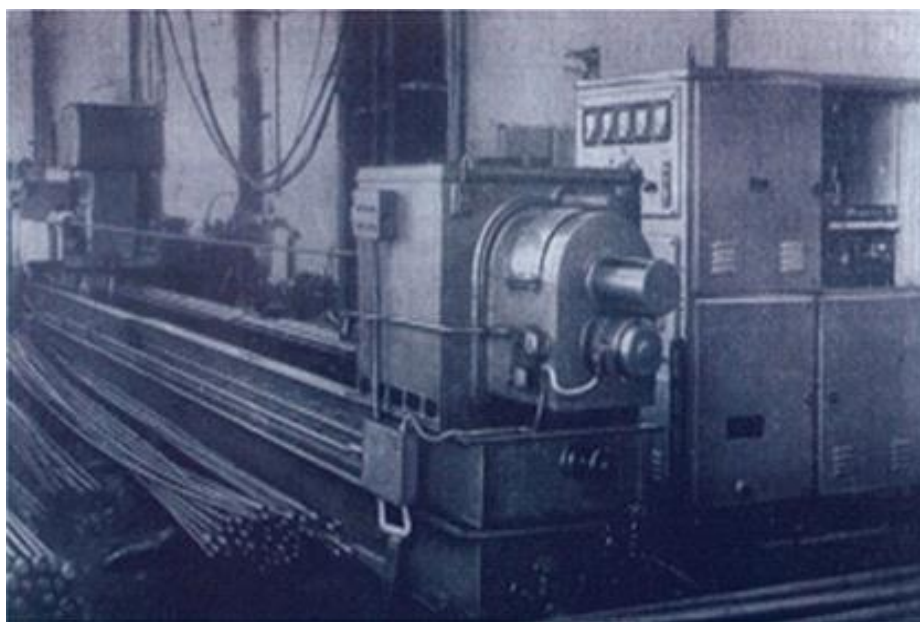


Рис.3. Одно ручейный станок для поверхностной закалки готовых насосных штанг  
 Кроме того, применение таких штанг позволит значительно уменьшить вес колон за счет снижения диаметра насосных штанг на одну, а иногда и на две ступени. Но ранее разработанный одно ручейный станок имел малую производительность и повышенную трудоемкость процесса закалки штанг. Недостатком этой установки являлась невозможность одновременной обработки нескольких штанг, низкая производительность и повышенный ручной-механизированный процесс термообработки.

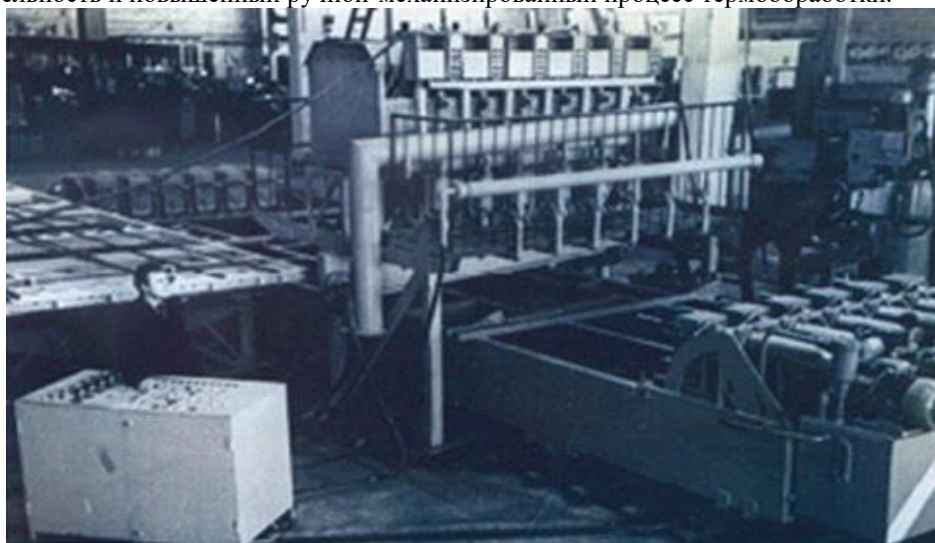


Рис.4. Закалка ручной-механизированной шести ручейной установки готовых насосных штанг  
 Поэтому с целью ликвидации выше указанных недостатков в начале 80-х годов Институтом было разработано новое поколение шести ручейной установки термической обработки готовых штанг. В этой установке был предусмотрен ручной-механизированный процесс многопозиционной термической обработки штанг, увеличение производительности и снижение трудоемкости по сравнению с аналогом [Рис.4]. Установка была изготовлена на экспериментальном заводе при институте Технологии Машиностроения, в соответствии требованиям закалки штанг ГОСТ-а. Установка в дальнейшем была смонтирована на территории Очерского Машиностроительного Завода в России и на заводе им. лейт. Шмидта в г. Баку, Азербайджан.  
 Недостатком этой установки является ненадежная конструкция соединения шпинделей с обрабатываемыми штангами при разгрузке, что приводит к заклиниванию резьбовых ниппельных муфт, увеличению ручного труда и неравномерной закалке, что препятствовало ритмичной работе установки. Обслуживающий персонал вынужден был вручную устранять заклинивание. Кроме того, часто повреждалась резьба на штангах в результате чего уменьшился потребительский спрос.



С целью ликвидации выше указанных недостатков был разработан новый вид установки термической обработки штанг, с неподвижным порталом, на котором закреплены индукторы со спрерами и подвижной платформой [Рис.5]. В этой установке каждый шпindel соединен с резьбовым наконечником, который перемещается вдоль шпинделя посредством пружины и шпонки, установленных на шпинделе.

Установка изготовлена на экспериментальном заводе при Институте Технологии Машиностроения, и штанги соответствовали требованиям ГОСТ-а. Установка была смонтирована на заводе им. лейт. Шмидта в г. Баку, Азербайджан.

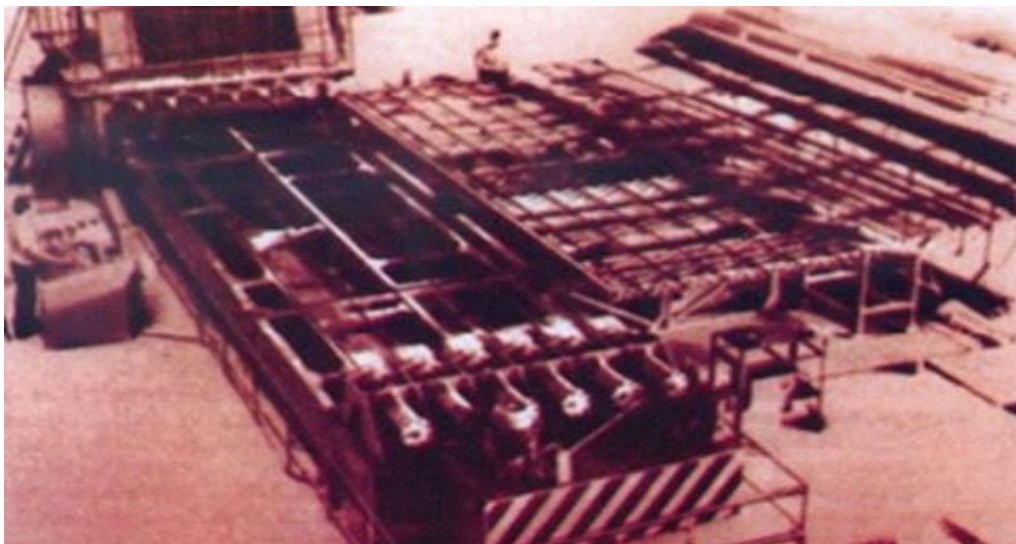


Рис.5. Установка термической обработки насосных штанг, с неподвижным порталом

В начале 90-х годов по заказу Ланчжуского завода общего машиностроения (Китайская Народная Республика) Институт был разработан и изготовлен более современная установка термообработки штанг, которая соответствовала требованиям ГОСТ-а. Установка была изготовлена и принята Заказчиком на экспериментальном заводе при Институте Технологии Машиностроения в г. Баку, Азербайджан. В связи с распадом СССР установка не была полностью доставлена заказчику в КНР. Недостатком этой установки было то, что раскладка штанг производилась отдельно на карете, качество закалки не выполняло требованиям стандарта, каждая операция выполнялась с пультом ручным способом, не устранил недостатки предыдущей установки по заклиниванию. Кроме того, после прохождения готовых штанг процесса термической обработки наблюдались незначительные отклонения геометрических размеров ниппельных резьб, а также внешний вид штанг.



Рис.6. Установка термической обработки заготовок штанг ( без механической обработки)



Рис.7. Установка термической обработки заготовок штанг ( без механической обработки)

Институтом Технологии Машиностроения в 2013 г. Было разработана новое поколение установки, термической обработки заготовок насосных штанг (без механической обработки), которая выполняет не только требования ГОСТ-а, но и одновременно требования API Spec.11B [Рис.6 и 7]. В установке предусмотрены автоматизированный процесс и ручной способ наладки. Заготовки штанг (без резьбы), закрепленные на подвижной платформе, проходят через U-образные индукторы, имеющие вертикальное перемещение на портале. В результате чего происходит одновременная закалка тел и головок шести штанг в непрерывном – последовательном режиме. Вновь разработанная установка по техническим показателям намного превосходит своих предшественников и ликвидирует все выше сказанные недостатки, для повышения качества закалки усовершенствована система охлаждения, а так же по требованию заказчика с целью охлаждения головки штанг, разработали дополнительный спреер, и других устройств и механизмов. Процесс выгрузки также автоматизирован, в результате чего ручной труд доведен до минимума. Данная установка спроектирована и изготовлена Институтом Технологии Машиностроения по заказу компании “Shan Donq Nine-Ring Petroleum Machine Co Ltd” ( КНР) и отправлен в Китай 2016 г. и смонтирован 2017 г в Китае.

Заключение. Данная установка годами усовершенствована и доведена нынешнего уровня. Эта установка пользуется большим спросом среди заводов по производству насосных штанг, она может быть модифицирована по требованию заказчика.

## Литература



1. Н.В. Воронина. Прогноз динамики мировых цен на нефть. № 4 (Апрель) 2006 Российский внешнеэкономический вестник.стр. 27-40
2. British Petroleum Statistical review of world energy 2005
3. C.Y. Wang, J. Shi, W.Q. Cao, H. Dong, Characterization of microstructure obtained by quenching and partitioning process in low alloy martensitic steel. Mater. Sci. Eng. 2010, A 527, p.3442–3449
4. Ming-Qiang Zhao, Chao-Dong Tan, Fu-Qing Yang, Study of sucker rod centralizer optimized design research, 2012, Vol.11, p. 51-53
5. Roselita Fragoudakisa, Stelios Karditsas, Georgios Savaidis, Nikolaos Michailidis. The Effect of Heat and Surface Treatment on the Fatigue Behaviour of 56SiCr7 Spring Steel. Procedia Engineering Vol. 74 (2014), p.309–312
6. D.A. Porter, K.E. Easterling, Phase Transformations in Metals and Alloys (Revised Reprint) 3rd Edition, CRC Press, 2009. p.520
7. Y. Takahama, M.J. Santofimia, M.G. Mecozzi, L. Zhao, J. Sietsma, Phase field simulation of the carbon redistribution during the quenching and partitioning process in a low-carbon steel. Acta Mater. 2012, Vol. 60, p.2916–2926
8. Семенов В.В. Работоспособность штанг насосных во взаимосвязи со структурой материала длинномерного изделия/ В.В. Семенов, В.В. Пепеляев //Нефтепромысловое:дело:НТЖ/В№ШОЭНГ –2008. №12. –37–45с.
9. J.G. Speer, D.V. Edmonds, F.C. Rizzo, D.K. Matlock, Partitioning of carbon from supersaturated plates of ferrite, with application to steel processing and fundamentals of the bainite transformation. Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 2004. vol. 8, p.219–237
10. Su Y-S, Yu S-R, Li S-X, He Y-N. Review of the damage mechanism in wind turbine gearbox bearings under rolling contact fatigue. Front Mech Eng 2017, p.1–8.
11. Семенов В.В. Установление механических характеристик насосных штанг, их сортировка по классам прочности в процессе восстановления простран-ственной геометрии тела штанги/ В.В.Семенов, Н.П. Надымов// Новые материалы и технологии в машиностроении –Междун. науч.-технТюмГНУ: Тюмень, 2000.–124–125с
13. Kang J-H, Hosseinkhani B, Williams CA, Moody MP, Bagot PAJ, Rivera-Díaz-del-Castillo PEJ. Solute redistribution in the nanocrystalline structure formed in bearing steels. Scripta Mater 2013;Vol.69 p.630–633.
14. J.G. Speer, F.C. Rizzo Assunção, D.K. Matlock, D.V. Edmonds, The quenching and partitioning process: background and recent progress. Mater. Res. 2005. Vol. 8, p. 417–423
15. Rui-Xia Zhang, Zeng-Liang Li, Dong Jiang, Study of Sucker Rod Centralizer Disposition of Reciprocal Sucker Rod Pump, Oil Field Equipment, 2008. Vol.37(12), p.28-35

## HISTORY OF THE THERMAL INSTALLATIONPROCESSING SUCKER RODS

E.A.Aliyev  
Azerbaijan State University of Oil and Industry  
Email: elmancam@gmail.com

### ANNOTATION

Conducted design and technological studies and pilot tests of the equipment made it possible to develop a technological installation to increase the strength of the sucker rods used for oil production in deep wells. The developed equipment allows hardening of sucker rods, surface hardening of rods with high-frequency currents (TVH).

**Keywords.** Pump rods, TVH, heat treatment, hardening rods, quenching installation of sucker rods, metal fatigue, frequency, cooling, inductor, corrosion and fatigue strength.



## NEFT-MƏDƏN AVADANLIQLARIN QURULUŞLARINDA NANOTEKNOLOGİYALARIN TƏTBİQİNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİ VƏ İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ

K.B.Rüstəмова

“Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ

Email: konul-ayan@mail.ru

### XÜLASƏ

XX əsrin axırları və XXI əsrin əvvəlləri Azərbaycanın neft təsərrüfatına nanotexnologiyanın intensiv tətbiqi dövrüdür. 2010-2015 və 2016-2020-ci illər üçün hesablanmış “Nanoneft”in iki proqramı neftçıxarmanın inkişafında olduğu kimi, nanoelmin də geniş diapazonda inkişafına stimül vermişdir.

Bu proqramlar sayəsində layın neftvermə əmsalı artmış, duzyığılma və parafinmələgəlmə ilə mübarizə güclənmiş, qazma zamanı keçid həddləri böyüdülmüşdür və s. Hal-hazırda nanotexnologiya “Nanoçıxarma”, “Nanoqazma”, “Nanoneftkimya” və “Ekonanoneft”, “Nanoavadanlıq” kimi istiqamətləri əhatə etmişdir.

Verilən işdə neft sektorunda nanotexnologiyanın müasir vəziyyətinə və həm də neft mədəni avadanlıqlarının hazırlanmasında nanotexnologiyanın istifadəsinin yeni istiqamətlərinin taktiki və strateji addımları nəzərdən keçirilmişdir.

**Açar sözlər:** nanotexnologiya, neft mədəni avadanlığı, neftvermə əmsalı, xidmət müddəti, kipləndirici manjetlər, ştuserlər.

### АННОТАЦИЯ

Конец XX начало XXI веков является периодом интенсивного внедрения нанотехнологий в нефтяной промышленности Азербайджана. Две программы «Нанонефть», рассчитанные на 2010-2015 и 2016-2020 годы дали большой стимул в развитии как в деле развития нефтедобычи, так и нанонауки в широком диапазоне.

Благодаря этим программам увеличена коэффициента нефтеотдачи пласта, усилилось борьба со солеотложением и парафин образованием, выросла величина проходки при бурении и др. Настоящее время нанотехнология охватывал такие направления как «Нанодобыча», «Нанобурение», «Нанонефтехимия» и «Эконанонефть» и «Нанооборудования».

В данной работе рассматривается современное состояния нанотехнологий в нефтяном секторе, а также тактические и стратегические шаги развития нового направлений применения нанотехнологии; при изготовлении деталей нефтепромыслового оборудования.

**Ключевые слова:** нанотехнология, нефтепромысловое оборудование

### ANNOTATION

The end of the XX century and the beginning of the XXI centuries is a period of intensive introduction of nanotechnologies in the oil industry of Azerbaijan. Two Nanooil programs designed for 2010-2015 and 2016-2020 gave a great incentive to develop both in the development of oil production and in nanoscience in a wide range.

Thanks to these programs, the oil recovery coefficient was increased, the fight against scaling and paraffin formation intensified, the penetration rate during drilling increased, etc. Currently, nanotechnology covered such areas as “Nanooilproduction”, “Nanodrilling”, “Nanochemistry” and “Nanoequipment” and “Nanoequipment”.

This paper discusses the current state of nanotechnology in the oil sector, as well as tactical and strategic steps for the development of a new area of nanotechnology application; in the manufacture of parts for oilfield equipment.

**Keywords:** nanotechnology, oilfield equipment, oil recovery coefficient, service life, sealing cuffs, fittings.

**Mövzunun aktuallığı.** Hal-hazırda SOCAR-ın balansında 6,5 mindən çox neft quyuları istismar olunur ki, onlardan üçdə ikisi ya aşağı debitli, ya da güclü sulaşmış quyulardır [1,2]. Neft çıxarmanın səviyyəsinin artırılması üçün yeni innovasiya texnologiyalarının işlənməsi, həmçinin, istehsal xərclərinin azaldılması Azərbaycan Respublikasının bu sənaye sahəsi qarşısında duran aktual məsələlərdən biridir.

Qoyulmuş məsələnin həllinin əsas yollarından biri neftin çıxarılmasında, neft yataqlarının kəşfiyyatı və istismarında, məhsulun nəqlində və saxlanılmasında, emalında və s.-də nanotexnologiyalardan istifadə edilməsidir.

Hal-hazırda nanotexnologiyalar (NT) avtomobil sənayesində, səhiyyədə, enerji sektorunda, kosmik və hərbi işlərdə, həmçinin, tikintidə, kosmetologiyada və digər sahələrdə müvəffəqiyyətlə işlədilir.

Baxmayaraq ki, nanotexnologiyalardan istifadənin Azərbaycanın sənayesinin neft sektorunda elə böyük keçmişə yoxdur, o bu sahədə işlədilən innovasiya texnologiyalarının əsasını təşkil edir [3, 4, 5].

İşin məqsədi neft-mədən avadanlığının hissələrinin hazırlanmasında nanotexnologiyadan istifadənin taktiki və strateji istiqamətlərinin işlənilməsidir.

Problemin müasir vəziyyəti. Dünyada, həmçinin, Azərbaycanda XXI əsrin başlanması ilə NT-lərdən sənayedə müvəffəqiyyətlə istifadə edilməyə başlanmışdır. Xüsusən də, Azərbaycanda 2010-2015 və 2016-2020-ci illər üçün qəbul edilmiş “Nanoneft”-in proqramları elmin bu istiqamətinin inkişafına böyük stimül vermişdir.

İlkin olaraq NT “Nanoçıxarma”, “Nanoqazma”, “Nanoneftkimya” və “Ekonanoneft” istiqamətlərini əhatə etmişdir. Bu proqramlar sayəsində layın neftvermə əmsalını 0,60-dan 0,62 –yə qaldırmaq mümkün olmuşdur. Bundan əlavə, müxtəlif nanosistemlərin istifadəsi ilə aşağı debitli və yüksək sulaşmış quyularda neftin çıxarılma səviyyəsini 2,0-2,5 dəfə artırmaq mümkün olmuşdur. NT-lərin istifadəsi ilə duz yaranması və qum tıxacları ilə, həm də parafin və müxtəlif qatran çöküntüləri ilə mübarizədə yaxşı nəticələr əldə olunmuşdur [5]. Müəyyən olunmuşdur ki [7], nanoməhlulların istifadəsi ilə quyuyətrafi zonasının keçiriciliyi yaxşılaşır ki, bu da neft vermə əmsalını yüksəldir.

Qazma prosesində nanoməhlulların istifadəsi ilə keçidin böyüdülməsinə nail olunmuşdur, belə ki, nanosistemin istifadəsi “gil örtüyü –qazma aləti” kontaktında sürtünmə əmsalının kəskin düşməsinə gətirir. Bununla paralel olaraq, sinenergetik effekt də müəyyən olunmuşdur, bu baltaların korroziya dayanıqlığını, yeyilməyə davamlılığını artırır [8].

Bu Azərbaycanda nano texnologiya sferasında yeni istiqamətin yaranmasına təkan vermişdir və 2015-ci ildən başlayaraq “Nanoavadanlıq” NT-nin əsas hissəsi olmuşdur, bundan məqsəd neft mədən avadanlığının ayrı-ayrı hissə və detallarının işqabiliyyətinin artırılmasıdır.

Hal-hazırda, “SOCAR”-ın “Nanotexnologiya” departamentinin və Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin birlikdə söyləri ilə, neft mədən avadanlığının hissə və detallarının nanotexnologiyaların istifadəsi ilə hazırlanması yolunda, innovasiya layihələrinin tətbiq olunmasının taktiki və strateji istiqamətlərinin tətbiqinin işlənilməsi kontekstində tədqiqatlar aparılır.

Neftmədən avadanlığında nanotexnologiyaların istifadəsinin taktiki məsələləri. Müasir neftqazmədən avadanlığı (NQMA) iri hədd ölçülərinə, metal tutumuna və çoxfunksiyalılıqına görə spesifik xüsusiyyətləri ilə fərqlənirlər. Bu xüsusiyyətlərindən asılı olaraq onlar bir neçə qrupa bölünürlər: quyuların qazılması və istismarı üçün avadanlıq; quyuların bərpası və təmiri, həmçinin geoloji və geofiziki işlərin aparılması üçün avadanlıq; karbohidrogen xammalının emalı və nəqli üçün avadanlıq.

Məlumdur ki, neft mədənlərində avadanlıq və qurğular ağır şəraitlərdə, dəyişən dinamik təsirlərə, müxtəlif xarakterli intensiv yeyilmələrə və korroziyaya məruz qalaraq istismar olunurlar. Bu səbəblər onların ehtiyatlarının kəskin düşməsinə və avadanlığın təmir-bərpa işlərinin sayının artmasına, həmçinin məhsuldarlığın artımının ləngiməsinə və çıxarılan məhsulun maya dəyərinin aşağı düşməsinə yol açır.

NQMA detallarının və sürtünən cütlərinin funksional və konstruktiv xüsusiyyətlərinin analizi, həmçinin onların imtinasının əsas baş vermə səbəbləri göstərmişdir ki, onlar aşağıdakı alt qruplara bölünürlər: sürtünmə düyünlərində, kipləndirmələrdə istifadə olunan, həm də müxtəlif korroziya proseslərinin güclü intensiv təsirinə məruz qalanlar.

Taktiki planda yuxarıdakılara, Azərbaycanın NQÇİ-lərin mədən statistikasının analizinin nəticələrinə əsasən, hazırlanmasında nanotexnologiyaların istifadəsi məqsədəuyğun sayılan birinci dərəcəli avadanlığın və onların detallarının siyahısı tərtib olunmuşdur.

Cədvəl 1-də seçilmiş NQMA-nın bəzilərinin detal və düyünlərin imtinasında həcmi payı verilmişdir  
Hazırlanmasında nanotexnologiyaların istifadəsi məqsədəuyğun sayılan birinci dərəcəli avadanlığın və onların detallarının siyahısı

Cədvəl 1

NQMA-nın adı	İmtina	
	Xarakter	Həcmi pay, %
Quyuyətrafi dərinlik nasos qurğusu	Ştanqın qırılması	23-25
	Plunjer-silindr cütlüyünün yeyilməsi	25-28
	Klapanların tutulması	18-20
	Nasosun tutulması	12-14
	Quyuyağzi avadanlıq	11-13
	Digərləri	8-10
Elektrik yüklənmə nasosu	Mexaiki problemlər	28-32
	Kabelin qırılması	26-30



Neftmədən nasoslari	Hidromüdafidə nöqsan	17-24
	Flans birləşmələrinin dağılması	8-10
	Digərləri	2-4
	Plunjer cütliyünün yeyilməsi	30-35
	Klapanların yeyilməsi	32-34
	Hidravlik hissədə hermetikliyin pozulması	18-20
	Kreyskopf	4-6
	Digərləri	5-8

NQMA-nın seçilmiş hissə və düyülərinin imtinasının əsas səbəblərinin nəticələrinin analizi taktiki planda, hazırlanmasında nanotexnologiyadan istifadə edilməsi mümkün olan detalların siyahısını konkretləşdirməyə imkan vermişdir: ştanqlı mufta, quyu ştanqlı nasoslarda plunjer və silindrləri, flans düyülərinin sancaq birləşmələri, elektrik yüklənmə nasoslardakı işçi çarxları, neftmədən nasoslardakı və kompressorlardakı kirkəc və halqaları, müxtəlif mədəndaxili və magistral boru kəmərlərinin anti korroziya müdafiəsi üçün işlədilmiş örtüklər. İlk olaraq NQMA-nın hazırlanmasında nanotexnologiyadan elektrik mərkəzdənqəçmə dalma nasoslardakı (EMDN) flanslarının sancaq birləşmələrinin və işçi pillənin detallarının (dayaq halqaları) hazırlanmasında istifadə edilmişdir. Mədən müşahidələrinin nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir.

## Mədən müşahidələrinin nəticələri

Cədvəl 2

Detalların adları	EMDN-nin istismar şəraitindən asılı olaraq xidmət müddəti, gün	
	Adi	Nanolaşdırılmış
Sancaq birləşməsi	70-150	120-380
İşçi çarxın dayaq halqası	28-36	42-70

Cədv.2-də verilmiş qiymətlərin analizindən görüldüyü kimi, nanotexnologiyadan istifadə əsasında hazırlanan eksperiment detallarının xidmət müddəti orta hesabla 1,75-2,50 artmışdır. Həm də müəyyən olunmuşdur ki, nanoörtüklərin və dayaq halqalarının hazırlanması üçün epoksi qatranı və butadien stirool əsaslı kompozisiya materialının (floroplast + qrafit + mis) istifadəsi ilə seksiya birləşmələrinin qırılması aradan qaldırılmışdır və 2017-2019-cu illərdə nasoslarda seksiyaların uçması səbəbindən qəza situasiyaları müşahidə olunmamışdır. Elektrik dalma nasoslardakı müasir konstruksiyalarında 30-a yaxın sayda müxtəlif rezin markalarından hazırlanmış müxtəlif kipləndirici halqalardan, manjetlərdən və digər detallardan istifadə edilir ki, bunlar heç də həmişə istismar tələblərinə cavab vermirlər.

Məlumdur ki [9, 10], neftmədən nasoslardakı hidravlik hissəsinin imtinasının əsas səbəbləri arasında 90 %-ə yaxın detalların yeyilməsi tutur. Həm də onların yeyilməsi müxtəlif xarakterli olması ilə hidroabraziv, eroziya, zərbə-abraziv yeyilmə, quyudibi zonanın duz-turşu işlənilməsi zamanı eroziya-korroziya yeyilməsi fərqlənir. Bu zaman nasoslarda hidravlik hissəsinin və plunjer cütliyünün detalları dominant xarakter daşıyırlar. Müəyyən olunmuşdur ki, bu detalların hazırlanmasında işlədilmiş materiallar, qoyulan tələblərə həmişə cavab vermirlər. Bu detallar nanotexnologiyaya istifadəsi üçün nəzərdə tutulmuş birinci dərəcəli detallar siyahısına salınmışlar. Cədvəl 3-də müxtəlif mühitlərdə istismar olunan neftmədən nasoslarda plunjer və kipləndirici manjetlərinin xidmət müddətinin müqayisəli göstəriciləri verilmişdir.

## Neftmədən nasoslarda plunjerinin xidmət müddətinin müqayisəli göstəriciləri

Cədvəl 3

Sınaq mühiti	İşlənilmə texnologiyası	Xidmət müddəti, saat	
		Plunjerin	Kipləndiricinin
Dəniz suyu	Adi	260	45
	Nanolaşdırılmış	385	71
Quyudibi zonanın işlənilməsi üçün məhlul	Adi	185	32
	Nanolaşdırılmış	245	51

Göründüyü kimi, NT istifadəsi ilə plunjerlərin xidmət müddəti 25-40 %, kipləndiricinin xidmət müddəti isə 1,58 dəfə artmışdır.

Qazmotor kompressorların konstruksiyalarında istifadə edilən porşen halqalarının və kirkəcələrinin nanolaşdırılması zamanı analogi nəticələr alınmışdır ki [11, 12], bu onların xidmət müddətinin 2,0-2,5 dəfə artırılmasına imkan vermişdir.

Hal-hazırda SOCAR-ın balansında olan quyuların 45 %-ə yaxını fontan rejimində işləyir və neftin 90 %-i və qazın 97 %-i dəniz yataqlarında çıxarılır. Bu quyularda optimal rejimi saxlamaq, həm də maye (qaz) sərfini tənzimləmək üçün ştuserlərdən istifadə olunur. onlar əsasən keramik materiallardan hazırlanırlar və yüksək olmayan xidmət müddətləri ilə fərqlənirlər.

“Neft daşları” və “28 may” NQÇİ-də uyğun olaraq 24 və 33-cü quyularda ştuserlərin imtinasının analizi göstərmişdir ki, 80 % ştuserlərin orta dəyişdirilmə tezliyi ayda 3-4 dəfə, digər quyularda isə 4-6 dəfə təşkil edir. Həmçinin, müəyyən olunmuşdur ki, ştuserlərin dəyişilməsinə sərf olunan vaxt, onların texnoloji hazırlanmasına sərf olunan vaxtdan 5-9 dəfə çoxdur.

Ştuserlərin xidmət müddətinin artırılması məqsədilə bizim tərəfimizdən onların alınması nanotexnologiyası təklif olunmuşdur, burada doldurucu kimi 60-80 nm ölçülü nanomisdən istifadə olunmuşdur. Nanostrukturlu ştuserlər hazırlanaraq müxtəlif NQÇİ-lərin quyularında quraşdırılmışdır, bəzilərinin nəticələri cədv.5-də verilmişdir.

Cədv.5-də verilmiş ştuserlərin xidmət müddətlərinin müqayisəli nəticələri göstərir ki, nanolaşdırılmış ştuserlərin ehtiyatları, adi texnologiya ilə hazırlanmış ştuserlərin ehtiyatından əhəmiyyətli dərəcədə yüksəkdir.

Ştuserlərin xidmət müddətinin müqayisəli göstəriciləri

Cədvəl 5

NQÇİ-nin adı	Quyu № -si çıxarma metodu	Ştuserin diametri, mm	Xidmət müddəti, sutka	
			adı	Nanolaşdırılmış
Neft daşları	2296, qazlift	9	4	44
	2022, fontan	6	12	20
Bibiheybətneft	3147, QŞN	5	30	105
	3653, QŞN	5	25	101
Abşeronneft	10, EMDN	3	15	84
	739, fontan	3	43	84
	740, erlift	3	29	84
28 may adına	145, fontan	9	20	127
	147, fontan	7	20	127
	304, fontan	16	10	33
H.Z.Tağıyev adına	1363, erlift	15	3	3
	1278, erlift	13	5	65

Neft sektorunda nanotexnologiyanın inkişafının strateji istiqamətləri. Neft sənayesinin qarşısında duran bu məsələlərin həlli aşağıdakı kimi formalaşdırıla bilər:

- qazma işlərinin effektivliyini artırma biləcəkdir nanomaterial və nanosistemlərin onların öz əsaslarında yaradılması;
- bu sahədə nanoelmin nəticələrinin mövcud ekoloji problemlərin aradan qaldırılması və yenilərinə yol verilməməsi üçün hər yerdə tətbiqi;
- quyularda sulaşma və qum yaradan səbəblərin aşağı salınması və tamamilə ləğv edilməsi, həmçinin borularda və nəqliyyat sistemlərində duz yığılması və digər neqativ halların aradan qaldırılması;
- neftin çətin çıxarıldığı və bituminoz qumlu laylarda neftvermə əmsalının yüksəldilməsi;
- nanotexnologiyanın və nanomaterialların istifadəsi ilə yüksək etibarlılığı və istismar parametrləri ilə fərqlənən neftmədən avadanlığının və texniki tərtibatların yaradılması;
- yuxarıda göstərilənlərin həyata keçirilməsi üçün yüksək kvalifikasiyalı kadrların hazırlanması.

Göründüyü kimi, yuxarıda göstərilən məsələnin həlli üçün təkneft sektorunun deyil, həm də yüksək texnologiyalarla, təhsil, elmlər akademiyası, müdafiə, fəvqəladə hallar, maşınqayırma, metallurgiya, kimya və s. kimi müxtəlif nazirlik və təşkilatların kompleks yanaşması tələb olunur.

Nəticələr. Beləliklə, ölkədə nanosənayenin inkişafına və onun xalqlararası mərkəzlərə inteqrasiyasına cavab verən nanoelm və nanotexnologiya vahid respublika koordinasiya mərkəzi yaradılmalıdır. Belə mərkəzlər artıq ABŞ-da, Yaponiyada, Aİ-də və SNQ-nin bir sıra ölkələrində mövcuddur və müvəffəqiyyətli funksiyalarını davam etdirirlər.

Belə mərkəzin birinci dərəcəli məsələlərinə, dövlət tərəfindən finans yardımı ilə müasir elmi-tədqiqat və super müasir avadanlıq və cihazlarla təchiz olunmuş təcürbə laboratoriyalarının yaradılması, bakalavrlar, həmçinin magistr və aspirantlar üçün təqaüdlərin təyini, elmi stajkeçmələrin təşkili, məqsədli qrantların ayrılmasıdır. Bundan əlavə, mərkəz sahə elmi-tədqiqat institutlarını, ali məktəb fakültə və şöbələrini “Nanomaterial” və “Nanotexnologiya” profili yönümündə aktivləşdirməlidir.

Müasir dövrdə Azərbaycanda elm və praktikanın bu sahəsini inkişaf etdirəcək kifayət qədər yüksək kvalifikasiyalı kadrlar vardır. Lakin, qeyd etmək lazımdır ki, aparılan tədqiqatların dağınıqlığı, onların nəticələrinin müzakirəsi





NT sahəsində informasiya təminatını aşağı səviyyəyə salır. Elmi-tədqiqat və təcrübi-konstruktor işlərinin lazımı səviyyədə finansişdırılmaması çox vaxt bu işlərin sona çatdırılmasına imkan vermir.

### Ədəbiyyat

1. Əliyev N.A. Azərbaycan neft-qaz kompleksinin perspektiv inkişafının idarə edilməsi problemləri: İqtisad elm. dok. ... dis. Bakı, 2008, 306s.
2. Yusifzadə X.B. Azərbaycan neft-qaz çıxarmanın inkişaf perspektivləri / Xəzərneftqazyataq-2000” IV Beynəlxalq elmi-praktiki konfransın məruzələrinin tezisləri. Bakı: AzETETŞŞ-nin NPK, 2000, s.3-5.
3. Юсифзаде Х.Б., Шахбазов Э.К., 2011. Разработка и внедрение нанотехнологий в нефтегазодобыче. Bakı: İTRİ SOCAR-ın Mərkəzləşdirilmiş mətbəəsi, 110 s.
4. Шахбазов Э.К. Нанотехнология в нефтяной промышленности. Bakı: İTRİ SOCAR Mərkəzləşdirilmiş mətbəəsi. 2012. 231с.
5. Юсифзаде Х.Б. Шахбазов Э.Г. Особенности развития нанотехнологий в нефтяной и газовой промышленности Азербайджана. Материалы 2-ой МК «Наноявление при разработке месторождений углеводородного сырья: от наноминералогии и нанохимии к нанотехнологиям». Москва 21-22 октябрь 2010 С.69-75.
6. Şamilov V.M., Naciyeв E.G., Atayev M.K., Вағиров A.C. Təft mədən kollektorlarında duz çökməsinə qarşı nanosistemlərlə təsirin nəticələri. ANT, №11, S.23-27.
7. Шахбазов Э.К., Дышин О. А., Алиев Г. Научные основы системы "НАНОПАВ" для бурения и добычи нефти и газа – 2011.
8. Шахбазов Э.К., Кязымов Э.А. Нанотехнологии для управления свойствами триботехники бурения скважин нефти и газа. АНХ. 2010 №8.
9. Бабаев С.Г., Габиров И.А., Меликов Р.Х. Основы теории надежности нефтепромыслового оборудования.
10. Бабаев С.Г., Кершенбаум В.Я., Габиров И.А.
11. Мустафаев С.М., Маммедов А.Н. Разработка и применения композиции на основе фторопласта для уплотнительных колец. Азербайджанское нефтяное хозяйство. 1999, №7, С.49-51.
12. Мустафаев С.М., Кахраманов Х.Т., Новожилова Е.А. О перспективах применения графитофторопластовых материалов в нефтяном оборудовании. Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2001, №110, С.51-53.

### THE CURRENT STATE OF APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN THE DESIGNS OF OIL-PRODUCING EQUIPMENT AND WAYS OF DEVELOPMENT

K.B. Rustamova

Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry"

Email: konul-ayan@mail.ru

### ANNOTATION

The end of the XX century and the beginning of the XXI centuries is a period of intensive introduction of nanotechnologies in the oil industry of Azerbaijan. Two Nanooil programs designed for 2010-2015 and 2016-2020 gave a great incentive to develop both in the development of oil production and in nanoscience in a wide range.

Thanks to these programs, the oil recovery coefficient was increased, the fight against scaling and paraffin formation intensified, the penetration rate during drilling increased, etc. Currently, nanotechnology covered such areas as "Nanooilproduction", "Nanodrilling", "Nanochemistry" and "Nanoeology" and "Nanoequipmen".

This paper discusses the current state of nanotechnology in the oil sector, as well as tactical and strategic steps for the development of a new area of nanotechnology application; in the manufacture of parts for oilfield equipment.

**Keywords:** nanotechnology, oilfield equipment, oil recovery coefficient, service life, sealing cuffs, fittings.

### METAL MATRIX HYBRID LAMINATED COMPOSITE MATERIALS

<sup>1</sup>N.A.Gurbanov., <sup>2</sup>M.B.Babanli and <sup>3</sup>Y.A.Turen

<sup>1,2</sup>Azerbaijan State Oil and Industry University

<sup>3</sup>Department of Metallurgy and Materials Science, Karabuk University.



E-mail: nurlan.gurbanov@asoiu.edu.az

## АННОТАЦИЯ

В 21-ом веке, с быстрым развитием науки и техники, спрос на материалы с новыми и превосходными свойствами растет день от дня. Эти потребности были движущей силой развития композитных материалов. В последние годы производство гибридных слоистых композиционных материалов с металлической матрицей и их использование в различных отраслях промышленности значительно возросло. В данной статье рассматриваются свойства и применение гибридные слоистые композиционных материалов с металлической матрицей.

**Ключевые слова:** гибридный слоистый композит, матрица, волокно.

## XÜLASƏ

Elm və texnikanın sürətlə inkişaf etdiyi 21-ci əsirdə yeni və üstün xassələrə sahib materiallara olan ehtiyaclar gündən-günə artmaqdadır. Bu ehtiyaclar kompozit materialların inkişafı üçün hərəkətverici qüvvə olmuşdur. Son illərdə metal matrisli hibrid laylı kompozit materialların istehsalı və onların müxtəlif sənaye sahələrində istifadəsi çox artmışdır. Bu məqalədə metal matrisli hibrid laylı kompozit materialların xüsusiyyətləri və istifadə sahələri araşdırılır.

**Açar sözlər:** hibrid laylı kompozit, matris, fiber.

## ABSTRACT

In the present day, where science and technology is rapidly advancing, the need for new and superior materials is emerging day by day. These needs have been the driving force for the development of composite materials. In recent years, the production of metal matrix hybrid laminated composite materials and their use in industrial applications have increased greatly. In this article, properties and usage areas of metal matrix hybrid laminated composite materials are investigated.

**Keywords:** hybrid laminated composite, matrix, fiber.

**Composite materials:** They are materials created by combining two or more, of the same or different types of materials, in a single material, or at a macro level to combine a new feature. The components that make up the composite material generally retain their properties. Historically, composite materials were used thousands of years ago as straw-reinforced mudbrick blocks in the construction of houses. Nowadays, they are specially produced and used when the materials are inadequate or whose properties need to be changed [1]. With the presence of glass fiber in the 1930s in the USA, modern composite materials started to be produced and took its place in the world market. Composite materials generally consist of low strength matrix main phase and reinforcement phase dispersed in this phase. Glass, ceramic, plastic and metals are generally used as reinforcements and main materials. Figure 1 shows the internal structure of composite materials [2].

When the internal structures of composite materials are examined, the components that make up the material can be distinguished. Although composite materials show homogeneous properties at the macro level, they have a heterogeneous structure on a micro scale. Composite materials differ from microscopically homogeneous alloys with these properties [1-2-3].

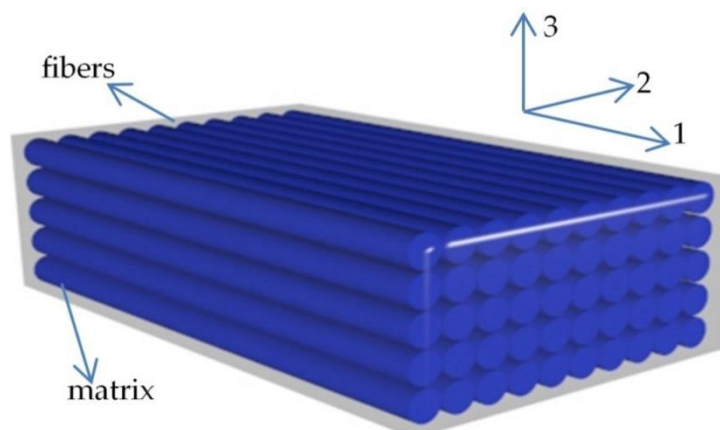


Figure 1. Schematic view of composite materials [2].

Composite materials can be classified in two ways [1-2]:

- By type of matrix material:
  - Metallic matrix composites, polymer matrix composites and ceramic matrix composites.
- According to the shapes of the building components:
  - Particle (particle) reinforced composites, fiber reinforced composites, layered (laminated) composites and mixed (hybrid) composites.

### Formulation of the task

In this study, the superior properties and usage areas of metal matrix hybrid laminated composite materials were investigated. Fiber metal laminated composite materials are hybrid composite materials that are produced by combining thin metal sheets and fiber reinforced polymeric materials. By combining the superior properties of metals and fiber-reinforced polymeric materials, this material group has easily managed to take its place in many sectors such as the aviation, defense and space industry. Initially, production works that started only with the combination of glass fiber and aramid fiber reinforced prepreg of aluminum metal sheets still remain an area that is open to development by trying other alternative metal alloys and alternative reinforcing elements to aluminum. Figure 2 shows schematically existing commercial products and composite material groups on which academic studies are carried out [3-4].

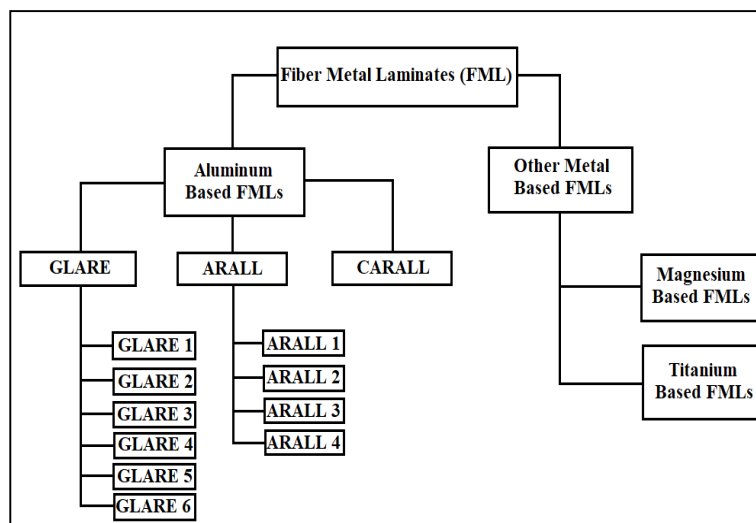


Figure 2. Classification of fiber metal laminated composites according to the metal alloy used [3-4-5]. Advantages and disadvantages of fiber metal laminated composites can be listed as follows [6-7]:

#### Advantages:

- High fatigue strength
- High strength
- High fracture toughness
- High impact resistance
- High energy absorption capacity

#### Low density

- High moisture resistance
- High corrosion resistance
- High fire resistance

#### Disadvantages:

- High production cost
- Dimensional restrictions.

Method of solution. In parallel with the developments in material science, scientific studies to improve the properties of fiber metal laminated composites and their behavior in service conditions continue at full speed. There is not much publication about nanoparticle reinforced laminated composites when literature review related to this subject is made.

Farsani et al. [8] experimentally investigated the buckling behavior of shape memory alloy (SMA) reinforced fiber metal laminates (FML) in their study. As a result of tests performed on UAV reinforced FML samples with three

different pre-strain levels (1%, 2 and 3) and different number of buried wires (2, 4 and 6 wires), a 53% increase in buckling load was reported for 2 shape memory wire reinforced FML samples.

Wang et al. [9] observed a 4.4% increase in the compressive strength of the Ni-Ti addition and a 4.5% increase in the vibration damping factor in their study with Ni-Ti shape memory wire reinforcement between aluminum and titanium plates.

Aşkın ve Türen [4] examined the effect of 1% GNP addition to epoxy resin on the mechanical properties of carbon fiber reinforced fiber metal laminated composites in their study. As a result of the tests carried out, they found that there was an increase of 9% in tensile strength, 24% in shear strength between layers and 50% in permanent compression stress.

Eskizeybek et al. [10] managed to achieve a 100% improvement in the inter-layer fracture toughness value by spraying the carbon nanotube on the carbon fibers used to form laminates before the fibers are impregnated with an epoxy resin. Here, it was determined that the high fracture toughness value was due to the superior surface adhesion obtained by spray coating.

In the light of all this information, the idea of producing composite materials in different combinations by reinforcing GNP, Nano-clay and SiO<sub>2</sub> nanoparticles to epoxy resin was born. The metal plate parts of the fiber metal laminated composites that I will produce within the scope of my doctoral thesis will consist of 7075 quality aluminum T6 alloys. The nanoparticle reinforced polymeric layer between the metals will be reinforced with non-directional carbon fiber. The properties of the resulting product combinations will be compared with each other and with the materials used commercially. In Figure 3, the regions where composite materials are used in the body of a passenger plane are shown symbolically [11].

FMLs are used extensively as structural elements in many parts of today's aircraft. Many properties such as prolonging fatigue life, decreasing crack propagation rate, increasing specific strength have made them preferred for the use of these materials. It is aimed to produce smart FMLs by making use of the vibration damping capabilities of 7075 Al-T6 alloys that will be used within the scope of my doctoral thesis and to make these composites usable especially in the wings and wing-body combination elements, which are the areas that are most exposed to vibration. In addition to this, it is important to produce stronger and longer lasting structural composite parts with the improvements in the mechanical properties of FML, thanks to the properties of the nano particles to be added to the epoxy resin, as a result of the improvements in the mechanical properties of FML and making these parts usable in the related industries. as a purpose, this thesis has shed light on [12-13-14-15].

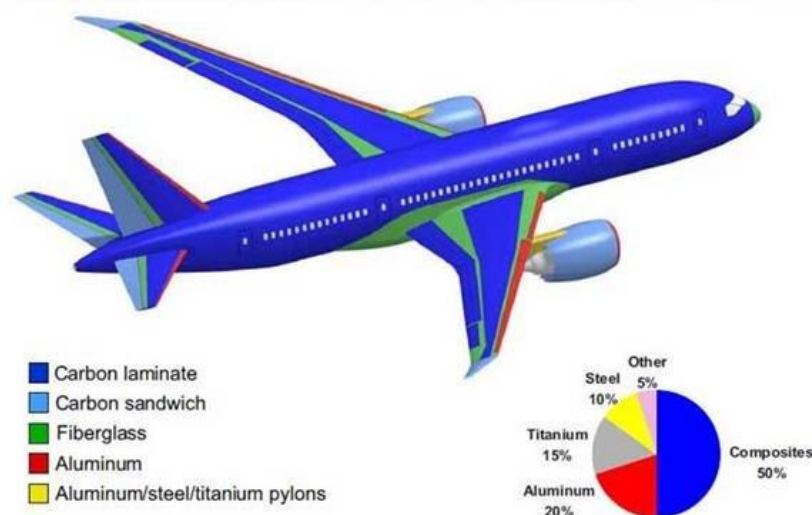


Figure 3. Symbolic representation of the use of composite material in the Boeing 787 airliner fuselage [11].

Economical and technologically produced planes, spacecraft, cars etc. in the developing world. Reducing their weight is also one of the main targets of reducing fuel consumption and exhaust emissions. Increasing the useful weight, speed and range, especially in the aviation industry, are very serious needs as well as working subjects that are tried to be achieved in positive developments. The targeted total performance increase in vehicles that are the outputs of the aerospace and automotive sector, in turn, raises the need to produce more durable, long-lasting and safe vehicles.



With the emergence of advanced materials to be evaluated in the defense, aerospace and automotive industries, material science has also begun to turn into a multidisciplinary, process-oriented field that can meet these needs. In this context, advanced material fields, which will create important attraction areas in the coming years such as polymeric and composite materials, smart and functional materials, nanotechnology products, have become important opportunity areas for our country.

## CONCLUSIONS

Although there are studies on the final product related to fiber metal laminated composites in our country, studies on laminated composites with nanoparticle added are quite insufficient. For this reason, the thesis position has been determined as a unique scientific research area. It is clear that these composites, which will be produced and developed as a result of devoted academic research and study, will make serious contributions both to our scientific studies and to the interests of the country.

## REFERENCES

1. Staab, G.H. (1999). *Laminar Composites*. Heinemann: Butterworth- Heinemann
2. Benedict AV2012 An Experimental Investigation of GLARE and Restructured Fiber Metal Laminates
3. Kashfi M, Majzoobi G. H, Bonora N, Iannitti G, Ruggiero A and Khademi E 2019 A new overall nonlinear damage model for fiber metal laminates based on continuum damage mechanics *Engineering Fracture Mechanics* 206 21–33
4. Askin, M. Y., & Turen, Y. (2019). The effect of GNP addition on mechanical and residual stress properties of 2024-T3 aluminum and carbon fiber reinforced FML. *Materials Research Express*. doi:10.1088/2053-1591/ab575b
5. Alderliesten RC, Benedictus R. Fiber/metal composite technology for future primary aircraft structures. In: 48th Aiaa/Asme/Asce/Ahs/Asc structures, structural dynamics, and materials conference 15th; April 23–26, 2007; Honolulu, Hawaii; 2007. p. 1–12.
6. Vlot A. Impact loading on fibre metal laminates. *Int J Impact Eng* 1996;18(3):291–307.
7. Beumler T, Pellenkoff F, Tillich A, Wohlers W, Smart C. Airbus costumer benefit from fiber metal laminates. Airbus Deutschland GmbH; 2006 May, Ref. no: L53pr0605135-Issue 1. p. 1–18.
8. Eslami-Farsani, R., Mohaseb Karimlou, M. R., Saeedi, A., & Zamani, A. (2019). Effect of Shape Memory Alloy Wires on the Buckling Behavior of Fiber Metal Laminates. *Fibers and Polymers*, 20(8), 1690–1695. doi:10.1007/s12221-019-1093-0
9. Wang, E., Guo, C., Zhou, P., Lin, C., Han, X., & Jiang, F. (2016). Fabrication, mechanical properties and damping capacity of shape memory alloy NiTi fiber-reinforced metal–intermetallic–laminated (SMAFR-MIL) composite. *Materials & Design*, 95,446–454. doi:10.1016/j.matdes.2016.01.130
10. Eskizeybek, V., Avci, A., & Gülce, A. (2014). The Mode I interlaminar fracture toughness of chemically carbon nanotube grafted glass fabric/epoxy multi-scale composite structures. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 63, 94–102. doi:10.1016/j.compositesa.2014.04.013
11. Alemour B, Bradan O, Hassan MR (2019) A Review of Using Conductive Composite Materials in Solving Lightning Strike and Ice Accumulation Problems in Aviation. *J Aerosp Technol Manag*, 11: e1919. <https://doi.org/10.5028/jatm.v11.1022>.
12. De Cicco D, Asaee Z and Taheri F 2017 Use of nanoparticles for enhancing the interlaminar properties of fiber-reinforced composites and adhesively bonded joints—a review *Nanomaterials* 7 360
13. OehlersDJ, Liu I S T and Seracino R 2005 Shear deformation debonding of adhesively bonded plates *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings* 158 77–84
14. Abot J L, Song Y, SchulzMJ and ShanovVN2008 Novel carbon nanotube array-reinforced laminated composite materials with higher interlaminar elastic properties *Composites Science and Technology* 68 2755–60
15. Zareei N, Geranmayeh A and Eslami-Farsani R 2019 Interlaminar shear strength and tensile properties of environmentally-friendly fiber metal laminates reinforced by hybrid basalt and jute fibers *Polymer Testing* 75 205–12

## PLASTİK YAĞLAYICI MATERIALLARA ƏLAVƏ EDİLƏN MİSLƏNDİRİLMİŞ ÖVUNTULARIN İNTİXABI KÖÇÜRÜLMƏ REJİMİNƏ VƏ TRIBOTEXNİKİ XARAKTERİSTİKALARA TƏSİRİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>A.Ə. Quliyev, <sup>2</sup>S.S. Hüseynov, <sup>3</sup>A.V. Şərifova

<sup>1,2,3</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: aynur.sh84@mail.ru

### XÜLASƏ

Eksperimental tədqiqat nəticələrinin analizi göstərir ki, daha çox effektiv o doldurucudur ki, onun reduksiyası zamanı sürtünmə səthində daha çox möhkəm adsorbsiya qatı ilə qorunan yeni səth qatı formalaşsın. Bu zaman sürtünmə qovşağı intixabi köçürülmə prosesində işləyir. Çoxqatlı yağlayıcı adlandırdığımız materialın mis ərintisi, mislənmiş hissəciklər (Cu, Cu-C, Cu+(Cu-C)) və plastik yağlayıcı materialın adsorbsiya olunmuş qatından ibarət olması müşahidə olunur, hansı ki, aralarındakı boşluqlar qrafit və yağlayıcı materiallar qarışığından ibarətdir. Bu zaman mis ərintisi nümunələrində yeyilmə intensivliyinin azalması baş verə və polad nümunənin səthində mürəkkəb quruluşlu örtük yarana bilər.

Belə bir şəraitdə yağlama sürtünmə cütünün yeyilməyə əks təsirini, antifriksion xassələri və sürtünmə qovşağının yüklənmə qabiliyyətini artırır. Beləliklə, yağlama materialının təsir mexanizmi sürtünmə səthində işləmə prosesində yağda yeni tribokimyəvi çevrilmələrdə yumşaq örtüyün əmələ gəlməsilə özünü göstərir. Bu örtük yeyilməyə davamlılığın yüksəlməsini və sürtünmə qüvvəsinin azalma qabiliyyətini təmin edir.

**Açar sözlər:** sürtünmə qovşaqları, sürtünmə cütü, tunc-polad, mis ovuntu və mislənmiş qrafit ovuntusu, plastik yağlayıcı materiallar, doldurucular, intixabi köçürmə, mürəkkəb strukturlu örtük, tribotexniki parametrlər.

### АННОТАЦИЯ

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что наиболее эффективным наполнителем является тот, при восстановлении которого на поверхности трения формируется новый





поверхностный слой который защищен более прочным адсорбированным слоем. При этом узел трения работает в режиме избирательного переноса. Наблюдается так называемый многослойный смазочный материал, состоящий из пленки частиц медного сплава, медненных порошков (Cu, Cu-C, Cu+(Cu-C)) и адсорбированного слоя ПСМ, пустоты между которыми состоит из смеси графита и смазочных материалов. При этом может происходить уменьшение интенсивности изнашивания образца из медного сплава и образование на поверхности стального образца плёнки, имеющей сложное строение.

При таких условиях смазывания повышаются противоизносные и антифрикционные свойства пар трения и нагрузочная способность узла трения. Итак, механизм действия смазочного материала проявляется в образовании в процессе работы на поверхностях трения новых трибохимических превращений в масле и появляется в виде мягких пленок, которые способствуют повышению износостойкости и уменьшению сил трения.

**Ключевые слова:** узлы трения, пара трения, бронза-сталь, порошок медь и порошкообразный медненный графит, пластичные смазочные материалы (ПСМ), наполнители, избирательный перенос, пленка сложного строения, триботехнические параметры.

## ABSTRACT

Analysis of the results of experimental studies shows that the most effective filler is the one with the restoration of which a new surface layer is formed on the friction surface, which is protected by a stronger adsorbed layer. In this case, the friction unit operates in selective transfer mode. There is a so-called multilayer lubricant consisting of a film of copper alloy particles, copper powders (Cu, Cu-C, Cu+(Cu-C)) and an adsorbed PSM layer, the void between which consists of a mixture of graphite and lubricants. In this case, there may be a decrease in the intensity of wear of the copper alloy sample and the formation of a film on the surface of the steel sample, which has a complex structure.

Under these lubrication conditions, the anti-wear and anti-friction properties of the friction pairs and the load capacity of the friction unit are increased. So, the mechanism of action of the lubricant manifests itself in the formation of new tribochemical transformations in the oil during operation on the friction surfaces and appears in the form of soft films that help to increase wear resistance and reduce friction forces.

**Keywords:** friction units, friction pair, bronze-steel, copper powder and powdered copper graphite, plastic lubricants, fillers, selective transfer, complex coating, tribotechnical parameters.

**Məsələnin aktuallığı.** Bir vaxtlar bərk cisimlərin friksion qarşılıqlı təsirinə ya sırf mexaniki, ya da sırf fiziki təsir kimi baxılırdı. Yağlayıcı material isə müəyyən şəraitdə kontaktda olan səthləri ayıraraq sürtünmə prosesini aralıq mühitə keçirən bərk cismə bənzədilirdi. Lakin, fizika, kimya və mexanikaya əsaslanan tədqiqatlar bərk cismin səth qatı materialının emalı prosesində yaranmış qüsurlu qatdan, oksid örtüklərindən, xemosorbsiya və absorbsiya olunmuş qatdan ibarət olduğunu göstərmişdir.

Aparılmış bir çox texniki tədqiqatları [2] ümumiləşdirərək tribotexniki qovşağın xarakteristikasının qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı müddəaların vacibliyini qeyd etmək olar:

1. Kontaktda olan cisimlərin səth qatının keyfiyyətə özünəməxsus struktur xüsusiyyətləri; 2. Səth qatlarının mexaniki xassələrini dəyişən absorbsiya və xemosorbsiya proseslərinin baş vermə imkanı; 3. Yüksək energetik metodlarla səth qatının strukturunun və modifikasiyasının mümkünlüyü; 4. Yeni səth stukturunun yaradılmasında yeyilmə məhsullarının iştirakı; 5. Sürtgü materialının kontakt səthlərinə kütlə köçürmə mənbəyi kimi təsiri.

Tribosistemin materiallarının səth qatının xüsusi halının həlledici rolu qiymətləndirilərək «ikinci cisim», «ikinci struktur», «köçürülmə örtüyü» və s. kimi terminlərdən asılı olmayaraq onu tribosistem modelinin mühüm komponenti saymaq olar [5].

Şəkil 1-də «üçüncü cisim»in komponent kimi qəbul edildiyi tribosistemin modeli verilmişdir. Bu model qovşağın parametrlərini, onun iş şəraitini və çıxış xarakteristikalarını əhatə edir. Bərk cisimlərin qarşılıqlı friksion təsirinə «üçüncü cisim»in təsiri səthin mexanikası, fizikası və kimyası baxımından kompleks şəkildə nəzərdən keçirilmişdir.

Səth qatının dağılma hissəciklərinin morfolojiyasının, ölçülərinin və yaranma mexanizminin öyrənilməsi əsasında sürtünmə zamanı kütlə köçürülməsi prosesinə əsaslanan qarşılıqlı friksion təsirin nəzəriyyəsi yaradılmışdır [1]. Bu nəzəriyyəyə görə qarşılıqlı friksion təsirin mexanizmi aşağıdakı müddələrə əsaslanır:

1. Köçürülmə sürtünmənin ilk mərhələlərində, ilk yeyilmə hissəcikləri aşkar edilənədək başlayır; 2. Köçürülmə örtüyü 3-30 nm ölçülü fraqmentlərdən (mikro-kristallitlərdən) ibarətdir; 3. Bəzi materiallar üçün bu ölçü səth qatı strukturunda dənələrin ölçüsü ilə üst-üstə düşür; 4. Müxtəlif növ materialların sürtünməsi zamanı köçürülmüş material kompozision strukturu olub, hər iki materialın fraqmentlərindən ibarət olur.

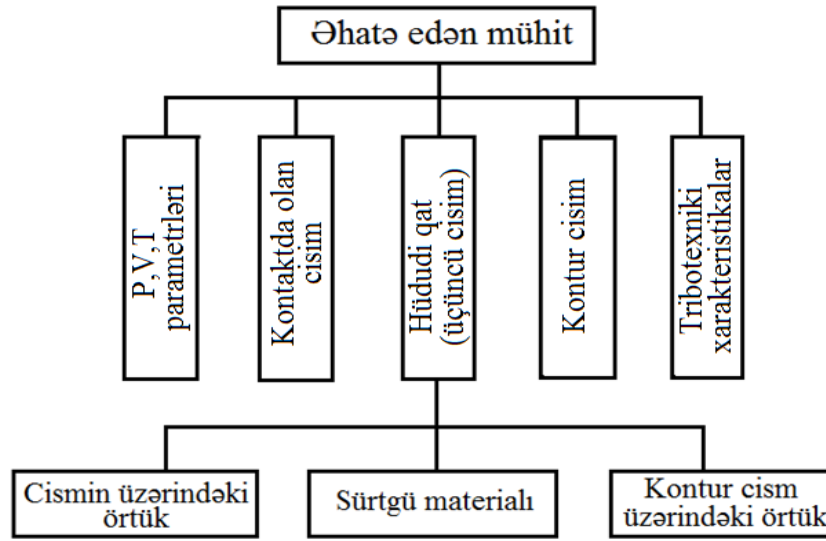
Şəkil 1-dən bəlli olan hüdudi qat (üçüncü cisim) və sürtünmə rejimi onunla fərqlənir ki, sürtünən bərk cisimlərin üzərindəki sürtgü materialı qatının xassələri, həcmi xassələrindən fərqlənir. Sürtgü materialının növündən asılı olaraq bu qatın qalınlığı 0,05-0,1 mkm olur. Səthə yaxınlaşdıqca hüdudi qatın mexaniki gərginliyi artır.



Ədəbiyyat mənbələrinin təhlili göstərir ki, sürtünmə qovşağında sürtünən cütlərin arasına plastik yağlama mühitində Cu, Cu-C və Cu + (Cu-C) ovuntu qatqılarının və ya yağlamanın kompozisiyanın sürtünmə parametrlərinə təsiri bu günə kimi öyrənilməmişdir.

Tədqiqatın məqsədi: əhatə edən cismi nəzərə almaq şərti ilə sürtünən cütün xarici sürtünmədə tribosistem modelinin mühüm komponentinin friksion xarakteristikalarını yaxşılaşdırma xüsusiyyətlərinin və mis və mislənmiş qrafitin plastik yağlamada tribotexniki parametrlərinə təsirinə öyrənilməsindən ibarətdir.

Tədqiqatların metodiki bazası və nəticələrin müzakirəsi: İlk vaxtlar intixabı köçürmə kütlə köçürməsinin atomar mexanizmi kimi başa düşülürdü. Belə hesab edilir ki, mis ərintisinin poladla sürtünməsi prosesində legirleyici element ionlarının bir hissəsinin məhlula çökməsi nəticəsində mis ərintisinin üst qatı intixabı həll olur. Sonradan mis ionları polad üzərinə çökərək öz-özünə bərpa olunan təmiz mis örtüyü əmələ gətirir. Nəticədə mexaniki xassələrin böyük müsbət qradiyenti yaranır, cütdə yeyilmə olmur, sürtünmə əmsalının qiyməti kiçik olur [4].



Şəkil 1. Xarici sürtünmə üçün tribosistemin sxemi

Məlumdur ki, intixabı köçürmə iki mərhələyə bölünür: başlanğıc və yaradılmış rejimdə. Başlanğıc mərhələ yağlayıcı materialın tərkibini dəyişdirməklə sürtünmə əmsalını tənzimlənmiş qiymətinə qədər azaltmaqdan ibarətdir. Bu isə sürüşmənin başlanması üçün xarakterikdir və köçürmə rejimlərinin yaradılması üçün həll edici rol oynayır (sürtünmə əmsalının  $f = 0,002 \div 0,05$  qiyməti alınması mümkünlüyü yaradır).

Kriterial asılılıq əsas tənliklərin analizindən alınan kriteriyanı, həcmnin hüdüdi mühiti əhatə etməlidir (özündə əks etdirməlidir).

Yağlama şəraitində işləyən çoxsaylı mexanizmlər və ya qovşaqlar üçün eksperimental tədqiqatın nəzəri əsasını yaratmaq yağlama nəzəriyyəsi adlanır. Yağlama materialının sıxılmasını nəzərə almamaqla sürüşməyə işləyən və səthləri görüşən detal sürtünmə cütü üçün ilkin tənlik aşağıdakı kimi yazılmalıdır:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 6\mu v_s \frac{h-h_0}{h^3} \quad (1)$$

Hüdüdi şəraitdə:  $x = -\infty, p = 0, x = x_0, p = \frac{\partial p}{\partial x} = 0$  olur.

$$h = h_0 + \frac{x^2 - x_0^2}{2R_{\text{əət}}} - \frac{2}{\pi} \left( \frac{1-v_1^2}{E_1} + \frac{1-v_2^2}{E_2} \right) x \int_{-\infty}^{x_0} p/\xi \ln \left| \frac{\xi-x}{\xi-x_0} \right| d\xi \quad (2)$$

$$\rho c v_s \frac{\partial t}{\partial x} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \mu \left( \frac{\partial v_s}{\partial y} \right)^2$$

Hüdüdi şəraitdə:  $x = -\infty, t = t_0$ ;

$$t(x, 0) = \left( \frac{1}{\pi \rho_1 c_1 \lambda_1 v_s} \right)^{1/2} \int_{-\infty}^x \lambda \frac{\partial t}{\partial y} / y=0 \frac{\partial \varepsilon}{(x-\varepsilon)^{1/2}} + t_0 \quad (3)$$

$$t(x, h) = \left( \frac{1}{\pi \rho_2 c_2 \lambda_2 v_s} \right)^{1/2} \int_{-\infty}^x -\lambda \frac{\partial t}{\partial y} / y=h \frac{\partial \varepsilon}{(x-\varepsilon)^{1/2}} + t_0 \quad (4)$$

Yağlayıcı materialın özlülüyü temperatur və təzyiqlik funksiyasıdır. Barus və Reynolds asılılığını nəzərə almaqla:

$$\mu = \mu_0 e^{\beta P - \alpha_1 \Delta t}$$

Burada,  $P$  – təzyiq,  $v_s$  – sürüşmə sürəti,  $h$  – araboşluğu,  $h_0$  – minimal ara boşluğu,  $R_{g\text{ət}}$  – gətirilmiş əyriliklər radiusu (toxunan nümunələrin əyrilik radiusu  $R_1$  və  $R_2$  olduğundan,  $R_{g\text{ət}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ),  $E_1$  və  $E_2$  – nümunə materialının elastiklik modulu,  $\nu_1$  və  $\nu_2$  – nümunə materiallarının Puanson əmsalı,  $t_1$  və  $\Delta t$  – temperatur və onun genişlənməsi,  $\rho, c, \lambda, \rho_1, c_1, \lambda_1, \rho_2, c_2, \lambda_2$  – uyğun olaraq sıxlıq, yağlayıcı materialın xüsusi istilik tutumu və yağlayıcı materialın və nümunə materialının istilik keçirməsi,  $\beta$  – yağlayıcı materialın pyezoelektrik özlülük əmsalı,  $\alpha_1$  – Reynolds düsturunda yağlayıcı materialın özlülüynun temperaturdan asılılıq əmsalı,  $x, y$  – koordinatlar,  $\xi, \varepsilon$  – əlavə dəyişənlər,  $x_0$  – ara boşluqdan yağlayıcı materialın çıxan yerinin absisi.

Beləliklə, intiqral analoqları üsullarından, ilkin tənliklər birliyindən, hüdudi mühitdən istifadə etməklə müəyyənədiçi kriterial əlaqələri və lazımı mühiti əldə edilmiş, nəzəri əsaslandırılmışdır. Plastik yağlayıcı kompozisiyasının yaradılmasına zəminlik verir.

Tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, mis nümunələrin yeyilmə intensivliyinin azalması və polad nümunə səthində mürəkkəb quruluşlu qatın yaranması baş verir. Formalaşan belə qat mis nümunənin yeyilmə hissəciyindən ibarət olur və boşluqları (hissəciklər arası) yağlayıcı materiallarla dolur.

Sürtünmə qovşaqlarında intixabı köçürmə rejimlərinin yaradılması bir sıra kompleks amillərdən asılıdır. Buraya texnoloji, konstruktiv və iş rejimi ilə bağlı amillər daxildir.

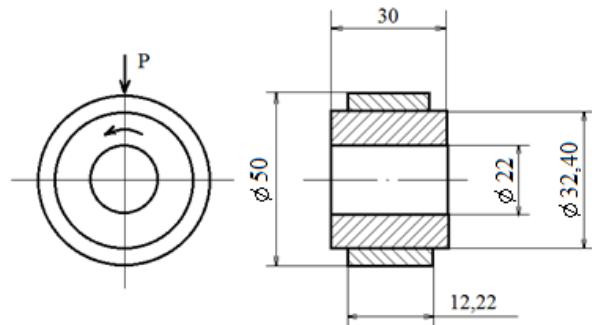
Texnoloji amillərdən intixabı köçürməyə ən çox təsir edən səthlərin kələkötürlüyü, o cümlədən daha sərt cismin səthinin mikrotopografiyasıdır. Adətən intixabı köçürmə kontrecismın səthinin kələkötürlüyü  $Ra \leq 0,3$  mkm olduqda başlayır. Bu halda ilk mərhələdə yeyilmə intensivliyi kiçilir, sürtünmə əmsalı nisbətən tez stabilləşir. İntixabı köçürmənin həyata keçirilməsi sürtgü materialının təbiətindən çox asılıdır. Lakin intixabı köçürməni təmin edən sənaye sürtgü materialları məhduddur. Bir sıra hallarda mis ərintisi – polad cütündə intixabı köçürməni ЦИАТИМ – 201, ЦИАТИМ – 203, ВНИИПП – 254 kimi plastik sürtgü materialları təmin edir.

Tədqiqatın yerinə yetirilməsində ilkin olaraq mis ovuntusu [2], mislənmiş qrafit [6]  $Cu + (Cu-C)$  və plastik yağlayıcı ЦИАТИМ – 201 istifadə edilmişdir. Yağlayıcı kompozisiyanın hazırlanma texnologiyası plastiki yağa hər biri ayrı-ayrı daxil edilərək otaq temperaturunda birincis kütlə alınana qədər qarışdırılmasından ibarətdir.

Sürtünmə momentinin və əmsalının (cədvəl 1) dəyişməsinin tunc – polad 45 cütündə öyrənilməsi ИИ5018 sürtünmə maşınında, tərpanmaz disk ( $\varnothing 50 \times 12,22$ mm), fırlanan halqa ( $\varnothing 32,40 \times 20$ mm,  $l = 30$ mm) “disk-oymaq” sxemi (şəkil 2) üzrə yerinə yetirilmişdir.

Sınağa aşağıdakı kimi qəbul edilmişdir: sürüşmə sürəti 3,15 m/san, sürtünmə vaxtı səthin təmizliyi  $Ra \leq 0,3$  mkm,  $P$  və  $t$  isə yağlayıcı kompozisiyasının işləmə qabiliyyəti ilə müəyyən edilir. Nümunələr hər saatdan bir 0,3 MPa mərhələli şəkildə yüklənir. Belə yüklənmə o vaxt yerinə yetirilir ki, sürtünmə əmsalı və həcmi temperatur kəskin yüksəlsin. Yağlayıcı kompozisiyanın xassələrinin qiymətləndirilməsi nümunənin yeyilmənin mütləq kütləsinə, sürtünmə əmsalına, həcmi temperatur və misin və mislənmiş qrafitin müxtəlif konsentrasiyasına uyğun olan təzyiqa görə yerinə yetirilir.

Tunc (БрОЦС5-5-5) - polad 45 cütünün “disk-oymaq” sxemi üzrə müqayisəli tribotexniki sınağı nəticələri ЦИАТИМ – 201 markalı plastik yağa mis, mislənmiş qrafit və  $Cu + (Cu-C)$  kimi doldurucular əlavə edildikdən sonra təyin edilmişdir (cədvəl 1).



Şəkil 2. “Disk-oymaq” sınaq sxemi və nümunələrin ölçüləri

Cədvəl 1

Tribotexniki sınaqların nəticələri

№	Yağlayıcı material	P, MPa	$\tau$ , ks	$\mu$	T, K	Yeyilmə, mq	
						Aşağı nümunə (БрОЦС5-5-5)	Yuxarı nümunə (Polad 45)
1	ЦИАТИМ – 201	1,314	15,1	0,078	479	138	34,5
2	ЦИАТИМ– 201+10% Cu	0,593	6,8	0,253	489	20,9	8,24

3	ЦИАТИМ– 201+10% Cu <sub>2</sub> O	1,14	10,8	0,196	539	89,5	7,93
4	ЦИАТИМ– 201+10% mislənmiş qrafit (Cu-C)	0,89	9,9	0,092	485	11,7	1,92
5	ЦИАТИМ– 201+10% Mis+mislənmiş qrafit (Cu+Cu-C)	1,14	10,8	0,060	439	6,7	1,78

Cədvəldən görüldüyü kimi mislənmiş qrafitin doldurucu kimi (Cu<sub>2</sub>O-dən başqa) yağa daxil edilməsi tribotexniki parametrlərə (yeyilmə, sürtünmə əmsalı və temperatur) görə digər əlavələrə nisbətən xeyli dərəcədə azlıq təşkil edir.

Elmi mənbələrin analizi və eksperiment tədqiqatları göstərir ki, ən effektiv doldurucu sürtünmə səthində reduksiyanı nəticəsində formalaşan metal qatı (mis) nisbətən möhkəm adsorbsiya qatı ilə müdafiə olunan sayılır. Sürtünmə prosesində toxunma zonasında Cu<sub>2</sub>S misə qədər reduksiya olunur və nəticədə FeS<sub>2</sub> (həcmi reduksiya) əmələ gəlir və mis qatının yaranması üçün adsorbsiya olunur [3]. Bir sözlə, sürtünmə qovşaqlarının intixabı köçürmə rejimində işləyir [7].

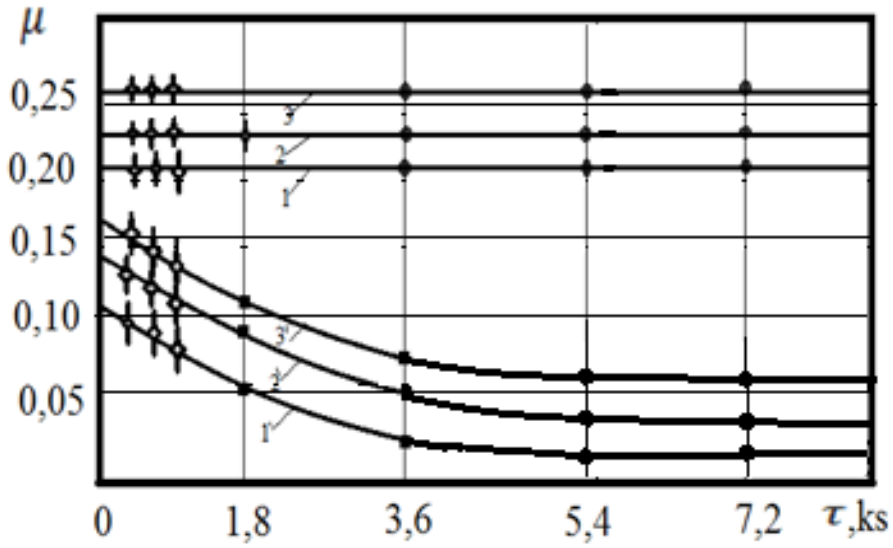
Sürtünmə zonasına verilən yağlama kompozisiyasında doldurucu kimi iştirak edən mis ovuntusu bir çox hallarda sürtünən səthdə yüksək dərəcədə yeyilməyə qarşı təsir xassəsinə malik olur. Bunu onunla izah edirlər ki, səthi sürtünməsi prosesi zamanı qarşılıqlı təsirə daxil olur. Nəticədə mis hissəcikləri toxunduğu detalların qeyri-hamar səthlərinə sıxılması baş verir və səthlər nazik mis qatı ilə sipərlənir. Nəticədə yeyilmə azalır, ancaq sürtünmə əmsalının azalması baş vermir. İstisna prosesində mis ovuntusu toxunma zonasında döyüklənir (möhkəmlənir) və oksidlənmiş formasına keçir. Bu isə abraziv təsirə malik olması ilə sürtünmə əmsalını artırır. Sürtünmə zonasında oksid pərdəsinin və başqa korroziya məhsullarının olması effektiv qoruyucu pərdənin yaranmasına səbəb olur.

Plastik yağlayıcı materiala mislənmiş qrafit və Cu+(Cu-C) qrafitin tətbiq edilməsilə sürtünmə qovşağında yeyilmə davamlılığı, həcmnin toxunma yerlərində mis örtüyünün və sonra qrafitin qatı formalaşır və plastik deformasiyada öz effektivini göstərir. Cədvəl 1-dən də görüldüyü kimi yağlayıcıya göstərilən doldurucuları daxil edildikdə təmiz misə və mis oksidinə nisbətən sürtünmə əmsalı, temperatur azalır və yüklənmə qabiliyyəti artır.

Bildiyimiz kimi qrafit termiki dayanıqlı ilə fərqlənir və yüksək temperaturda bərk sürtgü materialı olaraq istifadə edilir. Qrafit 400°C - dən yüksək temperaturda oksidlənir. Qrafitin yağlama mexanizmi həddi sürtünmə modeli ilə əlaqələndirilir. Bu modelə görə sürtgü materialının həddi təbəqələri rolunu fiziki sorbsiya olunmuş su və digər maddələrin molekulları oynayır. Quru havada, vakuuma belə həddi təbəqənin olmadığı şəraitdə qrafitin tərkibinə buxarlanaraq və ya parçalanaraq səthdə sorbsiya olunan müxtəlif maddələrin qatılması məsləhət görülür. Qrafitin misləndirilmiş formada ovuntu şəklində plastik yağa daxil edilməsi, plastik yağın tərkibi (neft və sintetik yağ qarışığı) (dispers mühit); bərk karbohidrogen (dispers faza); müxtəlif doldurucular) intixabı qatın yaranmasında həlledici rol oynayır və yuxarıda deyilənləri təsdiqləyir.

Tərkibə daxil edilən mislənmiş qrafit ovuntusu toxunma zamanı sürtünən səthdə yumşaq mis pərdə yaradır. Çünki, sürtünmənin əvvəlində o, özünü mis ovuntusu kimi aparır. Sonrakı mərhələdə qrafitin sürtünmə zonasında tədricən iştirakı sürtünmə və yeyilməni azaltmaqla mis pərdənin üstündə öz funksiyasını yerinə yetirir. Mis pərdəsinin səthinin müxtəlif mexaniki dağılmadan qoruyur. Məlumdur ki, səth qatında qrafin, molibden disulfidin və s. aşqarların olduğu material cızılma kimi qüsurlardan qorunur.

Beləliklə, intixabı köçürmə və yeyilmə davamlı səth strukturunun yaradılmasında plastik yağlayıcı materialda mislənmiş qrafin istifadəsində tribotexniki çevrilmələrin səbəbindən sürtünən cütlərin biri olan tunc nümunə səthində 1,5÷2 saat müddətində passivləşdirilmiş mis örtüyünün yaradılmasına səbəb olur. Bu örtüyün yaranmasından sonra elastik deformasiya zamanı faktiki toxunma zonasında heç bir yeyilmə (dağıdıcı) qabiliyyəti meydana çıxmır. Onu demək lazım gəlir ki, yeyilmə qabiliyyətinin yaranmaması ona gətirib çıxarır ki, passivləşdirici örtük polad kontr nümunənin səthində əmələ gəlmir və sürtünmə əmsalının müəyyən qədər aşağı qiymət alması müşahidə olunmur. Bu deyilənləri təsdiq üçün xüsusi yüklənmə  $P = 3 \text{ MPa}$ , sürüşmə sürəti  $v = 0,3 \text{ m/san}$  və sürüşmə vaxtı  $\tau = 9 \text{ ks}$  olan rejimli sınaqın nəticələri şəkil 3-də göstərilmişdir.

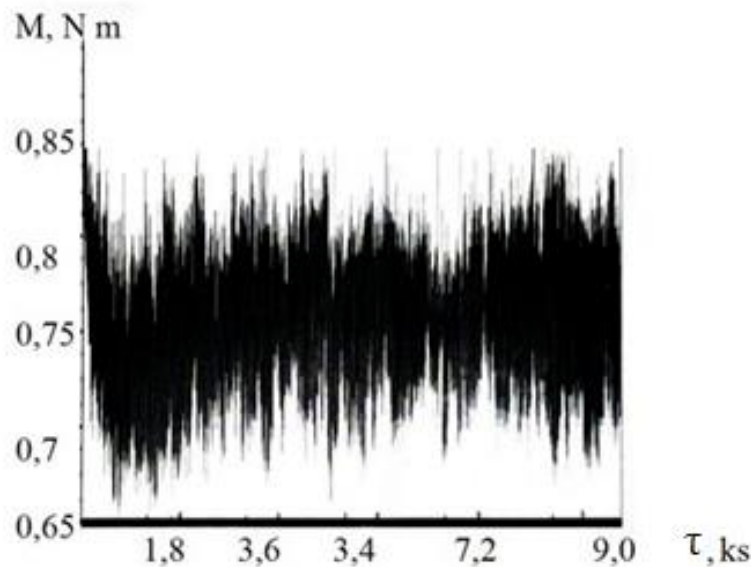


Şəkil 3. Sürtünmə əmsalının dəyişməsinin sürtünən cütün müxtəlif mühitlərdə işləmə vaxtından asılılığı:

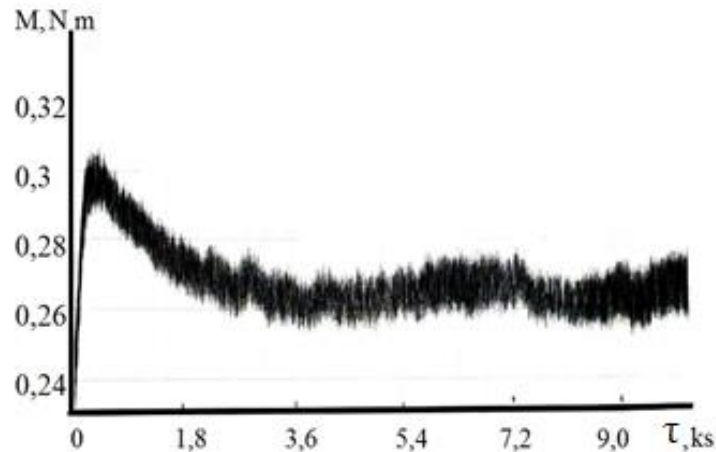
- 1', 2', 3 – toxunma zonasında elastik deformasiya;
- 1', 2', 3' – toxunmazonasında plastik deformasiya;
- 1, 1' – ЦИАТИМ – 201 + mis;
- 2, 2' – ЦИАТИМ – 201 + mislənmiş qrafit;
- 3 3' – ЦИАТИМ – 201 + mis + mislənmiş qrafit

Şəkil 3-də göstərilən 1, 2 və 3 əyriyə xarici sürtünmə əmsalının toxunma zonasında ilkin deformasiyasında sərhəd hüdudi yağlama şəraitində (Cu,Cu-C, Cu+(Cu-C)) işləmə vaxtından asılı olaraq dəyişməsinə uyğundur. Qrafiklərdən görünür ki, sürtünmə əmsalı bir neçə dəfə azalır və intixabı köçürmə rejiminin yaradılması üçün xarakterikdir. Eyni zamanda lazımı qiymətlərin alınmasını kəsb edir. Şəkil 4-də göstərilən sürtünmə momentinin vaxtdan asılı olaraq dəyişmə qrafiki bunu bir daha təsdiqləyir.

Şəkil 3 və şəkil 5-də uyğun olaraq 1', 2' və 3' düz xətlə asılı toxunma zonasında ilkin elastik deformasiya zamanı sürtünmə əmsalı və sürtünmə momentinin dəyişməsi göstərilmişdir. Burada sürtünmə əmsalı dəyişməsi demək olar ki, sürtünmədə işləmə vaxtından asılı olmur. Buna xarakterik olan sürtünmə əmsalının qiyməti intixabı köçürmə rejiminin qərarlaşmış qiymətindən təxminən 9 dəfə böyük olur. Passivləşdirici örtük nümunənin səthində müşahidə olunmur.



Şəkil 4. Sürtünmə momentinin vaxtdan asılı olaraq dəyişməsi histoqraması



Şəkil 5 . Sürtünmə momentinin vaxtdan asılı olaraq dəyişməsi histoqraması

## NƏTİCƏ

1. Aparılan yeni tədqiqatların ümumiləşdirilərək tribotexniki qovşaqlar xarakteristikasının qiymətləndirmək üçün kontaktda olan cütün səth qatının keyfiyyətə özünəməxsus struktur xüsusiyyətləri və sürtgü materiallarının kontakt sahələrinə kütlə köçürmə mənbəyi kimi təsviri vacib sayılmalıdır.
2. Göstərilmişdir ki, tribosistem modeli qovşağın parametrini, onun iş şəraitini və çıxış xarakteristikalarını əhatə edir.
3. Müəyyənləşdirilmişdir ki, intixanı köçürmə rejimlərinin yaradılması texnoloji, konstruktiv və iş rejimi kimi kompleks amillərdən asılıdır. İntixabı köçürməyə ən çox təsir edən səthin kələkötürlüyü kimi texnoloji amil üstünlük verirlər.
4. İntiqral analoqları üsullarından ilkin tənliklər birliyindən, hüdudi mühitdən istifadə etməklə müəyyənləşdirici kriterial əlaqələri və lazımı mühiti əldə edilməsi mümkünlüyü nəzəri cəhətdən əsaslandırılmışdır.
5. Yerinə yetirilən sınaq nəticələri göstərir ki, müxtəlif mühitlərdə yağlama materialların yeyilməyə müqavimət və antifriksion kəmiyyətləri sürtünmə qovşaqlarının konstruksiya materiallarından asılıdır.
6. Mislənmiş qrafit, mis + mislənmiş qrafit dolduruculu plastik yağlayıcı materialda tribokimyəvi çevrilmələr nəticəsində intixabı köçürülmənin ilkin mərhələsində səthi aktiv maddələrin yaranması, həmçinin korroziya aktiv maddələrin səthdə daha yumşaq mis əsaslı qatın dağılmasının stimullaşdırmasını təmin edir.
7. Mis, mislənmiş qrafit və mis + mislənmiş qrafit ovuntularından plastik yağlama materiallarında doldurucu kimi istifadə zamanı val-oymaq növlü cütlərində yüksək yeyilməyə müqavimət və antifriksion kəmiyyətləri əldə edilmişdir. Digər mis tərkibli doldurucularla müqayisədə sürtünmə əmsalı 0,9 dəfə azalmışdır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Babayev S.H., Mustafayev S.M., Həbibov İ.Ə. və b. Sürtünmə və yeyilmə nəzəriyyəsinin əsasları. Bakı. Elm, 1998, 178 s.;
2. Mustafayev S.M., Qasımov S.Ə. Tribotexniki materialşünaslıq. Bakı, Zaman-3, 2004, 216 səh.;
3. Виноградова И.Э. Противозносные присадки к маслом. Москва. Химия. 1972 - 272с.;
4. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прогнать а износостойкость деталей машин. Учеб. пособие для машиностроения спец. вузов. Москва. 1991 – 319с.;
5. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин. Справочник – М.: Машиностроения. 1984, 280с.;
6. Мустафаев С.М., Гулиев А.А., Шарифова А.В. Исследования по разработке медь-графитовой композиции с повышенным содержанием графита, Прогрессивная технология и системы машиностроения. Международный сборник научных трудов. Вп. 1, 2 (45), Донецк, 2013, с. 187-191;
7. Фукс Г.Л. Добавки к пластичным смазкам. М.: Химия, 1982. 248с.



## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF COPPER POWDERS ADDED TO PLASTIC LUBRICANTS ON THE SELECTIVE TRANSFER MODE AND TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS

<sup>1</sup>A.A. Guliyev, <sup>2</sup>S.S. Huseynov, <sup>3</sup>A.V. Sharifova,  
<sup>1,2,3</sup>Azerbaijan State Oil and Industry University  
E-mail: aynur.sh84@mail.ru

### ABSTRACT

Analysis of the results of experimental studies shows that the most effective filler is the one with the restoration of which a new surface layer is formed on the friction surface, which is protected by a stronger adsorbed layer. In this case, the friction unit operates in selective transfer mode. There is a so-called multilayer lubricant consisting of a film of copper alloy particles, copper powders (Cu, Cu-C, Cu+(Cu-C)) and an adsorbed PSM layer, the void between which consists of a mixture of graphite and lubricants. In this case, there may be a decrease in the intensity of wear of the copper alloy sample and the formation of a film on the surface of the steel sample, which has a complex structure.

Under these lubrication conditions, the anti-wear and anti-friction properties of the friction pairs and the load capacity of the friction unit are increased. So, the mechanism of action of the lubricant manifests itself in the formation of new tribochemical transformations in the oil during operation on the friction surfaces and appears in the form of soft films that help to increase wear resistance and reduce friction forces.

**Keywords:** friction units, friction pair, bronze-steel, copper powder and powdered copper graphite, plastic lubricants, fillers, selective transfer, complex coating, tribotechnical parameters.



## KİMYƏVİ TƏRKİBİN OVUNTU POLADLARININ ZƏRBLƏ-ABRAZİV YEYİLMƏYƏDÖZÜMLÜLÜYÜNƏ TƏSİRİ

T.Ə. Tağıyev  
Azərbaycan Texniki Universiteti  
E-mail: tagiyev-taleh@mail.ru

### XÜLASƏ

Müasir maşınqayırmanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq konstruksiya və alət materiallarına stati-ki və dinamik möhkəmlik, kövrək dağılmalara qarşı müqavimət, yeyilməyədözümlülük və korroziyadö-zümlülük tələb olunur. Qeyd edilən bu parametrlər detalların, maşın və mexanizmlərin, o cümlədən texnoloji avadanlıqların etibarlılığını təmin edir. Bu səbəbdən maşın və mexanizmlərin sıradan çıxmasına əsas səbəb kimi detalın işçi səthin yeyilməsi göstərilir. Xüsusilə detalın intensiv yeyilməsinə səbəb, abraziv və aqressiv mühitlərdə, eyni vaxtda yüklənməsi, yüksək temperatur və səthdə baş verən sürüşmədir. Məqalədə ovuntu poladlarından hazırlanmış hissələrin yeyilməyədözümlülüyünə kimyəvi tərkibinin təsiri araşdırılmışdır

**Açar sözlər:** Yeyilməyədözümlülük, kimyəvi tərkib, zərbə özlülüyü, abraziv, legirləmə, ovuntu, məsaməlik

### ABSTRACT

The development of the main branches of modern mechanical engineering imposes on the structural and tool materials used a growing level of requirements in terms of high static and dynamic strength, resistance to brittle fracture, wear and corrosion resistance in various operating conditions. The level of these properties to a large extent ensures the reliability of parts, assemblies, working bodies of machines, mechanisms, tooling and equipment. The article discusses the effect of chemical composition on the non-edible durability of parts made from hunting steel

**Keywords:** wear resistance, chemical composition, impact strength, abrasive, alloying, powder, porosity.

### АННОТАЦИЯ

Развитие основных отраслей современного машиностроения предъявляет к конструкционным и инструментальным материалам, используемых растущий уровень требований в части высокой статической и динамической прочности, сопротивления к хрупкому разрушению, износостойкости и коррозионной стойкости в различных условиях эксплуатации. Уровень перечисленных свойств в значительной степени обеспечивает надежность деталей, узлов, рабочих органов машин, механизмов, технологической оснастки и оборудования. В статье рассматривается влияние химического состава на несъедобную прочность деталей из охотничьей стали.

**Ключевые слова:** износостойкость, химического состава, ударная вязкость, абразив, легирования, порошок, пористость



## GIRIŞ

Sənayenin inkişafı ilə əlaqədar olaraq texnikanın müxtəlif sahələrində statiki və dinamik möhkəmlik, kövrək dağılmalara qarşı müqavimət, yeyilməyə dözümlülük və korroziyaya dözümlülük tələb olunur. Qeyd edilən bu parametrlər detalların, maşın və mexanizmlərin, o cümlədən texnoloji avadanlıqların etibarlılığını təmin edir. Bütün bunları nəzərə alaraq maşın və mexanizmlərin sıradan çıxmasına əsas səbəb kimi avadanlıqların səthin yeyilməsi göstərilir. Əsasən detalın tez yeyilməsinə səbəb, abraziv və aktiv mühitlərdə eyni vaxtda yüklənməsi, yüksək temperatur və səthdə baş verən sürüşmədir.

Məsələnin qoyuluşu. Konstruksiya və alət materiallarından hazırlanmış kəsici və şamp poladları-nın struktur analizindən aydın olmuşdur ki, maşın detallarının intensiv yeyilməsinə səbəb olan amillərdən biri də legirləmə prosesidir. Yüksəklegirli alət poladları və bərk ərintilərdən hazırlanmış maşın hissələri güclü yeyilməyə və sürtünməyə məruz qaldığından, onlarda baş verən proseslər daha ciddi şəkildə öyrənilməlidir. Ona görə də ovuntudan hazırlanan hissələrin yeyilməyə dözümlülüyünə kimyəvi tərkibin təsirinin araşdırılması aktual məsələdir.

Məsələnin həlli. İlkin olaraq ovuntu poladlarının zərblə-abraziv yeyilməyə dözümlülüyünün artırılması üçün, legirləmə prosesinin araşdırılmalıdır. Legirləmə prosesi ilə məmulatların bərkliyini, özlülüyünü və möhkəmliyini artırmaqla, yeyilməyə dözümlülüyünü də artırmaq mümkündür. Bu səbəbdən də işdə əsas məqsəd kimyəvi tərkibin və strukturun homogenləşməsinə öyrənməklə, ovuntu poladlarından hazırlanmış məmulatların zərblə-abraziv yeyilməyə dözümlülüyünü müəyyənləşdirməkdir.

Nümunələrin hazırlanması zamanı istifadə edilən legirleyici elementlər qismində ən səmərəli xrom və nikelidir. Ovuntu şixtəsinin hazırlanması üçün əsası ПЖБ3.160.26 markalı dəmir ovuntusu, ГК-3 markalı karadaş qrafiti, ПВ-Х18Н15-056 və ПР-65Х25Г13Н3 markalı polad ovuntusu və ПНК-1Л15 markalı nikel ovuntusu götürülmüşdür. Müxtəlif tərkibli ovuntular (cədv.1) konusvari qarışdırıcıda 2 saat müddətində qarışdırılmış, 600 MPa təzyiq altında statiki soyuq presləmə əməliyyatına uğradılmışdır. Preslənmiş nümunələr 11500C temperaturda disosasiya olunmuş amonyak mühitində 2 saat müddətində bişirilmişdir. Hər şixtədən müxtəlif kimyəvi tərkiblərə malik olan 6 nümunə hazırlanmış, 3 müxtəlif termiki emal əməliyyatlarına uğradılmışdır.

Cədv.1-də istifadə olunmuş materialların kimyəvi tərkibi, termiki emalın növü və parametri, o cümlədən sınaqlardan əvvəlki bərkliyi və mütləq yeyilmənin qiymətləri qeyd edilmişdir. Sınaqlardan (cədvəl 1) görüldüyü kimi, termiki emal keçmiş nümunələrin yeyilməsi, bişirmədən sonrakı nümunələrin yeyilməsindən daha az alınmışdır.

Qrafitin şixtədə 1%-dən 2,5%-ə qədər artması zamanı yeyilmə 0,033 qrama qədər artmış, bu səbəbdən də nümunələrin səthində kələ-kötür-lüyün dərinliyi artmağa başlamışdır (şəkil 3, a və b). Aparılmış sınaqlardan məlum olmuşdur ki, ən yüksək bərklik tərkibində 2% qrafit olan ovuntu şixtəsindən hazırlanmış nümunələrdə əldə olunmuşdur. Yeyilməyə dözümlülüyün təyin edilməsi üçün istifadə edilən nümunələrin əks-səriyyətinin tərkibində 1,2%-ə qədər qrafit olmuşdur.

Şixtənin tərkibi, termiki emalın növü və xassələr

Cədvəl 1

No	Şixtənin tərkibi	Termiki emalın növü	Bərklik, HRC	Yeyilmə, qram
1	2	3	4	5
1	ПЖБ 3.160.26 (əsası)+ ГК-1(0,5%)	Bişirmə, sobada soyutma	25	0,08
		9500C-də suda təbləndirmə+2000C-də tabəksiltmə	41	0,045
2	ПЖБ 3.160.26 (əsası)+ ГК- 1(1%)	Bişirmə, sobada soyutma	32	0,06
		9500C-də suda təbləndirmə+2000C-də tabəksiltmə	47	0,022
3	ПЖБ 3.160.26 (əsası)+ ГК-1(1,5%)	Bişirmə, sobada soyutma	36	0,052
		9500C-də suda təbləndirmə+2000C-də tabəksiltmə	51	0,025
4	ПЖБ 3.160.26 (əsası)+ ГК- 1(2%)	Bişirmə, sobada soyutma	38	0,05
		9500C-də suda təbləndirmə+2000C-də tabəksiltmə	56	0,028
5	ПЖБ 3.160.26 (очн)+ ГК- 1(2,5%)	Bişirmə, sobada soyutma	38	0,058
		9500C-də suda təbləndirmə+2000C-də tabəksiltmə	53	0,033
6		Bişirmə, sobada soyutma	28	0,064

	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ГК-3(0,5%)+ПНК-1Л15 (1%)	9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	43	0,035
7	ПДЖВ 3.160.26 (әсası) + ГК-3(0,5%)+ПНК-1Л15 (5%)	Бішірмә, sobada soyutma	32	0,32
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	46	0,021
8	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ГК-3(0,5%)+ПНК-1 Л15( 10%)	Бішірмә, sobada soyutma	33	0,023
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	46	0,018
9	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ГК-3(1%)+ПНК-1Л15 (1%)	Бішірмә, sobada soyutma	28	0,072
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	48	0,061
10	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ГК-3(1%)+ПНК-1Л15 (5%)	Бішірмә, sobada soyutma	32	0,028
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	50	0,016
1	2	3	4	5
11	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ГК-3(1%)+ПНК-1Л15 (10%)	Бішірмә, sobada soyutma	32	0,021
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	52	0,019
12	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПР-65X25Г13Н3(5%)	Бішірмә, sobada soyutma	34	0,02
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	46	0,015
13	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПР-65X25Г13Н3(10%)	Бішірмә, sobada soyutma	38	0,044
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	49	0,012
14	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПР-65X25Г13Н3(20%)	Бішірмә, sobada soyutma	39	0,08
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	50	0,018
15	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПР-65X25Г13Н3(40%)	Бішірмә, sobada soyutma	37	-
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	52	0,018
16	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПВ-X18H15-56(5%)	Бішірмә, sobada soyutma	32	0,018
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	47	0,015
17	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПВ-X18H15-56(10%)	Бішірмә, sobada soyutma	35	0,023
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	48	0,013
18	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПВ-X18H15-56(20%)	Бішірмә, sobada soyutma	37	0,028
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	52	0,014
19	ПДЖВ 3.160.26 (әсası)+ ПВ-X18H15-56(40%)	Бішірмә, sobada soyutma	38	0,22
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	53	0,016
20	Polad 45 (kompakt)	860°C-дә табалма	35	0,022
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	52	0,014
21	40XH2MA (kompakt)	860°C-дә табалма	36	0,018
		9500C-дә суда табландırма+2000C-дә табәксилтмә	54	0,011

Yeyilməyə dözümlülüğün təyin edilməsi üçün istifadə edilən nümunələrin əksəriyyətinin tərkibində 1,2%-ə qədər qrafit olmuşdur. Nümunələrin yeyilməyə dözümlülüğü, zərbə enerjisi 4,9 Coul/sm<sup>2</sup>, zərbə sürəti isə 1,6 m/san olan sınaqlarda öyrənilib.

Nümunələrin bişirilməsi zamanı kimyəvi tərkibdə olan qrafitin rolu böyükdür. Belə ki, bişirmə zamanı tərkibdə olan qrafit, bişirmə prosesinə (temperatur və müddətə) təsir etdiyi kimi, alınmış nümunələrin yeyilməyə dözümlülüğünə də təsirsiz ötürmüşür. Ümumiyyətlə, sınaqların həyata keçirilməsi üçün istifadə olunan nümunələrin tərkibində olan qrafit sərbəst və karbon şəklində olmuşdur. Tərkibdə olan qrafitin və karbonun miqdarının bişirmə prosesindən sonrakı təsirini A.T.Çırkinin işində araşdırılmış, əldə olunan nəticələr isə şəkil 1-də (a və b) qeyd edilmişdir. Burada alınmış nəticələr əsasən tərkibində 0,6-0,8% qrafit və 0,12-0,14% karbon olan nümunələrə aiddir [3].

Nümunələrin yeyilmə xarakterini müəyyənləşdirmək üçün yeyilmiş səthin relyefini qiymətləndirmək kifayət edər. Əgər polad yüksək olmayan (tərkibində karbonun miqdarı 0,5%-dən az olmamaq şərti ilə) bərkliyə malikdirsə, bu zaman yeyilmə zonasında plastiki deformasiyanın baş verməsi müşahidə olunur. Abraziv yeyilmə zamanı legirleyici elementlərin məmulatın səthindən kiçik hissəciklər formasında dağılaraq səthdə baş verən yeyilmə prosesini bir qədər sürətləndirir. Bu proses o zaman baş verir ki, hər hansı bir legirleyici elementlərin ayrılıqdakı bərkliyi, nümunənin matrisasının bərkliyindən yüksək olsun. Əksər hallarda bərkliyi matrisaya nisbətən yüksək olan legirleyici elementin hissəcikləri yeyilmə zonasında kələ-kötürlüyün yaranmasına səbəb olmaqla, səthin relyefini tamamilə dəyişir. Şəkil 3-dən (a) görüldüyü kimi tərkibində 0,5% karbon (qrafit) olan nümunələrin səth qatında yeyilmə zamanı plastiki deformasiya baş verir [4]

Ovuntu poladlarının tərkibində qrafitin miqdarı 1,5%-dən artıq olanda, yeyilməyə dözümlülük aşağı düşür, ikinci sementitin miqdarı isə artır. İkinci sementinin miqdarının artması əsasən hissəciklərarası sərhəddə baş verir və bu zaman nümunələrin bərkliyi 700 HV-dən 1000 HV-ə qədər artır. Sementit zərbə-abraziv yeyilmə prosesini sürətləndirir, kövrək olduğundan asanlıqla hissəciklərə parçalanaraq, özləri abraziv hissəciklərə çevrilirlər [1]. Bu zaman məmulatın səthi yeyilməsi daha da sürətlənir. Rentgenostruktur analizi zamanı müəyyən olunmuşdur ki, bu zaman strukturda olan faza 100% dəmir karbidindən ibarət olmuşdur

Tərkibdə olan qrafitin miqdarının artması ilə yeyilmə prosesi də sürətlənir və bu isə öz növbəsində yeni məsələlərin yaranmasına səbəb olur. Qrafit strukturda boşluqların olması hesab edildiyindən, materialın məsələliliyinin artmasına da gətirib çıxardır. Ümumiyyətlə isə qrafit bişirmə zamanı austeritdə yüksək həll olma qabiliyyətinə malikdir.

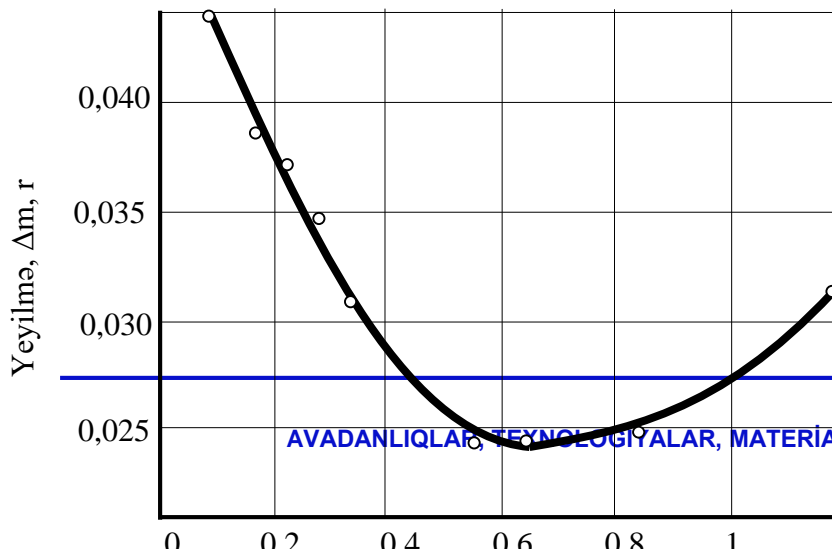
Yüksək məsələli materiallarda sürtünmə və yeyilmə prosesi, kompakt materiallara nisbətən daha intensiv baş verir. Məsələli materiallarda sürtünmə zamanı səthdən qopan dispers hissəciklər, məmulatın səthinin yeyilməsini sürətləndirir.

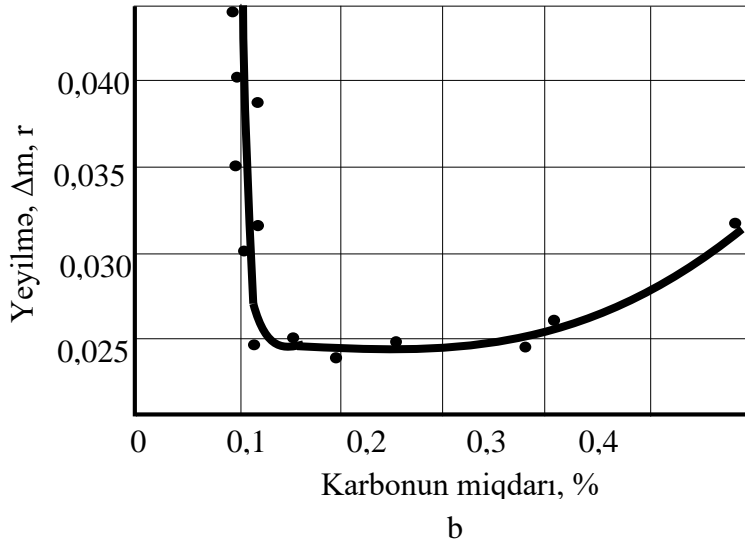
Tərkibində yüksək miqdarda qrafit olan nümunələrin səthində kələ-kötürlüyün ölçülərinin azalması, yeyilmə mexanizminin dəyişməsinə səbəb olan əsas amillərdən biridir. Məlumdur ki, tərkibdə olan karbonun miqdarının artması ilə poladların bərkliyi artır, plastikliyi azalır. Bu isə öz növbəsində poladların yeyilməsi zamanı kövrək dağılma hadisəsini yaradır, bərk struktur formalaşmasını əmələ gətirir [3]

Ovuntu şixtəsinə əlavə olunan ПВ-Х181115-56 və ПР-65Х25Г13Н3 markalı korroziyaya dözümlü polad ovuntusu alınan nümunələrin zərbə-abraziv yeyilməyə dözümlülüğünü artırır. Bu zaman ovuntu şixtəsinin tərkibində 20% liqatur olmuşdur. Yeyilməyə dözümlülüğün müqayisəli təhlili zamanı aydın olmuşdur ki, ən yüksək nəticələr ПР-65Х25Г13Н3 markalı bərpa olunmuş ovuntulardan hazırlanmış nümunələrdə alınmışdır.

Şixtənin optimal tərkibə çatdırılması üçün riyazi planlaşdırma metodundan istifadə edilmişdir. Bu metod bir qayda olaraq təcrübələrə söykənən nəticələr əsasında qurulur və bunun üçün dəyişən amillər və bir sıra parametrlər nəzərə alınmalıdır

Tərkibə verilən qrafit qismində ГК-3 markalı qrafitdən, xrom qismində ПР-65Х25Г13Н3 markalı li-qaturdan və ПНК-1Л15 markalı karbonil-nikel ovuntusundan istifadə edilmişdir. Bununla da kimyəvi tərkibin yeyilməyə dözümlülüğə təsiri aydınlaşdırılmışdır.





Şəkil 1. Bişirmədən sonra nümunələrin zərbə-abraziv yeyilməsinin tərkibdə olan sərbəst karbonun miqdarından asılılığı a-nəzəri olaraq, b-təcrübi olaraq

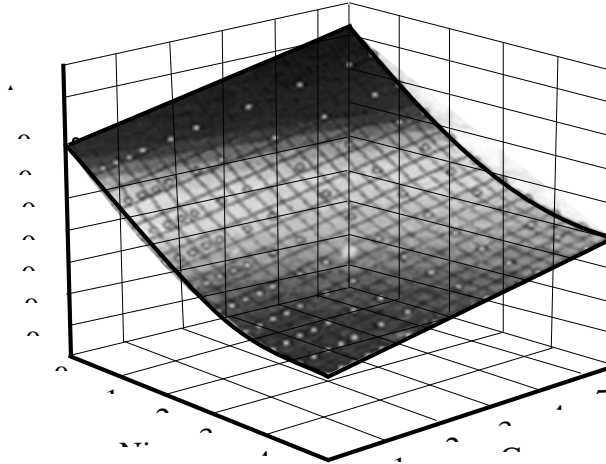
Nümunələrin alınma texnologiyası; 2 saat müddətində ovuntu şixtəsinin qranulıdırılması, 600 MPa təzyiq altında preslənməsi, 2 saat müddətində 11500C temperaturda bişirilməsi, termiki emalı (9400C-də yağ-da tablalma və 2000C-də aşağı-temperaturlu tabəksiltmə) prosesləridir. Sonda alınmış nümunələr zərbə-abraziv yeyilmə sınaqlarına uğradılır. Zərbə-abraziv yeyilməyə dözümlülüyün təyin edilməsi zamanı zərbə enerjisi 4,9 kCoul/sm, zərbənin sürəti isə 1,6 m/san təşkil etmişdir. Alınmış təcrübə nəticələri müqayisə edilmiş, statistikasını tərtib edilmiş, məlum olmayan əmsallar və bir sıra amillər nəzərə alınaraq, aşağıdakı (1) ifadə alınmışdır.

$$\Delta m = 0,068 + 0,0029Cr - 0,0172Ni + 0,017Ni^2 \quad (1)$$

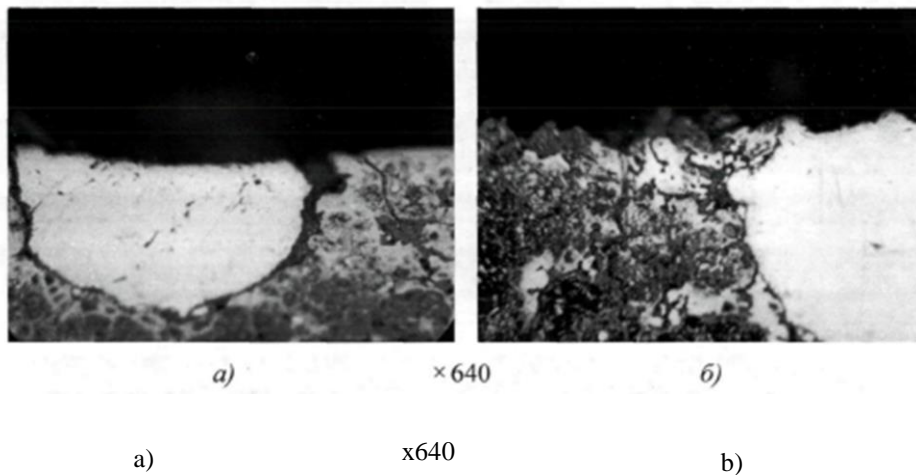
İstifadə etdiyimiz (1) ifadəsində görüldüyü kimi mütləq yeyilmənin qiyməti əsas olaraq tərkibdə olan xrom (Cr) və nikel (Ni) asılıdır. Zərbə-abraziv yeyilmə sınaqlarına uğradılan nümunələrin tərkibində olan xrom, ПП-65Х25Г13Н3 markalı ovuntu şəklində (liqatur şəklində) əlavə edilməklə əldə olunmuşdur. Bu zaman nümunələrin yeyilməsi xromun miqdarının dəyişməsi ilə müxtəlif qiymətlər almışdır. Şixtəyə əlavə olunan 4%-ə qədər nikel, gözlənilmədiyi kimi nümunələrin yeyilməsini intensiv olaraq azaltmışdır. Lakin şixtədə olan nikelin miqdarı 4,5-5% həddində olduqda bunları demək mümkün olmamışdır. Belə ki, tərkibdə nikelin miqdarı 4,5-5% olduqda, nümunələrin səthi yeyilməsi zamanı müxtəlif səthi əyilmələr, kənarların deformasiyası, lokal (yerli) yeyilmə şəraiti əmələ gəlir [6]. bu zaman nümunələrin kütlə itkisi isə 0,01-0,04 qram təşkil edir

Tərkibində nikel olmayan nümunələrin zərblə-abraziv yeyilmə sınaqlarından əldə olunan mikrostrukturlarının analizindən aydın olmuşdur ki, sınıqların yaranma səbəbləri kimi əsas çatların yaranmasıdır (şəkil 3, ağ sahələr). Bu zaman ПП-65Х25Г13Н3 ərintisi (ağ sahə) ilə ayrılma sərhəddi əmələ gətirən çatların yaranması zərblə-abraziv yeyilmə zamanı dağılma prosesini intensivləşdirir. Nəticədə hissəciklərarası əlaqə qüvvəsinin azalması daha da sürətlənir, nümunə asanlıqla deformasiyaya müqavimətini itirərək dağılır. Bu səbəbdən də ПП-65Х25Г13Н3 markalı ovuntu hissəciklərindən hazırlanmış nümunələrdə səthin yeyilməsi bilavasitə tərkibdə olan xromun miqdarından asılı olaraq dəyişir. Tərkibində xrom olan nümunələrin yeyilmə prosesinin belə modeli, xətti xarakter daşıyır (şəkil 2). Nikellə legirlənmiş ovuntu poladlarının yeyilməyə dözümlülüyünün artırılması bişirmə zamanı diffuziyanın baş verməsi ilə əlaqəli olaraq dəyişir.

Bişirmə zamanı ПП-65Х25Г13Н3 markalı ovuntu hissəcikləri ilə nikel və dəmir hissəciklərinin əlaqə qüvvəsi artdığından zərblə-abraziv yeyilmə zamanı çatların əmələ gəlməsi xeyli ləngiyir (şəkil 3, b). Aparılmış təcrübələrdən məlum olmuşdur ki, legirli ovuntu poladlarının yeyilməyə dözümlülüyünə təsirinə görə qrafit az əhəmiyyətliyədir. Bu onunla izah olunur ki, yeyilməyə dözümlülüyünə təsirinə görə struktur formalaşması daha vacibdir. Belə ki, tərkibdə olan qrafit səthi yeyilmə prosesində elə də önəmli rol daşımır, səthin dağılması prosesində rolu demək olar ki, çox azdır. Ancaq nümunələrin struktur formalaşmasının lazımı səviyədə olması nümunələrin bütün səthi və həcmi boyu yeyilməyə dözümlülüyünü artırır. Lakin bu deyilənləri qrafit üçün demək bir qədər çətindir. Çünki qrafit səthə yaxın zonalarda bərk yağlayıcı rolunu oynasa da, məmulatın daxilində gərginlik mənbəyi kimi qalaraq etibarlılığı azaldır.



Şəkil 2. Fe-Cr-Ni-C (qrafit) əsaslı aşınma poladların mütləq yeyilməsinin tərkibdə olan xrom (Cr) və nikeldən (Ni) asılılığı





Təcrübələrdən alınmış ümumi nəticələrə əsasən onu demək olar ki, zərblə-abraziv yeyilməyəyədö-zümlülüyün artırılması üçün kimyəvi tərkib kifayət etmir. Belə ki, zərblə-abraziv yeyilməyəyədözümlülüyün yüksək olması üçün kimyəvi tərkibdən başqa legirleyici elementlərin homogenləşmə dərəcəsi, bişirmə zama-nı diffuziya və digər amillər böyük rol oynayır.

Tərkibdə xrom və nikelin miqdarı kütləyə görə 5%-ə qədər olduqda, yeyilmə böyük intervalda dəyi-şir. Bir çox poladlarda nikelin miqdarı, hətta 4-5%-ə qədər ola bilər. Bu halda tərkibdə xrom və nikeldən baş-qa qrafitin olması da vacib hesab edilir, lakin qrafitin miqdarından başqa yeyilməyəyədözümlülüyə təsir edən ikinci böyük amil təcrübələrin düzgünlük dərəcəsidir.

## NƏTİCƏLƏR

1. Təcrübələrin aparılması zamanı məlum olmuşdur ki, ən yaxşı yeyilməyəyədözümlü ovuntu poladları, tərkibində bircins paylanmış 0,8-1,0% karbon, 3,5-4% xrom və 4-5% nikel olan ovuntu poladlardır.
2. Müəyyən edilmişdir ki, ovuntu poladlarının tərkibində olan xrom karbidi bərk struktur təşkiledicisi olsa da, zərblə-abraziv yeyilməyəyədözümlülüyü aşağı salır.
3. Ovuntu poladlarının məsaməliliyi zərblə-abraziv yeyilməsi zamanı gərginliklər konsentrasiyasının yaran-masına səbəb olur və çatların yayılması sahəsini genişləndirir. Təcrübələr göstərir ki, nümunələrin qa-lıq məsaməliliyinin azalması ilə yeyilmə də azalır.
4. Zərblə-abraziv yeyilmə şəraitində işləyən legirli ovuntu poladlarının bişiril-mə rejimi, hissəciklərarası möhkəm əlaqəni və legirleyici elementlərin həcm boyu bərabər paylanmasını təmin etməlidir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Анциферов В.Н.,Акименко В.Б. Спеченные легированные стали. М: «Металлургия», 1983. 88с.
2. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольцев М.Г. Абразивное изна-шивание.-М.: Машиностроение, 1990-224с: ил.
3. Цыркин А.Т. Исследование особенностей получения, структуры и свойств металлокерамических материалов для тяжело нагруженных узлов тепловоза. Дисс. ...к.т.н. Новочеркасск 1970.
4. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. М: Машиностроение, 1976. 270 с. 3.
5. Виноградов В.Н. и др. Изнашивание при ударе.—М .Машинострое-ние, 1982-192 с. Дубинин Г.Н. “Диффузионные покрытия на металлах”, Киев, Наука думка, 1985, 420с.
6. Мищенко А.Н. Повышение долговечности объемноармированных изделий работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания за счет использования в качестве основы нестабильно-аустенитных сталей. Дисс.канд. техн. наук.-Новочеркасск.: 1984.-186 с.

## THE EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION ON IMPACT-ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF POWDER STEELS

T.Ə. Taghiyev  
Azerbaijan Technical University  
E-mail: tagiyev-taleh@mail.ru

### ABSTRACT

The development of the main branches of modern mechanical engineering imposes on the structural and tool materials used a growing level of requirements in terms of high static and dynamic strength, resistance to brittle fracture, wear and corrosion resistance in various operating conditions. The level of these properties to a large extent ensures the reliability of parts, assemblies, working bodies of machines, mechanisms, tooling and equipment. The article discusses the effect of chemical composition on the non-edible durability of parts made from hunting steel

**Keywords:** wear resistance, chemical composition, impact strength, abrasive, alloying, powder, porosity.



## RƏYÇİLƏR QRUPU

### Azərbaycan

**Cahid Kərimov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Professor “Maşınqayırma və materialşünaslıq”  
Texnika üzrə elmlər doktoru

**Cəmaləddin Aslanov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Dosent “Neft-qaz avadanlığı”. Texnika üzrə elmlər namizədi.

**Ələsgər Əliyev**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Kafedra müdiri “Mexanika”. Texnika üzrə elmlər doktoru.

**Ələsgər Gülgəzli**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Professor “Mexanika”. Texnika üzrə elmlər doktoru.

**Əli Hikmət Əhmədov**

Fakültə dekanı “Neft-mexanika”. Texnika üzrə elmlər namizədi.

**İbrahim Həbibov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Kafedra müdiri “Mühəndis və kompüter qrafikası”  
Texnika üzrə elmlər doktoru.

**Qasım Məmmədov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,  
Tədris işləri üzrə prorektor. Texnika üzrə elmlər namizədi.

**Məleykə Məmmədova**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Professor “Mühəndis və kompüter qrafikası”  
Texnika üzrə elmlər doktoru (Azərbaycan)

**Rasim İsmayılov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Kafedra müdiri “Neft-qaz avadanlığı” Texnika üzrə elmlər  
doktoru.

**Tahir Cabbarov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Kafedra müdiri “Maşınqayırma və materialşünaslıq”. Texnika  
üzrə elmlər namizədi.

**Züleyxa Eyvazova**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Dosent “Neft-qaz avadanlığı”. Texnika üzrə elmlər namizədi.

### Almaniya

**Xudaverdi Karimov**

Direktor “IXUN Lasertechnik Gmb”, Texnika üzrə elmlər doktoru.

### Türkiyə

**Şevket Levent Ergün**

Professor, Hacettepe Universiteti, Mədən Mühəndisliyi Fakültəsi.

### Rusiya

**İsgəndər Kuzeev**

Professor, Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Kimya istehsalının maşın və cihazları kafedrası.

## GROUP OF REVIEWERS

### Azerbaijan

**Ali Hikmat Akhmedov**

The head of the faculty “Oil-Mechanics” Candidate of Technical Sciences.

**Alesgar Aliyev**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department “Mechanics”. Doctor of Technical Sciences.

**Alesgar Gulgazli**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Department “Mechanics” Doctor of Technical Sciences

**Camaladdin Aslanov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Department “Oil and gas equipment” PhD in Technical Sciences, Associate Professor.

**Gasim Mammadov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Vice-Rector for Academic Affairs. Candidate of Technical Sciences.

**Ibrahim Habibov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department “Engineer and Computer Graphics”. Doctor of Technical Sciences.

**Jahid Kerimov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Department “Mechanical Engineering and Materials Science”. Doctor of Technical Sciences.

**Maleyka Mammadova**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Department “Engineer and Computer Graphics” Doctor of Technical Sciences.

**Rasim Ismayilov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department “Oil and gas equipment” Doctor of Technical Sciences.

**Tahir Cabbarov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department “Mechanical Engineering and Materials Science” PhD in Technical Sciences.

**Zuleykha Eyvazova**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Associate Professor “Oil and gas equipment” Associate professor. PhD in Technical Sciences.

### German

**Xudaverdi Karimov**

Director of “IXUN Lasertechnik Gmb”, Associate professor. PhD in Technical Sciences.

### Turkey

**Shevket Levent Ergun**

Professor, Faculty of Mining Engineering, Hacettepe University.

### Russia

**Iskander Kuzeev**

Professor, Department of “Machines and devices of chemical production”, Ufa State Petroleum Technical University.

## JOURNAL INDEXING



© THE BALTIC SCIENTIFIC JOURNALS

ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055, DOI: 10.36962/ETM

©**Publisher:** Azerbaijan State Oil and Industry University. İ/C 1400196861 (Azerbaijan)

**Rector:** Mustafa Babanlı. Doctor of Technical Sciences. Professor.

**Editors-in-chief:** Ibrahim Habibov

**Technical and reviewer team manager:** Zuleykha Eyvazova.

**Registered address:** 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ1010.

©**Editorial office:** 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ1010.

©**Typography:** Azerbaijan State Oil and Industry University İ/C 1400196861 (Azerbaijan).

**Registered address:** 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ 1010.

**Publisher:** International Research, Education & Training Center. MTÜ (Estonia, Tallinn), R/C 80550594

**Director and Founder:** Seyfulla İsayev. (Azerbaijan)

**Deputy and Founder:** Namig İsayade. PhD in Business Administration. (Azerbaijan)

©**Editorial office / Redaksiya:** Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Narva mnt 5, 10117

**Telephones / Telefonlar:** +994 55 241 70 12; +994 51 864 88 94

**Website/Veb səhifə:** <http://sc-media.org/>

**E-mail:** sc.mediagroup2020@gmail.com, sc.mediagroup2017@gmail.com

ISSN : 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055, DOI: 10.36962/ETM

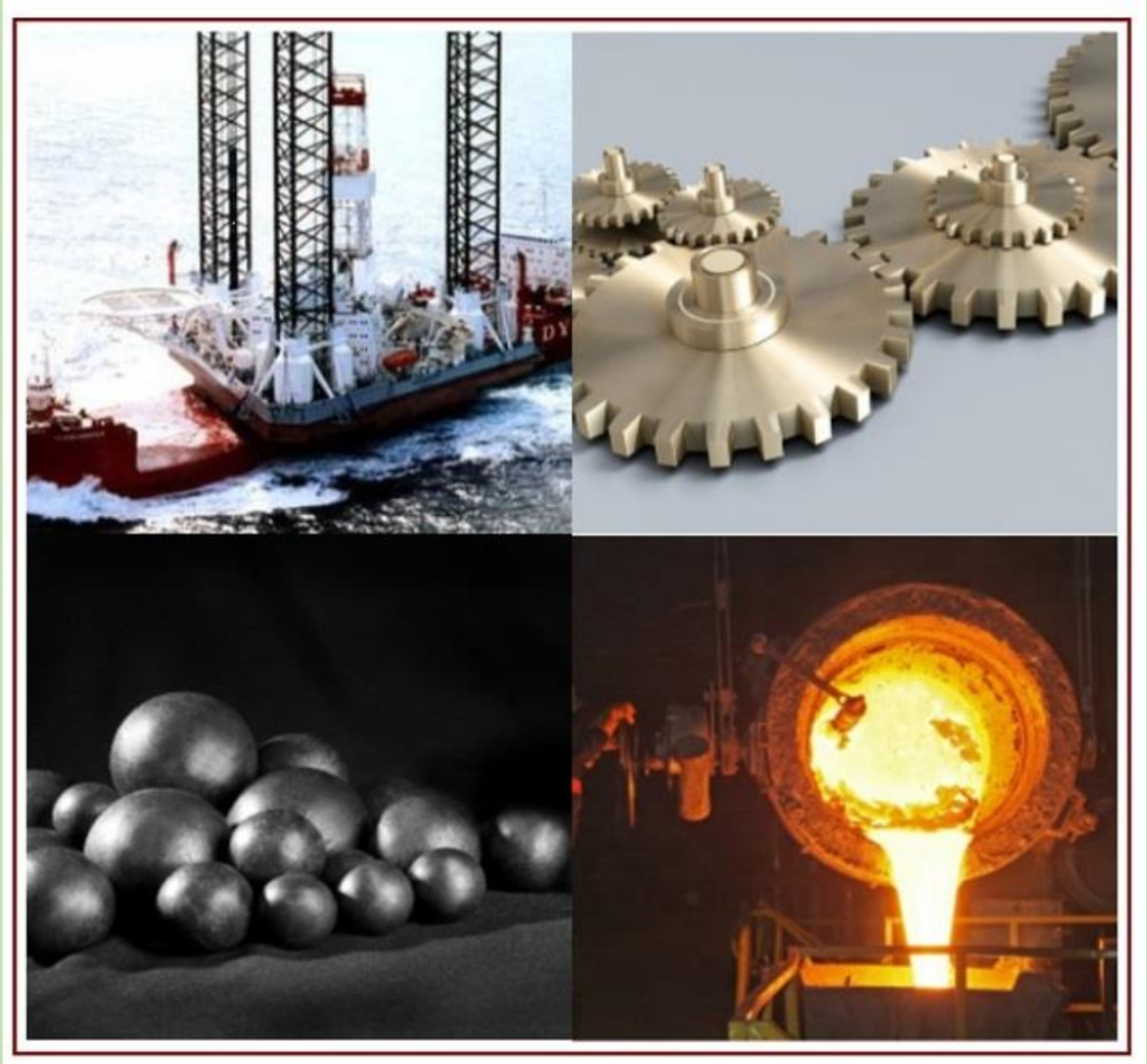
# EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS

AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERIALLAR

ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ

VOLUME 03 ISSUE 01 2020

CİLD 03 BURAXILIŞ 01 2020



<http://emtasoiu.com/index.php/en/>

<http://sc-media.org/etm/>