

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

# EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS

AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERİALLAR  
ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ

VOLUME 12 ISSUE 04 2022

CİLD 12 BURAXILIŞ 04 2022



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

<https://bsj.fisdd.org/index.php/etm>

Platform &  
workflow by  
**OJS/PKP**

The beautiful thing about learning is nobody can take it away from you—B. B. King

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

# EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS

AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERIALLAR  
ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ

VOLUME 12 ISSUE 04 2022

CİLD 12 BURAXILIŞ 04 2022

JOURNAL INDEXING  
CROSSREF

AZERBAIJAN BAKU 2022

**Editors-in-chief:** Ibrahim Habibov  
**Deputy of Editor-in chief:** Gasim Mammadov  
**Baş Redaktor:** İbrahim Həbibov  
**Baş redaktorun müavini:** Qasım Məmmədov  
**Technical and reviewer team manager:** Zuleykha Eyvazova  
**Texniki və resenzerent qrupun meneceri:** Züleyxa Eyvazova.

**©Publisher:** Azerbaijan State Oil and Industry University LLC. İ/C 1400196861 (Azerbaijan).  
**©Nəşriyyat:** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. MMC. VÖEN 1400196861 (Azerbaijan).  
**Rector:** Mustafa Babanlı. Doctor of Technical Sciences. Professor.  
**Rektor:** Mustafa Babanlı. Texnika Elmləri Doktoru. Professor.  
**Registered address:** 20, Azadlıq pr., Bakı, Azərbaycan, AZ1010.  
**Qeydiyyat ünvanı:** Azadlıq prospekti, 20. Bakı Azərbaycan, AZ1010.  
**©Editorial office:** 20, Azadlıq pr., Bakı, Azərbaycan, 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 (Azerbaijan).  
**Registered address:** 20, Azadlıq pr., Bakı, Azərbaycan, 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:** Namiq İsayadə. PhD in Business Administration. (Azerbaijan).  
**Direktorun müavini və Təsisçi:** Namiq 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:** <https://bsj.fisdd.org/>  
**E-mail:** sc.mediagroup2017@gmail.com

Accepted for publication in this edition / Bu nəşrdə dərc oluması üçün qəbul edilib: 03.10.2022



©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.



## MÜNDƏRİCAT / TABLE OF CONTENTS

<b>Oleq Dyshin, Ibrahim Habibov, Zohra Garayeva</b> THE CHOICE OF MATERIAL FOR THE SEALING ELEMENT OF THE GATE VALVE ASSEMBLY .....	04
<b>İsmayıl Sadıqov, Qəzalə Xeyrəbadi</b> SFERİK QABIQLARDA RƏQSLƏRİN TƏDQIQI .....	11
<b>Tarana Sadigova</b> RECOVERY OF OIL FROM BITUMINOUS SANDS BY GASEOUS HYDROCARBONS .....	21
<b>Tahir Suleymanov, Suleyman Əfəndi, Orxan Cahangirov</b> ŞTANQLI QUYU NASOSLARINDA ENERJİ İTKİLƏRİNİN AZALDILMASI ÜÇÜN OPTİMAL KONSTRUKTİV VARIANTIN İŞLƏNMƏSİ .....	25
<b>Sakit Abbasov, Serxan Süleymanzadə</b> MƏSAMƏLİ DAĞ SUXURLARINDA BAŞLANĞIC GƏRGİNLİKLƏRİN TƏYİNİ .....	32
<b>Zenfira Hüseynli, Nurlan Qurbanov</b> KİPLƏNDİRİCİLƏRİN UZUNÖMÜRLÜLÜYÜNÜN TƏYİNİ .....	38
<b>Alihikmat Ahmadov, Fariz Gafarov, Makhluqa Rakhimova</b> ANALYSIS OF WASHING SOLUTIONS FOR OPENING PRODUCTIVE FORMATION IN WELL DRILLING .....	45
<b>İlqar Ahmadov, Sabina Tagiyeva, Samira Mansurova</b> INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE LOWERING DEPTH OF DOWNHOLE SUCKER- ROD PUMPS ON THE DELIVERY FACTOR .....	52
<b>Əmir Mustafayev, Çingiz Nəsirov</b> TEMPERATURA DAVAMLI KOMPOZİT ƏRİNTİLİ MATERIALLARIN ÜSTÜNLÜKLƏRİ .....	60
<b>İsmət Ağalarova, Qəzalə Xeyrəbadi</b> QURAŞIQ ANIZOTROP YARIMMÜSTƏVİ ÜÇÜN BİRİNCİ ƏSAS SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİ .....	67
<b>Camaləddin Aslanov</b> BAĞLAYICI QURULUŞLARADA SÜRTÜNMƏNİN TƏDQIQI .....	75
<b>İsmayıl Sadıqov, Qəzalə Xeyrəbadi</b> SİLİNDRİR QABIQLARIN RƏQS MƏSƏLƏLƏRİ .....	80
<b>Tarana Sadigova</b> INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN OIL RECOVERY OIL RECOVERY FROM BITUMINOUS SANDS .....	87
<b>Lalə Əliyeva, Pərvanə Cəfərova</b> POLİMER KOMPOZİT TƏRKİBLİ KİPLƏNDİRİCİ ELEMENTLƏRDƏ GƏRGİNLİKLİ DEFORMASIYA VƏZİYYƏTİNİN TƏDQIQI .....	91
<b>Nazim İbrahimov</b> LAZER QURĞUSUNDA METAL OVUNTU ÖRTÜYÜN ALINMASININ TEXNOLOJİ REJİMİ .....	100
<b>Назим Ибрагимов</b> НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОЧНОСТЬ СИЛИКАТНОГО ПОКРЫТИЯ ТРУБЫ .....	106
<b>Ибрагим Габибов, Агали Гулиев, Эльман Алиев, Айнур Шарифова, Зохра Гараева</b> ВЛИЯНИЕ СПОСОБА И РЕЖИМА ТРАВЛЕНИЯ НА СЦЕПЛЯЕМОСТЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ С ОСНОВНЫМ МЕТАЛЛОМ .....	111

## THE CHOICE OF MATERIAL FOR THE SEALING ELEMENT OF THE GATE VALVE ASSEMBLY

<sup>1</sup>Ibrahim Habibov, <sup>2</sup>Oleq Dyshin, <sup>3</sup>Zohra Garayeva

<sup>1</sup>Professor, Director of the design center "Engineer" Azerbaijan State Oil and Industry University, Doctor of technical sciences, Azerbaijan. E-mail: h.ibo@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-3393-7812>

<sup>2</sup>Senior Researcher, Research Institute "Geotechnological Problems of Oil, Gas, and Chemistry", Azerbaijan.

<sup>3</sup>Assistant, Department of Industrial Machines, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.

E-mail: zohra.abiyeva@asoju.edu.az. <https://orcid.org/0000-0001-8824-623X>

### ABSTRACT

The article is devoted to the choice of material for the sealing element of the gate assembly of gate valves. Two new composite materials have been proposed as a material for the sealing element of the valves. Where the following are selected as the matrix: butadiene-nitrile rubber of the brand SKN-26 and fluoroplast of the brand FT4. It is shown that both composite materials can be used to manufacture sealing elements for high-pressure valves. At the same time, samples from the composition with a fluoroplast matrix show the best resistance to chemical influences. It was also found that the factor of nanoparticles in the composite material contributes to the formation of a stable structure with increased physical and mechanical characteristics.

**Keywords:** gate valve, sealing element, gate, synthetic butadiene-nitrile rubber mixture, composite material.

**The relevance of the work.** In the oil sector of Azerbaijan, a wide range of oil and gas production equipment (OGPO) is used [1,2], one of them is a Christmas tree - wellhead equipment. The reliability of this system is extremely important, since the extraction of a significant amount of oil and all natural gas is carried out by these methods.

An analysis of the main causes of valve failures found that, as a rule, they are connected by a gate assembly (a pair of gate-seat) and is expressed in the form of breakages and deformations at the junction of the gate with the spindle (25-30%), fretting wear of the contact surface of the gate with the seat (22 -28%), as well as deformation in the seating surface of the seat in the body (12-15%). These reasons lead to the loss of tightness of the structure and reduce the reliability of valves during operation.

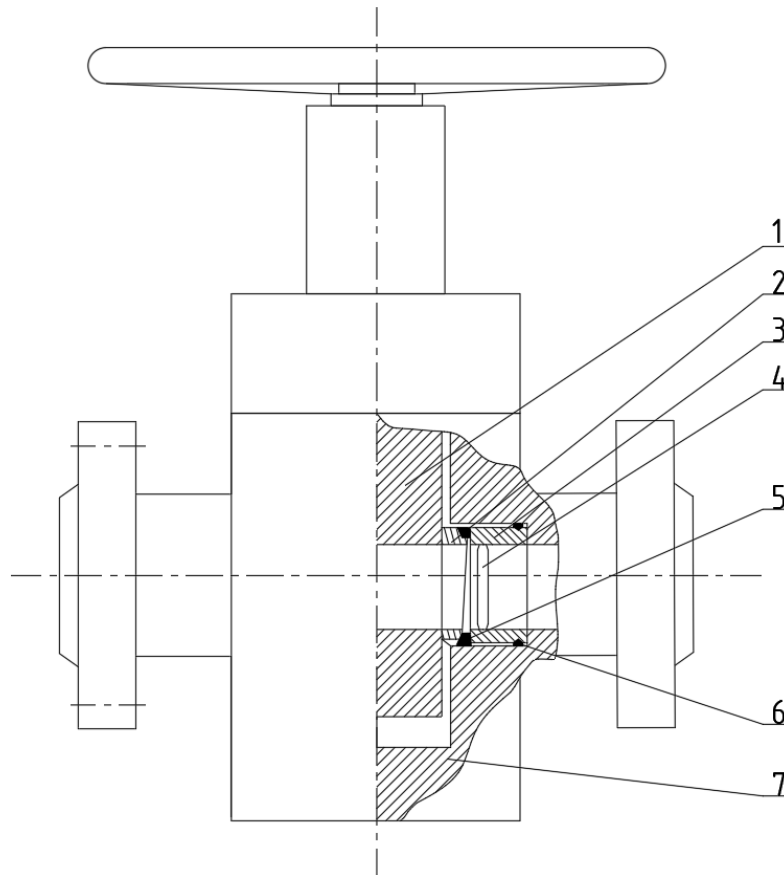
Currently, more than 1,500 direct-flow valves of various sizes are used in the oil sector of Azerbaijan [3]. Butterfly valves differ both in design and sealing principle.

A review of the performance of gate valves has established that the seals of gate valves perform the most important function, ensuring the tightness of both the gate part and between individual structural fragments: the cover and the body, as well as in flange connections. Therefore, the choice of an effective sealing scheme and the material of the sealing element is an urgent problem.

The aim of the work is to develop a material that provides high tightness of the high-pressure gate valve assembly.

The choice of the composition of the composite material and the methodological basis for conducting experimental studies.

As an object of study, a sealing unit for a direct-flow high-pressure valve (up to 70 MPa) was adopted, developed by employees of the Azerbaijan State University of Oil and Industry [4]. Figure 2 shows the general view of the valve type ZMS 65x70. A distinctive feature of this design of the gate valve from analogues is that the contact between the gate (1) and the seat is provided not in the direct mating of their working surfaces, but through the casing (2) with the supporting sealing element (6), which plays the role of a compensator between it and the seat (4).



**Figure 2.** High-pressure direct flow valve, 1 - gate; 2 - platband; 3 - saddle; 4-channel ; 5 - platband seal; 6 - sealing ring; 7 - building.

In this design, during the operation of the gate valves, both the gate and the casing wear out, which leads to the distortion of the latter, loss of stability, and subsequently to depressurization of the gate assembly. The presence of a sealing element, which, due to the accumulated potential energy, due to its deformation due to compression between the casing and the seat, maintains tightness. As the contact surfaces between the gate and the casing wear out, leading to a change in their geometry, compensation for the distortion of the casing is provided by pressing it against the gate.

At the same time, the main task is both the quality of the sealant material and the provision of the required performance characteristics. At present, rubbers based on butadiene nitrile rubbers (NBR) are used for the manufacture of sealing elements used in the construction of NGPOs, the varieties of which are more than twenty types [5,6]. However, the sealing

elements made of this material do not always meet the requirements for them, and therefore, by adding various fillers to their composition, their performance properties are improved.

Metal-polymer composite materials (MPC), where thermoplastic or thermosetting polymers with metal filler in the form of powders, fibers, tapes are used as a matrix and, in particular cases, finds wide use of a frame to ensure sealing in NGPO structures.

The introduction of dispersed fillers into polymer matrices leads to structural-phase transformations, expressed in the transformation of supramolecular structures and leading to a change in physical and mechanical properties and an increase in wear resistance. Therefore, the introduction of fillers is an effective method for the physicochemical modification of a polymer, which, through matrix structuring at various levels of organization, makes it possible to obtain PCM with the required set of properties.

In this work, two new composite materials were proposed as a material for the sealing element of gate valves. It is known [7, 8] that the properties of composite materials are largely determined by the properties of the matrix. Proceeding from this, the following were chosen as the matrix: nitrile-butadiene rubber of the SKN-26 brand and fluoroplast of the FT4 brand.

Composition K-1: This is a mixture of synthetic butadiene-nitrile rubber, with a stabilizer (Novanto) -1%, plasticizer PK-1 (in an amount of -1.5%) and copper nanoparticles (1-5%). The content of nitrile acrylic acid (NAC) in nitrile butadiene rubber is 17-19%. Isooctane-toluene, 30%, was used as a vulcanizing agent.

Composition K-2: Polymer composite materials based on polytetrafluoroethylene (fluoroplast-4, F-4) have unique properties: low coefficient of friction, high chemical and heat resistance, vibration damping. Their disadvantages are: low strength and wear resistance; this problem is partially solved by introducing various substances into the composition, including metal nanoparticles.

Fluoroplast FT4 filled with GK-1 grade graphite within (5 - 20%), thermoanthracite - 1% and copper nanoparticles, 60-80 nm in size. The introduction of thermoanthracite into the polymer composition increases the wear resistance of the material, copper improves the deformation and strength characteristics; while this anti-friction material has a stable coefficient of friction. The technology for obtaining samples from K-1 was carried out according to the recommendations of [9] in 3 stages: obtaining a workpiece, molding the product, and its vulcanization. The first stage includes two independent operations - processing the mixture under pressure and cutting it. A well-mixed matrix of a mixture with a stabilizer and a plasticizer is passed between the gaps (equal to the thickness of the rubber band) of the rollers. Each time, the surface of the tape is sprayed with a composition of a solution containing copper nanoparticles using a spray gun. The process continues until a uniform thickness of the workpiece is obtained over the entire width of the tape. After that, the tape is cut and the blank production process is completed.

Further, the product is formed by hot pressing. Bringing the resulting mixture to a viscous state in the mold, observing the technological regime (temperature of the mixture and mold heating, pressure and holding time under pressure), sealing elements are pressed. At the next stage, the products are vulcanized.

The technology for obtaining samples from composition K-2 was carried out according to the recommendations of [10]. The calculated mass of the polymer matrix and constituent components is mixed in a kerosene solution and to achieve a uniform distribution of nanoparticles in the mass, vibration technology (ultrasonic exposure) is used, and then the



mold with PCM is placed on a press plate heated to a temperature of 260 °C and maintained at this temperature until complete melting of the polymer for 10 minutes. After that, pressure is created in the mold up to 30 MPa. Then the heating is turned off and kept under pressure with natural cooling to a temperature of 220 °C, the pressure is removed. The mold is quickly lowered into a bath of running water and opened by hand.

During the tests, the characteristics were determined: compressive strength, hardness, wear resistance, chemical resistance, etc.

The compressive strength was assessed in accordance with the requirements of GOST 4651-2014. For this purpose, 25 samples were made with dimensions  $d \times h = 12.5 \times 25.4$  mm.

Chemical resistance studies were carried out in accordance with the requirements of GOST 9.030. The following were taken as the active medium: distilled water, oil, water-oil emulsion, sea and formation water, a solution of inhibited hydrochloric acid, as well as a mixture of acetic and hydrochloric acids.

Wear tests were carried out on a friction machine of the SMTs-2 type in accordance with the requirements of GOST 23.225.

**Research results and discussion:** Table 1 shows the results of studies on the evaluation of chemical resistance (degree of swelling  $\alpha = (Q_2 - Q_1) / Q_2$  samples of sealing elements in various media (where  $Q_1$  и  $Q_2$ , respectively, are the mass of samples before and after immersion in a working environment).

As can be seen from the tabular data, both composite materials showed high chemical resistance in the tested media. It was found that the change in the degree of swelling of the sealing elements in the samples from the composition K-2 is less; it is more chemical resistant.

Based on the results of tests to assess the mechanical characteristics of composite materials, it was found that the maximum values of compressive strength are: for K-1  $\sigma_{\text{Мак}}^{\text{(Cж)}} = 52,2$  МПа, for K-2  $\sigma_{\text{Мак}}^{\text{(Cж)}} = 54,1$  МПа; hardness: for K-1 HB = 42,4 МПа, K - 2 HB = 48,6 МПа.

The wear resistance of the recommended samples was determined according to the methods of ГОСТ 11629-75. The relative change in the weight of the samples and the wear rate were determined on an CMI-2 friction machine at contact pressures of 0.5-2 MPa, sliding speeds of 0.39 m/s. As a counterbody - a steel shaft made of steel 45 with a hardness of 45-50 HRC and a roughness of  $Ra = 0,06-0,07$  мкм.

During testing, the relative change in weight and wear rate in the samples was determined by the expressions  $\Delta M = M_1 - M_2 / M_1$  and  $J = M_1 - M_2 / t$ ; where  $M_1$  and  $M_2$ ; where  $M_1$  and  $M_2$  (in grams), respectively, are the weights of the test specimens at the beginning and at the end of the test;  $t$  is the test time, in hours;  $J$  is the wear intensity, in г/час. The results of the experiments are shown in Table 2.



**Table 1.** Change in the degree of swelling of the sealing elements, in %

Test environment	KM	Test period, months									
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Distilled water	K-1	-	-	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29
	K-2	-	-	-	-	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28
Oil	K-1	-	-	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,40	0,43	0,45
	K-2	-	-	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42
Water-oil emulsion	K-1	-	0,320	0,330	0,35	0,35	0,37	0,39	0,42	0,45	0,48
	K-2	-	,31	,31	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,45
Sea water	K-1	-	-	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	0,33	0,35
	K-2	-	-	-	-	0,23	0,25	0,26	0,28	0,30	0,31
Formation water	K-1	-	0,340	0,35	0,38	0,39	0,43	0,45	0,48	0,53	0,55
	K-2	-	,32	0,33	0,35	0,36	0,39	0,41	0,44	0,48	0,51
Kerosene	K-1	-	-	0,30	0,30	0,31	0,320	0,33	0,34	0,35	0,36
	K-2	-	-	-	0,28	0,30	,30	0,31	0,32	0,33	0,35
Hydrochloric acid solution	K-1	1,88	1,94	2,07	2,18	2,31	2,42	2,78	2,92	3,18	3,65
	K-2	1,75	1,87	1,99	2,03	2,12	2,29	2,43	2,71	2,93	3,23
A mixture of acetic and hydrochloric acids	K-1	2,11	2,44	2,61	2,85	3,22	3,54	3,88	4,01	4,32	4,66
	K-2	2,06	2,21	2,16	2,51	3,89	3,25	3,47	3,78	3,95	4,23

**Table 2.** Wear resistance of test specimens.

Indicators	K-1			K-2		
	0,5 МПа	1,0 МПа	2,0 МПа	0,5 МПа	1,0 МПа	2,0 МПа
$\Delta M$ , гр.	0,433	0,454	0,656	0,303	0,324	0,384
$J$ , гр/час	0,018	0,019	0,027	0,012	0,013	0,016

Note: Test time  $t=24$  hours.

As follows from the comparative analysis, samples made from composition K-2 have the lowest wear value, while the wear rates of samples from K-1 and K-2, respectively,  $J_1 = 0,021$ ,  $J_2 = 0,014$  гр/час. In addition, the relative wear values are  $J_1^{\Delta m} = 4-5\%$  и  $J_2^{\Delta m} = 1-2\%$ .

It has been established that the increase in the load created on the test specimens is proportional to the increase in the relative wear value.

Thus, based on the studies carried out to increase the life of the shut-off unit of high-pressure valves, the following conclusions can be drawn:

- the research results have shown the effectiveness of the recommended composite materials for use as anti-friction, sealing and structural materials;
- it is shown that both composite materials can be used for the manufacture of sealing elements for high pressure valves. At the same time, samples from composition K-2 show the best resistance to chemical attack.
- factor of nanoparticles in the composition of the composite material contributes to the formation of a stable structure with enhanced physical and mechanical characteristics.



- it has been established that the use of copper nanoparticles in the compositions initiates physicochemical processes in the interfacial zones and contributes to the strengthening of both the surface layers of the structure and the entire structure of composite materials.

## REFERENCES

1. Həbibov İ.Ə., Şamilov V.M., Hüseynova V.Ş., Şamilov F.V. Neftqazmədən avadanlıqlarının istismar göstəricilərinin yüksəldilməsində nanotexnologiyaların tətbiqinin müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri. ANT, 02, 2018, S.32-36
2. ГОСТ 13846-2003. «Арматура фонтанная и нагнетательная. Типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции». Минск: Бел ГИИС, 2009.
3. Aslanov C.N.. Патент Азербайджанской Республики İ 2004 0020 Прямоточная задвижка
4. Алиев Э.А., Гараева З.Г. Результаты применения новой технологии для повышения ресурса задвижек высокого давления. Баку: Оборудование, Технология, Материалы. 2021. -№ 4(8), С.10-16.
5. Борисов А.В. Особенности получения и свойства бутадиен-нитрильных каучуков, синтезированных с использованием в качестве эмульгатора анионных полимерных ПАВ /А.В.Борисов, О.К.Швецов, Е.Ю.Дуросова, А.В.Комин, Г.В.Катышева //Изв. Вузов. Химия и хим. Технол. - 2009. - Т. 52. - №10. -С.133-135
6. Шашок, Ж. С. Технология переработки эластомеров / Ж.С.Шашок, А.В.Касперович. – Минск: БГТУ, 2012. – 124 с.
7. Ершова О.В., Ивановский С.К., Чупрова Л.В., Бахаева А.Н. Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4-1. – С. 14-18.
8. Маскалюнайте О.Е. Свойства резиновых смесей и вулканизаторов на основе бутадиен-нитрильного каучука, синтезированного с применением комбинации эмульгаторов /О.Е.Маскалюнайте, Ю.Л.Морозов, Н.С.Сухина, С.Ю.Заболотских, В.А.Бубенёв, Н.М.Бухтиярова // Каучук и резина. - 2006. - №4. - С. 9-11.
9. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
10. Мустафаев С.М., Мамедов А.Г., Касымов С.А. Разработка и применения композиционного материала на основе фторопласта для уплотнительных колец // Баку: Азербайджанское нефтяное хозяйство, 1999, №7, с. 49-51.

The authors express gratitude to the Foundation for the Development of Science under the President of the Republic of Azerbaijan for financial support (Grant no. EIF -MQM-ETS-2020-1(35)-08\04\1-M-04

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ УПЛОТНИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА УЗЛА ЗАТВОРА ШИБЕРНЫХ ЗАДВИЖЕК

<sup>1</sup>Ибрагим Габиров, <sup>2</sup>Олег Дышин, <sup>3</sup>Зохра Гараева

<sup>1</sup>Профессор, Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, д.т.н, Азербайджан. E-mail: h.ibo@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-3393-78123>

<sup>2</sup>Старший научный сотрудник, НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия», к.ф-м.н, доцент, Азербайджан.

<sup>3</sup>Ассистент, кафедра «Промышленные машины», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. E-mail: zohra.abiyeva@asoiu.edu.az <https://orcid.org/0000-0001-8824-623X>

### РЕЗЮМЕ

Статья посвящена выбору материала для уплотнительного элемента затворного узла шиберных задвижек. В качестве материала для уплотнительного элемента задвижек предложены два новых композиционных материалов, где в качестве матрицы выбраны: бутадиен-нитрильный каучук марки СКН-26 и фторопласт марки FT4. Показано, что оба композиционных материалов могут быть использованы для изготовления уплотнительных элементов для задвижек высокого давления. При этом образцы из композиции с матрицей фторопласта показывают наилучшую устойчивость к химическим воздействиям. А также установлено, что фактор наночастиц в составе композитного материала способствует формированию стабильной структуры с повышенными физико-механическими характеристиками.

**Ключевые слова:** задвижка, уплотнительный элемент, затвор, смесь синтетического бутадиен-нитрильного каучука, композиционный материал.

## SFERİK QABIQLARDA RƏQSLƏRİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>İsmayıl Sadıqov, <sup>2</sup>Qəzalə Xeyrəbadi

<sup>1</sup>Professor, Mexanika kafedrası, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, t.e.d, Azərbaycan.

<sup>2</sup>Assistant, Mexanika kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: qezale@mail.ru

### XÜLASƏ

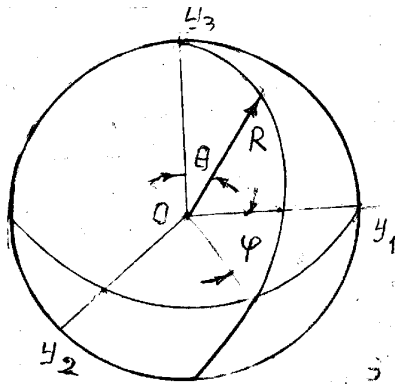
Sferik qabıqlar sənayenin bir çox sahələrində istifadə olunur. Müxtəlif qurğuların (sexlərin, sınaq laboratoriyalarının, rezervuarların və s.) tikintisi zamanı sferik qabıqlar geniş tətbiq olunur. Onlar həmçinin uçuş aparatlarında, gəmi konstruksiyalarında, radiolokasiya antenalarında və digər konstruksiyalarda da tətbiq edilir. Eyni ilə sferik qabıqlar üzrə tədqiq olunan məsələlər: rəqslər tənlikləri, əsas asılılıqlar; qapalı qabığın radial rəqsləri; sferik yatıq qabıqların qeyri-xətti rəqsləri və məcburi rəqsləri. Konik qabıqlar üzrə: nazik elastik konik qabıqların sərbəst rəqsləri, tangensial ətalət qüvvələrinin təsiri, Rits üsulunun tətbiqi.

**Açar sözlər:** qabıqların rəqsləri, sərbəst və məcburi rəqslər, ortoqonal koordinat sistemi, momentsiz nəzəriyyəsinin tənlikləri, Lamé parametrləri, tangensial ətalət qüvvələri, Kirxhof-Lyav fərziyyələri, qeyri-xətti rəqsləri, radial rəqslər.

Tutaq ki sferik qabığın (şəkil 1.) orta səthi coğrafi koordinat sistemində aid olunmuşdur –  $x_1 = \theta$ ,  $x_2 = \varphi$  ( $\theta$ -en dairəsi bucağı;  $\varphi$  – uzunluq dairəsi bucağı). Lamé parametrləri aşağıdakı düsturlarla ifadə olunurlar:

$$H_1 = R; H_2 = R \cdot \sin\theta,$$

Burada R-qabığın əyrilik radiusudur. Qabığın rəqslərinin differensial tənlikləri şəkil 1-də göstərilmişdir:



Şəkil 1. Sferik qabın ümumi görünüşü.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{11}}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial N_{12}}{\partial \varphi} + (N_{11} - N_{22}) \operatorname{ctg} \theta - Q_1 &= \rho h R \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} - R q_1; \\
 \frac{\partial N_{12}}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial N_{22}}{\partial \varphi} + 2N_{12} \operatorname{ctg} \theta - Q_2 &= \rho h R \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} - R q_2; \\
 \frac{\partial Q_1}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial Q_2}{\partial \varphi} + Q_1 \operatorname{ctg} \theta + (N_{11} + N_{22}) &= -\rho h R \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + R q_3; \\
 \frac{\partial M_{11}}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial M_{12}}{\partial \varphi} (M_{11} - M_{22}) \operatorname{ctg} \theta - Q_1 R &= 0; \\
 \frac{\partial M_{12}}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial M_{22}}{\partial \varphi} + 2M_{12} \cdot \operatorname{ctg} \theta - Q_2 R &= 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Qüvvələr və momentlər aşağıdakı düsturlarla təyin edirlər:

$$\begin{aligned}
 N_{11} &= \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{11} + \nu \varepsilon_{22}); \quad N_{22} = \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{22} + \nu \varepsilon_{11}); \\
 N_{11} = N_{21} &= \frac{Eh}{1+\nu} \left( \varepsilon_{22} - \frac{h^2}{12R} \chi_{12} \right); \\
 M_{11} = D(\chi_{11} + \nu \chi_{22}); \quad M_{22} &= D(\chi_{22} + \nu \chi_{11}); \\
 M_{12} = M_{21} &= D(1-\nu) \chi_{12}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

$\varepsilon_{\alpha\beta}$ - deformasiya komponentləri və əyriliyin dəyişiklikləri :

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{11} &= \frac{1}{R} \left( \frac{\partial u_1}{\partial \theta} + w \right); \\
 \varepsilon_{22} &= \frac{1}{R} \left( \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial \varphi} + u_1 \cdot \operatorname{ctg} \theta + w \right); \\
 \varepsilon_{12} &= \frac{1}{2R} \left( \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_2}{\partial \theta} - u_2 \operatorname{ctg} \theta \right); \\
 \chi_{11} &= \frac{1}{R^2} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} - \frac{\partial u_1}{\partial \theta} \right); \\
 \chi_{22} &= \frac{1}{R^2} \left[ \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial w}{\partial \varphi} - u_2 \right) + \operatorname{ctg} \theta \left( \frac{\partial w}{\partial \theta} - u_1 \right) \right]; \\
 \chi_{12} &= \frac{1}{R^2} \left[ \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial \theta \partial \varphi} - \operatorname{ctg} \theta \left( \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial w}{\partial \varphi} - u_2 \right) - \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial u_1}{\partial \varphi} - \frac{\partial u_2}{\partial \theta} \right].
 \end{aligned} \tag{3}$$



### Differensial tənliklərinin sadələşdirilməsi

Əyilmə gərginliyini orta səthin dartılma gərginliyi ilə müqayisədə sərbəst rəqslərin tezliyi və formasını təyin etdikdə nəzərdən ata bilərik və sadələşdirilmiş tənlikləri –qabıqlar nəzəriyyəsinin momentsiz differensial tənliklərindən istifadə etmək olar:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial N_{11}}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial N_{12}}{\partial \varphi} + (N_{12} - N_{22}) \operatorname{ctg} \theta &= \rho h R \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}; \\ \frac{\partial N_{12}}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial N_{22}}{\partial \varphi} + 2N_{12} \operatorname{ctg} \theta &= \rho h R \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}; \\ N_{11} + N_{22} &= -\rho h R \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Elastiklik asılılıqları eyni ilə sadələşdirilir:

$$\left. \begin{aligned} N_{11} &= \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{11} + \nu \varepsilon_{22}); \quad N_{22} = \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{22} + \nu \varepsilon_{11}); \\ N_{12} &= N_{21} \frac{Eh}{1+\nu} \varepsilon_{12}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Rəqslərin əyilmə formalarından axtarılıb tapmaq üçün digər sadələşdirilmiş differensial tənliklərdən istifadə oluna bilər. Tənlikləri sadələşdirmək üçün iki təkliflərdə istifadə edilir:

- 1) Tangensial ətalət qüvvələrinin təsirindən imtina etmək ;
- 2) Əyriliklərin dəyişilməsinə tangensial ətalət qüvvələrinin təsirindən imtina etmək.

Bu fərziyyələrin ardıcıl aparılması və  $\chi$  qüvvələr funksiyasının daxil edilməsi aşağıdakı differensial tənliklərə gətirilir:

$$\left. \begin{aligned} D\Delta\Delta w + \frac{1}{R} \Delta\chi + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= 0; \\ \Delta\Delta\chi - \frac{Eh}{R} \Delta w &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Orta səthi qüvvələrinin  $\chi$  funksiyası ilə əlaqəsi və Laplas operatorunun ifadəsi  $\Delta$  düsturlarla verilir:

$$\left. \begin{aligned} N_{11} &= \frac{1}{R^2} \left( \frac{1}{\sin^2 \theta} \cdot \frac{\partial^2 \chi}{\partial \varphi^2} + \operatorname{ctg} \theta \frac{\partial \chi}{\partial \varphi} \right); \quad N_{22} = \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 \chi}{\partial \theta^2}; \\ N_{12} &= -\frac{1}{R^2} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial \chi}{\partial \varphi} \right); \\ \Delta &= \frac{1}{R^2 \sin \theta} \left[ \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Bəzən (6) sistemindən qüvvələr funksiyasını dəf etmək rahatlıq verir:

$$D\Delta\Delta\Delta w + \frac{Eh}{R^2}\Delta w + \rho h \frac{\partial^2}{\partial t^2}\Delta w = 0 \quad (8)$$

### Yatıq sferik qabıqların qeyri-xətti rəqsləri

Yatıq sferik qabıqların oxa simmetrik qeyri xətti rəqslərinin öyrənilməsi üçün Bubnov-Qalyorkin üsulundan istifadə oluna bilər. Bu halda orta səthin tənliyi  $z = f(r)$  ( $r \leq r_1$ ) şəkildə olar. Deformasiyanın komponentləri aşağıdakı düsturlarla ifadə olunur:

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial f}{\partial r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial r} \right)^2; \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{r} u. \quad (9)$$

Deformasiyaların birgəliyi şərti bu şəkildə olur:

$$\frac{\partial}{\partial r}(r\varepsilon_{11}) - \varepsilon_{22} = -\frac{\partial f}{\partial r} - \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial r} \right)^2.$$

Aşağıdakı işarələri daxil etmək rahat olar:

$$\left. \begin{aligned} w^* &= \frac{w}{H}; \quad f^* = \frac{f}{H}; \quad \xi = \frac{r}{r_1}; \quad a^* = \frac{\rho h r_1^4}{DH}; \\ q^* &= \frac{q r_1^4}{DH}; \quad Q^* = \frac{Q r^2}{DH}, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Q - qabığın qütb nöqtəsində tətbiq olunan ox qüvvəsidir;  $\psi$  - qvə funksiyasıdır.

$$\psi = -\frac{N_{11} r_1^2 \xi}{D} = -\frac{N_{22} r_1^2}{D}.$$

Hərəkət tənliyinə və deformasiyanın birgəliyi tənliyinə Bubnov-Qalyorkin proseduru tətbiq etdikdən sonra məsələ iki diferensial tənliklər sistemini inteqrallanmasına gətirilir:

$$\zeta \frac{\partial^3 w^*}{\partial \xi^3} + \frac{\partial^2 w^*}{\partial \xi^2} - \frac{1}{\xi} \frac{\partial w^*}{\partial \xi} + \psi \frac{\partial}{\partial \xi} (f^* + w^*) + \int_0^\xi \left( a^2 \frac{\partial^2 w^*}{\partial t^2} - q^* \right) \xi \cdot d\xi = \frac{Q^*}{2\pi};$$

$$\xi \frac{\partial^2 \psi}{\partial \xi^2} + \frac{\partial \psi}{\partial \xi} - \frac{1}{\xi} \psi - \frac{1 - \nu^2}{\delta^2} \cdot \left[ \frac{df^*}{d\xi} \frac{\partial w^*}{\partial \xi} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w^*}{\partial \xi} \right)^2 \right] = 0.$$

Aşağıdakı sərhəd şərtlərindən  $\xi = 1$ , ( $r=r_1$ ) alırıq:

$$w^* = 0; \quad \frac{\partial w^*}{\partial \xi} = -\alpha \frac{r_1}{DH} M_{11}; \quad u_1^* = -\mu \frac{r_1}{Eh} N_{11}.$$

$\alpha$  və  $\mu$  əmsallarına müxtəlif qiymətlər verməklə sərhəd şərtlərinin müxtəlif variantını alırıq :



- $\alpha = 0$  ,  $\mu = 0$  – sərt bağlanmış kontur;  
 $\alpha = 0$  ,  $\mu = \infty$  - sərbəst bərkidilmiş kontur;  
 $\alpha = \infty$  ,  $\mu = 0$  – sərt bərkidilmiş kontur;  
 $\alpha = \infty$  ,  $\mu = \infty$  sərbəst oturan kontur.

### Yatıq sferik qabıqların məcburi rəqsləri

Dövrü dalğalandırma qüvvəsinin təsirindən yatıq sferik qabığın məcburi rəqslər tənlikləri aşağıdakı şəkildədir:

$$\begin{aligned}
 D\Delta\Delta w + \frac{1}{R}\Delta\chi + \rho h \frac{\partial^2 w}{\rho t^2} &= P_0 \delta(r - r_0) e^{i\omega_0 t}; \\
 \frac{1}{Eh}\Delta\Delta\chi &= \frac{1}{R}\Delta w.
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Tənliklərdən zamanı çıxmaqla  $\chi = \bar{\chi} e^{i\omega t}$ ,  $w = \bar{w} e^{i\omega t}$  və yeni köməkçi  $F$  və  $\psi$  funksiyaları daxil etməklə :

$$\bar{\chi} = F - \frac{Eh}{R} \psi; \bar{w} = \Delta(\psi - \lambda F),$$

burada

$$\lambda = (\rho h \omega_0^2 R)^{-1}$$

əmin olmaq olar ki,  $F$  və  $\psi$  funksiyaları aşağıdakı tənlikləri ödəyəcəklər:

$$\begin{aligned}
 \Delta\Delta F &= 0; \Delta(\Delta\Delta - b^4) \psi = \frac{1}{D} P_0 (\bar{r} - \bar{r}_0); \\
 b^4 &= \frac{1}{D} \left[ \frac{1}{R\lambda} - \frac{Eh}{R^2} \right].
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

### Konik qabıqların rəqsləri

Nazik elastiki konik qabıqların dinamik hal üçün differensial tənlikləri.

Tutaq ki, konik qabığın orta səthi  $x, \phi$  ortoqonal koordinat sisteminə aid olunmuşdur .

Lyame əmsalları bunlardır:

$$H_1 = 1; H_2 = x \cdot \sin\alpha,$$

burada  $\alpha$  – konusun açılış bucağı yarısına bərabərdir.

Konik qabığın rəqslər tənlikləri aşağıdakı kimidir :

$$\frac{1}{x} \frac{\partial(N_{21}x)}{\partial x} + \frac{1}{x \sin\alpha} \cdot \frac{\partial N_{22}}{\partial \phi} + \frac{1}{x} N_{21} - \frac{Q_2}{x \operatorname{tg}\alpha} + q_2 = \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2};$$



$$\frac{1}{x} \frac{\partial(Q_1 x)}{\partial x} + \frac{1}{x \sin \alpha} \cdot \frac{\partial Q_2}{\partial \varphi} + \frac{N_{22}}{x \operatorname{tg} \alpha} - q_3 = -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}; \quad (13)$$

$$\frac{1}{x} \frac{\partial(M_{11} x)}{\partial x} + \frac{1}{x \sin \alpha} \cdot \frac{\partial M_{12}}{\partial \varphi} - \frac{1}{x} M_{22} - Q_1 = 0;$$

$$\frac{1}{x} \frac{\partial(M_{12} x)}{\partial x} + \frac{1}{x \sin \alpha} \cdot \frac{\partial M_{22}}{\partial \varphi} + \frac{1}{x} M_{12} - Q_2 = 0.$$

Qüvvə və momentlər (2) düsturları ilə ifadə olunurlar, lakin onlarda  $\frac{1}{R_1} = 0$ ,

$R_2 = x \operatorname{tg} \alpha$  olduğunu nəzərə almaq lazımdır.

Deformasiya komponentləri və əyriliklər dəyişikləri aşağıdakılardır:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{\partial u_1}{\partial x}; \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{x \sin \alpha} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x} + \frac{u_1}{x} + \frac{w}{x \operatorname{tg} \alpha}; \\ \varepsilon_{12} &= \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{x \sin \alpha} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial \varphi} + x \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{u_2}{x} \right) \right]; \\ \chi_{11} &= \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \chi_{22} = \frac{1}{x^2 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \frac{\partial w}{\partial \varphi} - u_2 \cos \alpha \right) + \frac{1}{x} \frac{\partial w}{\partial x}; \\ \chi_{12} &= \frac{1}{x \sin \alpha} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial \varphi} - \frac{1}{x} \frac{\partial w}{\partial \varphi} - \frac{\partial u_2}{\partial x} \cos \alpha \right). \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Kənar qaydasının təqribi tənlikləri, tangensial ətalət qüvvələri nəzərə almadıqda konik qabıq üçün aşağıdakı şəkil alacaqlar:

$$\begin{aligned} \Delta \Delta w + \frac{1}{x \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} - \rho h \omega^2 w &= 0; \\ \frac{1}{Eh} \Delta \Delta \chi &= \frac{1}{x \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \\ \Delta &= \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{1}{x^2 \cdot \sin^2 \alpha} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \end{aligned} \quad (15)$$

Orta səthinin tangensial qüvvələri gərginliklər funksiyası ilə aşağıdakı düsturlarla bağlıdır:



$$N_{11} = \frac{1}{x^2 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{\partial^2 \chi}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{x} \frac{\partial \chi}{\partial x^2}; \quad N_{22} = \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2};$$

$$N_{12} = -\frac{1}{x \sin \alpha} \left( \frac{\partial^2 \chi}{\partial x \partial \varphi} - \frac{1}{x} \frac{\partial \chi}{\partial \varphi} \right).$$

### Konik qabıqların sərbəst rəqsləri.

Yarımmomentsiz nəzəriyyə. Əgər doğranla istiqamətində ətalət qüvvələrini nəzərdən atsaq yarımmomentsiz nəzəriyyənin təsirlərini nəzərə alsaq, konik qabığın kiçik rəqslərinin differensial tənlikləri nəzərə alınar:

$$\frac{\partial(N_{11}x)}{\partial x} + \frac{1}{\sin \alpha} \cdot \frac{\partial N_{12}}{\partial \varphi} = 0;$$

$$\frac{\partial N_{22}}{\partial \varphi} + \sin \alpha \left[ \frac{\partial(N_{12}x)}{\partial x} + N_{12} \right] - \frac{1}{x \tan \alpha} \cdot \frac{\partial M_{22}}{\partial \varphi} = x \sin \alpha \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2};$$

$$\frac{1}{x \tan \alpha} N_{22} + \frac{1}{x^2 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{\partial^2 M_{22}}{\partial \varphi^2} + \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} = 0;$$

$$\sin \alpha \cdot \frac{\partial(x \chi_{22})}{\partial x} - \frac{\partial \chi_{12}}{\partial \varphi} = 0;$$

$$\frac{\partial \chi_{11}}{\partial \varphi} - \sin \alpha \left[ \frac{\partial(x \chi_{12})}{\partial x} + \chi_{12} \right] - \frac{1}{x \tan \alpha} \cdot \frac{\varepsilon_{11}}{\partial \varphi} = 0;$$

$$\chi_{11} \cos \alpha + \frac{1}{x \sin \alpha} \cdot \frac{\partial^2 \varepsilon_{11}}{\partial \varphi^2} = 0.$$

(16)

(16) sistemin birinci üç tənlikləri hərəkət tənlikləri axırıncı üç tənlikləri isə deformasiyaların kəsilməzlik tənlikləridir.

$\theta$  və  $\psi$  köməkçi funksiyaları aşağıdakı düsturlara daxil edək:

$$\chi_{22} = \frac{1}{x \sin \alpha} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial \varphi}; \quad \chi_{12} = \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0;$$

(17)

$$T_{11} = \frac{1}{x \sin \alpha} \frac{\partial \theta}{\partial \varphi}; \quad T_{12} = -\frac{\partial \theta}{\partial x}.$$

Həlli aşağıdakı şəkildə qəbul edək :

$$\{u_2, \theta, \psi\} = (\bar{u}_2, \bar{\theta}, \bar{\psi}) \sin n \varphi e^{i \omega t};$$

$$\{w, \varepsilon_{22}\} = (\bar{w}, \bar{\varepsilon}_{22}) \cos n \varphi e^{i \omega t};$$

Sadələşdirilmiş elastiki asılılıqlardan istifadə etməklə:  $M_{22} = -D \chi_{22}$ ;

$$\varepsilon_{22} = \frac{1}{Eh} T_{22}, \text{ alırıq:}$$

$$\bar{w} = \frac{x \sin \alpha}{n^2 - \cos^2 \alpha} (\bar{\varepsilon}_{22} \cdot \cos \alpha - n \bar{\psi});$$

$$\bar{u}_2 = \frac{x \sin \alpha}{n^2 - \cos^2 \alpha} (n \bar{\varepsilon}_{22} - \bar{\psi} \cos \alpha);$$

$$\bar{w} \operatorname{tg} \alpha + \bar{u}_2 x \sin \alpha \approx \frac{n^2 + \cos^2 \alpha}{n^2 - \cos^2 \alpha} x^2 \bar{\psi} \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\bar{\varphi} = -\frac{Eh x \sin^3 \alpha \cos \alpha}{n^2 (n^2 - \cos^2 \alpha)} (x^2 \bar{\psi}')'; \quad (18)$$

$$\frac{Eh x \sin^5 \alpha \cdot \cos \alpha}{n^2 (n^2 - \cos^2 \alpha)} \{x^2 [x(x^2 \bar{\psi}')']'\} + \frac{Dn^2 (n^2 - \cos^2 \alpha)}{x \sin \alpha \cos \alpha} \psi - x^3 \sin^2 \alpha$$

$$\cdot \operatorname{tg} \alpha \rho h \omega^2 \frac{n^2 + \cos^2 \alpha}{n^2 - \cos^2 \alpha} \bar{\psi} = 0.$$

### Konik qabıqların sərbəst rəqslərinin tənlikləri

Qapalı kəsik konik qabığın ( $x_1 \leq x \leq x_2 = l + x_1$ ) (15) tənliklərinin həllini Qalyorkin üsulu ilə aşağıdakı sıraların köməyi ilə aparırıq:

$$w = \cos m \varphi \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin \frac{an(x - x_1)}{l};$$

$$\chi = \cos m \varphi \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \frac{an(x - x_1)}{l}; \quad (19)$$

$$\left( a_n = \frac{\pi n}{1 - \xi}, \xi = \frac{x_1}{l} \right).$$

Qalyorkin əməliyyatının istifadəsi rəqslərin məxsusi tezliyinin aşağıdakı ifadəsini verir:



$$\omega_{mn}^2 = \frac{D}{\rho l^4 h} \left\{ \left[ a_n^4 \frac{1-\xi^5}{10} + a_n \left( 1 + \frac{2m^2}{\sin^2 \alpha} \right) \left( a_n \frac{1-\xi^3}{6} - \frac{1-\xi}{2a_n} \right) + \left( \frac{m^4}{\sin^4 \alpha} - \frac{4m^2}{\sin^2 \alpha} \right) \frac{1-\xi}{2} \right]^2 + 12(1-\nu^2) \frac{l^2}{h^2} \frac{a_n^4}{\operatorname{tg}^2 \alpha} \times \left[ \frac{1-\xi^4}{8} - \frac{3(1-\xi^2)}{8a_n^2} \right]^2 \right\} \times \left\{ \left[ a_n^4 \frac{1-\xi^5}{10} + a_n \left( 1 + \frac{2m^2}{\sin^2 \alpha} \right) \times \left( a_n \frac{1-\xi^3}{10} - \frac{1-\xi}{2a_n} \right) + \left( \frac{m^4}{\sin^4 \alpha} - \frac{4m^2}{\sin^2 \alpha} \right) \frac{1-\xi}{2} \right] \left[ \frac{1-\xi^5}{10} - \frac{1-\xi^3}{2a_n^2} + \frac{3(1-\xi^3)}{8a_n^2} \right] \right\}^{-1}$$

### Nəticə

Təqdim edilən məqalədə sferik və nazik divarlı konik qabıqlar qabıqlar üçün sadələşdirilmiş (qeyri-xətti və məcburi rəqslər üçün) diferensial (asimptotik) tənliklər alınmış, mühəndis hesablamaları üçün təklif olunmuşdur. Alınan tənliklərin həlli Bubnov-Qalyorkin və Rits üsulları seçilmişdir. Həmin üsulların tətbiqi üçün daxilində triqonometrik funksiyaları saxlayan sıralar seçilmişdir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Болотин В.В. О влиянии безмоментного напряжённого состояния на спектры собственных колебаний тонких упругих облочек. «Изв. АН СССР, Механика и машиностроение», 1962, №4
2. Гричолук Э.И. Э.И. Нелинейные колебания и устойчивость пологих облочек и стержней. «Изв. АН СССР, ОТН», 1956, №6
3. Москаленко В.Н. О колебаниях конических облочек. Сб. «Доклады научно-технической конференции МЭИ, секции энергомашиностроения, подсекция динамика и прочность машин» М., Изд. МЭИ 1967
4. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластинок и облочек. Киев, «Наукова Думка». 1964.
5. Агеносов Л.Г. Устойчивость и колебания защемлённой конической оболочки. Сб. «Итоговая научная конференция Казанского университета за 1963., секции: математика, кибернетика и теория вероятности, механика». Казань, 1964.
6. Огибалов П.М., Колтунов М.А. Оболочки и пластины. Издательство Московского Университета. 1969, 695 стр.

## ИСЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

<sup>1</sup>Исмаил Садыгов, <sup>2</sup>Газала Хейрабади

<sup>1</sup>Профессор кафедры «Механика» Азербайджанского Университета Архитектуры и Строительства, кандидат технических наук, Азербайджан.

<sup>2</sup>Ассистент кафедры механики Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджан. Электронная почта: qezale@mail.ru



## РЕЗЮМЕ

Сферические оболочки используются во многих областях промышленности. Сферические оболочки широко применяются при строительстве различных объектов (цехов, испытательных лабораторий, резервуаров и т.д.). Они также используются в самолетах строении, в корабельных конструкциях и т.д. Также результаты исследований сферических оболочек могут быть использованы в уравнении колебаний, в том числе радиальных колебаний, во вкладышах сферических подшипников. А также в исследованиях конических оболочек включая свободные колебания в определениях действия касательных сил инерции, применение метода Ритца.

**Ключевые слова:** Колебания оболочек, свободные и вынужденные колебания, ортогональная система координат, уравнения безмоментной теории, параметры Ламе, касательные силы инерции, предположения Кирхгофа-Лява, нелинейные колебания, радиальные колебания.

## OSCILLATORY MOTION OF CYLINDRICAL SHELLS

<sup>1</sup>Ismail Sadigov, <sup>2</sup>Ghazala Kheyraadi

<sup>1</sup>Professor, Department of Mechanics, Azerbaijan University of Architecture and Construction, Ph.D., Azerbaijan.

<sup>2</sup>Assistant, Department of Mechanics, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail: qezale@mail.ru

## ABSTRACT

Spherical shells are used in many areas of industry. Spherical shells are widely used in the construction of various facilities (workshops, testing laboratories, tanks, etc.). They are also used in aircraft construction, ship structures, etc. Also, the results of studies of spherical shells can be used in the equation of vibrations, including radial vibrations, in the liners of spherical bearings. And also in the study of conical shells including free vibrations in the definitions of the action of tangential inertial forces, the use of the Ritz method.

**Keywords:** Shell vibrations, free and forced vibrations, orthogonal coordinate system, equations of momentless theory, Lamé parameters, tangential inertial forces, Kirchhoff-Love assumptions, nonlinear vibrations, radial vibrations.



## RECOVERY OF OIL FROM BITUMINOUS SANDS BY GASEOUS HYDROCARBONS

**Tarana Sadigova**

Assistant of the Department of Industrial Machinery, dissertation, Azerbaijan.

E-mail: tarana.sadiqova@asoiu.edu.az

### ABSTRACT

There was investigated in the article effectiveness of a new method of the innovative technology for extracting of oil with gas containing and under certain circumstances the propane-butane-containing hydrocarbons from bituminous sands.

According to the survey results, after soaking with a given inhibitor to the process of taking bituminous sands by method of career, production of liquid gas gives a more efficient hydrocarbon extraction rate rises.

**Keywords:** bituminous sands, gaseous hydrocarbons, polymer, propane-butane gas, temperature, inhibitor.

Given the demand for oil in the world, many countries are expanding the production of commercially important oil from oil sands as an alternative fuel, and considerable research and development work is being carried out in this direction.

The Athabasca oil sands deposit in Canada, with reserves in the millions of tonnes, produces the most oil in the world from the bituminous sands.

It is estimated that oil reserves with more than 60.0 million tons of heavy hydrocarbon components from bituminous sands are located in oil-bearing areas of Azerbaijan, especially around Mount Kirmaki in Balakhani and in the Umbaki region [1].

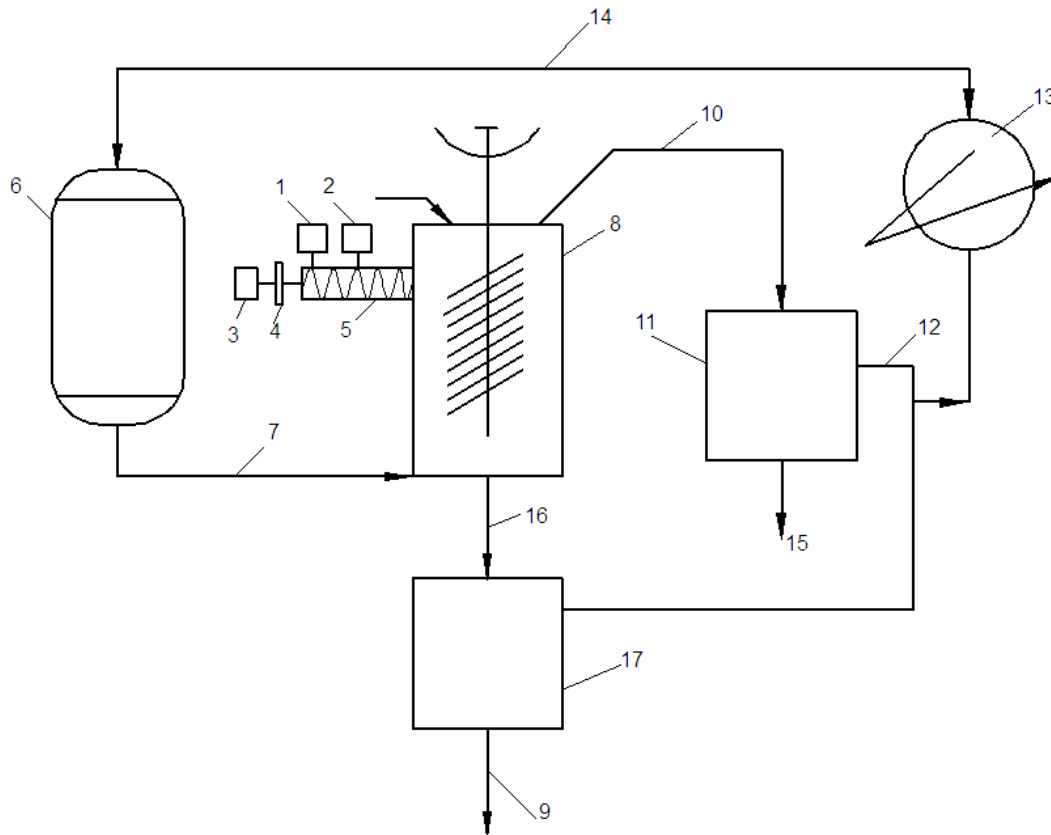
In Azerbaijan, in the 1980s, the former Research Institute of Petroleum Company had been producing oil from the sands taken from the Kirmaki field using different technological processes [2,3]. Of these technologies, the laboratory experiments with the extraction method using propane-butane liquid gases deserve special attention [3]. Another method is the extraction of oil components from oil sands by carbon dioxide extraction under pressure [4].

These research works were carried out by applying different technological processes under laboratory conditions, both of them, considering the economic efficiency of this process, in order to increase the efficiency of the extraction process, the extraction process was carried out by applying new technology under laboratory conditions.

In this study [3] extraction studies were carried out after preliminary mixing bituminous sands, selected with propane-butane gas, with hydrocarbon liquids (borehole oil or polyisobutylene polymer) in the ratio of 1:2. The results of the studies carried out were not good enough.

The aim of the article was to intensify the process of leaching heavy hydrocarbons from bituminous sands by increasing the efficiency of studies carried out with liquid propane-butane gas.

For this purpose, bituminous sands selected for this purpose were soaked in the proposed [5] aqueous and nanocomposite liquid (inhibitor) in the ratio of 1.0:1.0 and on a special laboratory unit carried out five series of research (Figure 1).



**Figure 1.** 1,2, 6-capacitor, 3-motor, 4-reducer, 5-screw, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16-motor, 8-extractor, 11-evaporator, 13-cooler, 17-evaporation power.

Bituminous sand and inhibitor are fed into auger system-5 from tanks 1 and 2. The auger system is driven by an electric motor 3 and controlled by a gearbox-4. Then, by feeding it to the upper part of the extractor-8, the counteracting process is carried out and liquid propane-butane gas from tank 6 is fed to the lower part of the extractor. In the extractor bituminous sand is mixed in different directions due to the difference between the specific gravity of the inhibitor and the specific gravity of the liquid gas. To transport the hydrocarbons extracted from the extracted ready sand from mixer 8, liquefied gas is fed into the volume of mixer 8. The mixture enters the evaporator 11 via line 10 and is heated to 400, while the propane-butane gas turns into liquid and enters the cooler 13 via line 12 and is cooled and liquefied again via line 14, capacity 6 is accessed and reused.

The hydrocarbon components extracted from the bituminous sands are removed via evaporator 11 to line 15 and sent for use. The hydrocarbon-free sands enter evaporator 17 via line-16 from extractor-8, are heated to 400°C, completely cleaned of hydrocarbons and used. The hydrocarbons remaining in tank 17 are returned to tank 11 from the top of the tank for use and utilisation. The cleaned sand in tank 17 is fed from the bottom of the tank to line 9 for use.

The propane-butane gases used in the process are used at a pressure of 0.6-0.7 MPa.



A 5-series study was carried out on an apparatus (Figure-1) fabricated in the laboratory. The liquid gas used in the experiment was 70% propane, 30% butane, with a temperature of 200°C and a pressure of 6.5 MPa.

The composition and amount of inhibitor for wetting bituminous sand was taken as follows - in % by weight, polymer-1.9, surfactant -0.9, alkali-4.9, iron nanoparticles-0.01, the rest water. Recovery results for hydrocarbon components from un-wetted bituminous sands are shown in Table 1, and recovery results for oil from the wetted sands are shown in Table 2.

**Table 1**

The initial oil saturation of the finished sands, %	Amount of oil in 1 kg of bituminous sand, g		Specific weight of oil produced, kg/m <sup>3</sup>	The viscosity of the oil produced is 40°C	Flushing rate %
	After flushing	before flushing			
9,5	95	6,95	938	132	93,0
9,7	97	6,75	937	131	95,0
8,7	97	6,22	938	130	94,0
9,1	91	4,55	938	131	95,0
9,8	98	6,86	937	132	93,0

**Table 2**

The initial oil saturation of the finished sands, %	Amount of oil in 1 kg of bituminous sand, g		Specific weight of oil produced, kg/m <sup>3</sup>	The viscosity of the oil produced is 40°C	Flushing rate %
	After flushing	before flushing			
9,5	95	12,35	935	134	87,0
9,8	98	14,7	937	132	85,0
9,6	96	12,48	931	130	87,0
9,4	94	10,34	93,5	132	89,0
9,7	97	13,58	93,6	131	86,0

Experiments have shown that during hydrocarbon extraction with liquid gas from the sands extracted from the quarry, the impregnation efficiency of the initially proposed inhibitor is higher (Tables 1, 2). Another advantage of this method is that there is no possibility of environmental contamination compared to liquid treatment.

## REFERENCES

1. B.I. Alibekov, B.M. Listengarten, V.M. Sapozhok. Baku, Azerbaijan, 1964.
2. Bagirov M.K., Grobishtein S.R. et al. "Method of processing bituminous sands" USSR Certificate of Authorship, #1002346, November 9, 1982
3. Aliev E.M., Bagirov M.K. et al. "Method of processing bituminous sands" USSR Certificate of Authorship No.1008236, December 1, 1982.
4. Mirzajanzade A.H., Mammadov G.Sh. et al. "Method of extraction of oil from oil-containing soil". Invention patent of Russian Federation, № 2189284, September 20, 2002.



5. Bagirov M.K., Sadigova T.Y., Aliyev E.N. "Composition for washing hydrocarbons from bituminous sands", positive conclusion of patent examination.

## **ДОБЫЧА НЕФТИ ИЗ БИТУМОЗНЫХ ПЕСКОВ ГАЗОВЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ**

**Тарана Садыгова**

Ассистент кафедры «Промышленные машины» Азербайджанского государственного университета нефти и промжуленности, Азербайджан. E-mail: tarana.sadigova@asoiu.edu.az

### **АННОТАЦИЯ**

В статье исследована эффективность нового способа инновационной технологии добычи нефти газосодержащими и при определенных условиях пропан-бутансодержащими углеводородами из битуминозных песков.

По результатам обследования, после пропитки данным ингибитором процесс взятия битуминозных песков карьерным способом, получение жидкого газа дает более эффективное повышение коэффициента извлечения углеводородов.

**Ключевые слова:** битуминозные пески, газообразные углеводороды, полимер, пропан-бутановый газ, температура, ингибитор.



## ŞTANQLI QUYU NASOSLARINDA ENERJİ İTKİLƏRİNİN AZALDILMASI ÜÇÜN OPTİMAL KONSTRUKTİV VARIANTIN İŞLƏNMƏSİ

<sup>1</sup>Tahir Suleymanov, <sup>2</sup>Suleyman Əfəndi, <sup>3</sup>Orxan Cahangirov

<sup>1</sup>Mexanika kafedrasının dosenti, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: tahir\_suleymanov@list.ru

<sup>2</sup>Mexanika kafedrasının doktorantı, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: suleyman.efendy@gmail.com

<sup>3</sup>Mexanika kafedrasının magistri, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: orxan.jahangirov@gmail.com

### XÜLASƏ

Təqdim olunan məqalədə ştanqlı quyu nasoslarının plunjer silindr cütliyündə həlqəvi arakəsmələrdən mayenin əks sızması nəticəsində nasosun məhsuldarlığının azalma hallarına baxılır və bu əks sızmanın qarşısını almaq üçün müxtəlif üsullar mövcudluğu göstərilir. Analitik üsulla enerji itkilərini minimuma endirmək üçün riyazi ifadələr alınmış və bunun əsasında nasosların optimal konstruktiv variantı təklif olunmuşdur.

**Açar sözlər:** maye və qaz, müqavimət əmsalı, Reynolds ədədi, boru, plunjer, silindr, ştanqlı quyu nasosu, metrik yiv.

Çox nazik radial arakəsmələrdə maye və qazın hərəkətinə baxarkən həmin arakəsmani paralel müstəvilər arasında qalan arakəsmə kimi də qəbul etmək olar /1/ Belə arakəsmələrdə maye və qazın hərəkəti zamanı adətən iki növ itki yaranır:

- arakəsmənin uzunluğuna görə;
- arakəsmələrdə əmələ gələn yerli müqavimətlərə görə.

Məlumdur ki, ümumi halda itki maye və qazın sürətinin kvadratı ilə düz mütənasib olduğundan yazıla bilər:

$$h_n = a \frac{v^2}{2g}, \quad (1)$$

Burada,  $a$  parametri müqavimət əmsalı olub, hidravlik qurğuların konstruktiv parametrlərindən asılı olur. Əgər  $\ell$  uzunluğuna malik bir arakəsmə götürsək  $a$  parametri müqavimət əmsalından asılı olaraq belə yazıla bilər:

$$\alpha = \lambda \frac{\ell}{d}, \quad (2)$$

bu ifadəni (1) düsturunda yerinə yazsaq Darsi düsturunu almış olarıq:

$$h_n = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3)$$

burada müqavimət əmsalı  $\lambda$  iki faktordan asılıdır:

1. Reynolds ədədindən;
2. Borunun keyfiyyətindən.

Reynolds ədədi bir tərəfdən mayenin özlülüyünü xarakterizə edirsə, digər tərəfdən hərəkət rejimini xarakterizə edir.

Əgər hərəkət edən mayenin özlülüyü nə qədər çox olarsa, daxili sürtünmə qüvvələri də bir o qədər çox olar, bu isə öz növbəsində itkilərin çoxalmasına gətirib çıxarır. Ona görə sürtünmə əmsalı Reynolds ədədindən tərs mütənasib olur. Təzyiq itkisi mayenin hərəkət rejiminə də müəyyən qədər təsir edir, yəni laminar hərəkətdə təzyiq itkiləri turbulent hərəkətə nisbətən çox azdır. Bu isə onunla izah edilir ki, turbulent hərəkətdə təzyiq itkisi daxili qüvvələrin dəf olunmasına və maye hissəciklərinin qarışmaması üçün sərf olunur.

Eyni zamanda borunun keyfiyyəti onun daxili səthindəki müxtəlif kələ - kötürülüyün qiyməti ilə xarakterizə olunur. Məlumdur ki, iki növ qeyri hamarlıq mövcuddur: mütləq və nisbi. Mütləq qeyri hamarlıq borunun daxili səthindəki çixıntıların ölçülərin orta qiyməti kimi başa düşülür. Neft məhsullarının nəqlində istifadə olunan bütün borular çox qeyri hamar borular qrupuna aiddir.

Mütləq qeyri hamarlıq axınının en kəsiyinin ölçülərindən asılı olduğundan təzyiq itkisinin qiymətinə bir o qədər təsir etmir. Təzyiq itkisinə ən çox təsir edən parametrlər isə nisbi qeyri hamarlıqdır. Məlumdur ki, nisbi qeyri hamarlıq dedikdə mütləq qeyri hamarlıq borunun diametrinə nisbəti kimi başa düşülür:

$$\varepsilon = \lambda \frac{\ell}{d} \quad (4)$$

Beləliklə neft məhsullarının burada hərəkəti zamanı təzyiq itkisini xarakterizə edən sürtünmə əmsalı mayenin hərəkət rejimindən asılı olub, təcrübi yolla yanaşı, empirik yolla da təyin edilir. Laminar hərəkətdə sürüşmə sürtünmə əmsalı ancaq Reynolds ədədindən asılı olub hamar borular üçün aşağıdakı düsturla təyin edilir /2/:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

Oyuqlu kanallardan ibarət borularda sürüşmə sürtünmə əmsalı oyuqlu kanalların ölçülərindən asılı olub belə tapılır /3/:

$$\lambda = \frac{64}{Re \cdot B} \quad (6)$$

burada B parametri ölçüsüz kəmiyyət olub oyuğun ölçülərindən asılıdır.

Maye belə oyuqlarda hərəkət edərkən oyuğun özündə sabit burulğanlar əmələ gəlir və bu burulğanların sayı çoxaldıqca boruda potensial axının həcmi azalır, bu isə öz növbəsində sürüşmə sürtünmə əmsalının azalmasına gətirib çıxarır. Əgər boruda oyuqlar olarsa, borunun daxili səthində ancaq kiçik ölçüdə çixıntılar olarsa, onda laminar hərəkət rejimində mayenin hərəkəti çixıntılardan asılı olmayıb sürüşmə sürtünmə əmsalı düsturu ilə hesablanır. Bu isə onunla izah olunur ki, çox qeyri hamarlığa malik borularda maye axarkən həmin çixıntıları



doldurur və heç bir itki əmələ gəlmir. Turbulent hərəkət rejimində isə sürüşmə sürtünmə əmsalı həm Reynolds ədədindən asılı olmaqla yanaşı, həm də nisbi qeyri hamarlıqdan asılı olub, aşağıdakı empirik düsturla təyin edilir:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}, \quad (7)$$

burada  $\Delta$  – mütləq qeyri hamarlıq;  
 $d$  - borunun diametridir.

Turbulent hərəkət zamanı borunun daxili səthində sərhədyanı laminar qat yarandığından Reynolds ədədi və nisbi qeyri hamarlıq eyni dərəcədə sürüşmə əmsalının qiymətinə təsir etmir. Bu laminar qatın qalınlığı sabit kəmiyyət olmayıb Reynolds ədədindən və ya mayenin hərəkət sürətindən asılı olur/4,5/. Laminar qatın qalınlığından asılı olaraq müxtəlif variantlar ola bilər. Texnikada istifadə olunan borularda laminar qatın qalınlığı mütləq qeyri hamarlığın qiymətinə bərabər olur. Bu zaman sürtünmə əmsalının qiyməti (7) düsturu ilə axtarılır.

Neft məhsullarının nəqli zamanı əsas məsələlərdən biri iqtisadi cəhətdən sərfəli olan boruların diametrinin tapılmasıdır. Əgər böyük diametrlə boru götürülsə aydındır ki, burada itkilər çoxalacaq, istismar xərcləri isə azalacaqdır. Təcrübə göstərmişdir ki, ən səmərəli diametr minimal xərclərdə olur. Bunun üçün iqtisadi səmərəli diametrə uyğun iqtisadi səmərəli sürətin qiymətini tapmaq lazımdır. Neft və neft məhsullarının nəql edən boruda iqtisadi səmərəli sürətin qiyməti 1m/san-yə bərabərdir. İqtisadi səmərəli sürətə uyğun diametr isə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{iq}}} , \quad (8)$$

burada  $Q$  - boruda axan maye sərfi;  $V_{iq}$  - iqtisadi səmərəli sürətdir.

Nəzəri tədqiqatlar göstərmişdir ki, silindr - plunjer cütliyündəki arakəsmələrdən əks axın zamanı mayenin miqdarı aşağıdakı düsturla tapılır:

$$q = \psi \pi D \frac{\Delta P \cdot \delta_0^3}{12\mu\ell} , \quad (9)$$

burada  $q$  - mayenin miqdarı;

$\Delta P$  – təzyiqlər fərqi;

$D$  - plunjerin diametri;

$\delta_0$  – arakəsmənin qalınlığı;

$\mu$  – axan mayenin dinamik özlülüyü;

$\psi$  – plunjerin silindrin daxilində bir ox üzrə yerləşməməsini xarakterizə edən əmsaldır.

Silindrin daxilində plunjerin eksentrik vəziyyətlərdə yerləşməsi zamanı radial arakəsmənin dəyişmə qanununu belə də götürmək olar:

$$\delta = \delta_0(1 + \varepsilon \cos\varphi) , \quad (10)$$

burada  $\varepsilon$  – plunjerin silindrin daxilindəki nisbi eksentrisiteti;

$\varphi$  – silindrin və plunjerin mərkəzlərindən keçən oxlar arasındakı mərkəzi bucaqdır.

Silindr və plunjerin konsentrik vəziyyətlərində  $\varepsilon = 0$  olur və  $\delta = \delta_0$  kimi qəbul edilir.

Təcrübə göstərmişdir ki, həlqəvi arakəsmədən axan mayenin miqdarı eksentrisitetdən daha çox asılıdır. Laminar hərəkət zamanı  $\varepsilon = 1$  olarsa həlqəvi arakəsmədən axan maye miqdarının qiyməti 25 dəfə arta bilər. Əgər silindrin daxilində plunjer hərəkətdə olarsa, onda həlqəvi arakəsmədən axan maye miqdarı

$$q = \pi D \left( \psi \frac{\Delta P \cdot \delta_0^3}{12\mu\ell} - \frac{U_0\delta_0}{2} \right) , \quad (11)$$

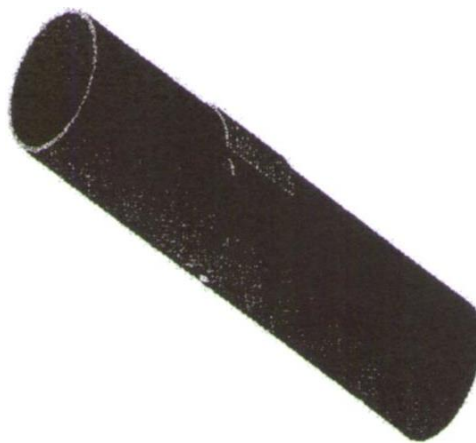
kimi tapılır.

Burada  $U_0$  - plunjerin sürətidir.

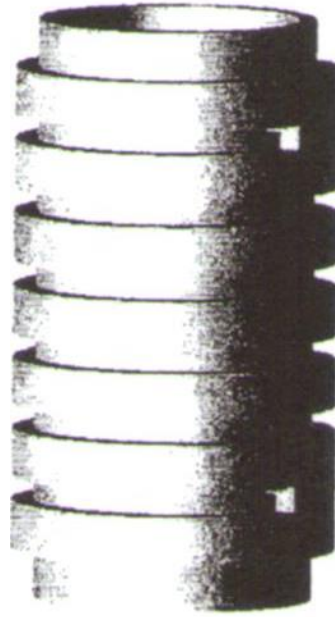
Məlumdur ki, ŞQN -nin plunjer silindr cütliyündə həlqəvi arakəsmələrdən mayenin əks sızması nəticəsində nasosun məhsuldarlığı azalır və demək olar ki, onun quyuda işlənməsinə ehtiyac qalmır. Neft - qaz sənayesində əks sızmanın qarşısını almaq üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Bu üsullara aşağıdakıları göstərmək olar:

1. Manjet plunjerdən istifadə;
2. Dairəvi oyuqlara malik plunjerdən istifadə;
3. Plunjerin bütün səthində vintvari oyuqlar açmaqla istifadə;
4. Plunjer-silindr səthində özlü-plastik mayelərdən istifadə.

Uzun müddətli tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, silindrin daxilində hərəkəti zamanı onun səthinin üç yerində daha çox yeyilmələr yaranır. Bu yeyilmələr ən çoxu plunjerin yuxarisında və aşağısında olur. Plunjerin mərkəzi hissəsində yeyilmələr bir o qədər də çox deyil. Əks sızmanın qarşısını almaq üçün aşağıdakı kimi hərəkət etmək lazımdır:



**Şəkil 1.** Borunun səthində dəliyin yeri.



**Şəkil 2.** Borunun səthində yivin görünüşü.

1. Plunjerin aşağı səthində 80 mm-lik hissə ayırıb, yeyilən yerdə metrik yiv açmalı, əks tərəfdə isə şahmat qaydası ilə düzülmüş və 45° -li bucaq altında yuxarıya yönəlmiş bir neçə deşik açmalı (şəkil 1);

2. Plunjerin səthlərində açılmış yivlərin başlanğıcında və sonunda yivin altında 2 ədəd deşiyin açılması vacibdir (şəkil 2).

Neft - qaz sənayesində belə nasosların tətbiqi iqtisadi cəhətdən çox səmərəlidir, çünki bir tərəfdən yivlər, digər tərəfdən şahmatvari şəkildə düşülmüş deşiklər əks sızmanın qarşısını alır, eyni zamanda həmin yiv və deşiklər arakəsmənin yağlanmasına şərait yaradacaqdır. Plunjerin səthində yivlərin mövcudluğu arakəsməyə daxil olan bərk qırıntıların toplanmasının qarşısını alır və nəticədə yeyilmənin qarşısını müəyyən qədər almaq olur.

Qeyd etmək lazımdır ki neft quyularının mexaniki üsulla istismarında yuxarıda göstərilən üsulların tətbiqi nəticəsində 3 - 25% əlavə neft artımına nail olmaq olar. Neft artımının 1% çoxalması millionlarla gəlirin yaranmasına səbəb olur. Məsələn neftin 3 - 25% artması ildə 10 milyon dollar gəlir gətirir /6/.

## ƏDƏBİYYAT

1. Адонин А.Н. Выбор способа добычи нефти.-М:Недра, 1981.
2. Адонин А.Н. Добычи нефти штанговыми насосами.-М:Недра, 1979.
3. Башта Т.М.Гидравлика, гидромашины гидроприводы. :Машиностроение,1982.
4. Мираджанзаде А.Х., Ахметов И.М., Хасаев А.М. Технология и добыча нефти М., Недра, 1986.
5. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти М., 2003.

6. İsmayılov F.S., Həsənov F.Q., Həsənov İ.R. Neftqaz və qazkondensat yataqlarının istismarı Bakı, 2019.

## DEVELOPMENT OF THE OPTIMUM CONSTRUCTIVE OPTION TO REDUCE ENERGY LOSSES IN ROD WELL PUMPS

<sup>1</sup>Tahir Suleymanov, <sup>2</sup>Suleyman Afandi, <sup>3</sup>Orhan Chahangirov

<sup>1</sup>Associate professor, Department of «Mechanics», Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail: tahir\_suleymanov@list.ru

<sup>2</sup>Doctoral student, Department of «Mechanics», Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail: suleyman.efendy@gmail.com

<sup>3</sup>Master, Department of «Mechanics», Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail: orxan.jahangirov@gmail.com

### ABSTRACT

In the presented article, cases of reduction of pump productivity as a result of reverse seepage of liquid from annular partitions in the plunger cylinder pair of rod well pumps are considered, and the existence of various methods to prevent this reverse seepage is shown. Mathematical expressions were obtained to minimize energy losses by analytical method, and on the basis of this, the optimal design option of pumps was proposed.

**Keywords:** liquid and gas, resistance coefficient, Reynolds number, tube, plunger, cylinder, rod well pump, metric thread.

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ВАРИАНТА СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСАХ

<sup>1</sup>Тахир Сулейманов, <sup>2</sup>Сулейман Эфенди, <sup>3</sup>Орхан Джахангиров

<sup>1</sup>Доцент кафедры Механики Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, E-mail: tahir\_suleymanov@list.ru

<sup>2</sup>Докторант кафедры Механики Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, E-mail: suleyman.efendy@gmail.com

<sup>3</sup>Магистр кафедры Механики Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, E-mail: orxan.jahangirov@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

В представленной статье рассмотрены случаи снижения производительности насоса в результате обратного просачивания жидкости из кольцевых перегородок в плунжерно-цилиндрической паре штанговых скважинных насосов и показано существование различных способов предотвращения этого обратного утечки. Были получены



математические выражения для минимизации потерь энергии аналитическим методом и на основании этого предложен оптимальный вариант конструкции штанговых насосов.

**Ключевые слова:** жидкость и газ, коэффициент сопротивления, число Рейнольдса, труба, плунжер, цилиндр, штанговый скважинный насос, метрическая резьба.



## MƏSAMƏLİ DAĞ SÜXURLARINDA BAŞLANGIC GƏRGİNLİKLƏRİN TƏYİNİ

<sup>1</sup>Sakit Abbasov, <sup>2</sup>Serxan Süleymanzadə

<sup>1</sup>Dosent, "Mexanika" kafedrasının müdiri, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, texnika elmləri namizədi, Azərbaycan, E-mail: [sakit.abbasov@asoiu.edu.az](mailto:sakit.abbasov@asoiu.edu.az) <https://orcid.org/0000-0003-2948-5171>

<sup>2</sup>Magistrant, "Mexanika" kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti Azərbaycan, E-mail: [serxanserxanserxan4@gmail.com](mailto:serxanserxanserxan4@gmail.com)

### XÜLASƏ

Neft - qaz quyuları qazılmazdan öncə onların maksimal dərinliklərinin və diametrlərinin təyin olunması, açıq fontanın qarşısının alınması və s. üçün dağ süxurlarında başlangic gərginliklərin təyin edilməsinin böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyəti vardır. Dağ süxurları məsaməli olduqlarından gərginliklərlə deformasiyalar arasındakı əlaqələr qeyri xətti olurlar. Baxılan işdə xətti və məsaməlilik nəzərə alınmaqla qeyri xətti elastiki dağ süxurlarında başlangic gərginliklər təyin edilmişdir. Moris-Levi teoreminin xətti elastiki cisimlər üçün ümumiləşmiş kvazimüstəvi deformasiya vəziyyətinə tətbiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

**Açar sözlər:** başlangic gərginliklər, dağ süxurları, xətti elastiki cisim, ağırlıq qüvvəsi, Yunq modulu, sıxılmaz ideal maye, məsaməli süxur.

**Giriş.** Məlumdur ki, dərin quyularda yerləşən dağ süxurları böyük təzyiq altında olurlar. Qazılan quyunun dərinliyi artdıqca təzyiq də artır. Böyük dərinliklərdə neft-qaz quyularında fontanların baş verməsinə səbəb də bu başlangic təzyiqlə əlaqədardır. Quyuların qazılmasında başlangic gərginliklər müəyyən problemlər yaradır. Başlangic gərginliklərin təsirindən qazılan dərin quyuların diametri kiçilir ki, bu da boruların pərçimlənməsinə səbəb olur. Bildiyimiz kimi silindrik boruya daxildən və ya xaricdən təzyiqin təsirindən asılı olmayaraq, plastiklik və dağılma adətən daxildən başlayır [3]. Neft və qaz quyularını, xarici radiusları şox böyük olan silindr formasında modelləşdirsək, müəyyən bir dərinlikdən sonra artıq quyuların daxildən divarlarında uçulmalar baş verir ki, bu da boruların tutulmasına və ya bükülməsinə səbəb olur. Qeyd etmək lazımdır ki, hətda kiçik gərginliklərdə belə qumsal süxurlar quyuya tökülə bilirlər. Lakin qazma məhlulu belə süxurların üzvlərini tamam bağlamaqla, onların quyuya tökülməsini məhdudlaşdırır. Böyük dərinliklərə qazılan quyularda isə hətta bərk dağ süxurları da oxşalanıb quyuya töküldüyündən qazma məhlulları uşulmanın qarşısını ala bilmir. Beləliklə neft - qaz quyuları qazılmazdan öncə onların kritik dərinliklərinin və diametrlərinin təyin olunması, açıq fontanın qarşısının alınması və s. üçün dağ süxurlarında başlangic gərginliklərin təyin edilməsinin böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyəti vardır.

### Məsələnin qoyuluşu

Fərz ki, quyu tələb olunan  $h$  dərinliyinə qazılmalıdır. Bunun üçün dekart koordinat sistemini elə seçməliyik ki, koordinat başlangıcı quyunun dibində olsun,  $Z$  oxu şaquli istiqamətdə yuxarıya,  $x$  və  $y$  oxları isə quyunun oxuna perpendikulyar olmaqla üfqi müstəvdə yerləşsin. Quyunun dərinliyi yer kürəsinin radiusundan çox çox kiçik olduğundan hesab etmək olar ki, yer kürəsinin  $h$  qalınlıqda olan layı iki müstəvi arasında yerləşən müstəvi lövhə şəklindədir. Qəbul edək ki, quyu qazılmamışdan dağ süxurlarındakı deformasiyalar elastikidir. Həmçinin



hesab edirik ki, dağ süxurlarının bütün istiqamətlərdə mexaniki və fiziki xassələri eynidir yəni onlar bircins və izotropdur və  $h$  hündürlükdə olan layın eninə ölçüləri çox böyükdür. Dağ süxurları bircins və izotrop olduğundan, eyni zamanda eninə ölçülər sonsuz böyük olduğundan yerdəyişmə vektorunun komponentləri aşağıdakı kimi olur:

$$u_x = 0; \quad u_y = 0; \quad u_z = u_z(z) \quad (1)$$

(1) bərabərliyini nəzərə almaqla deformasiya tenzorunun komponentləri üçün aşağıdakı ifadələri alırıq:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x} = 0; \quad \varepsilon_{yy} = \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0; \\ \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) = 0 \\ \varepsilon_{yz} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_y}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial y} \right) = 0, \\ \varepsilon_{xz} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x} \right) = 0 \\ \varepsilon_{zz} = \frac{\partial u_z}{\partial z} = u'_z \end{array} \right. \quad (2)$$

Nisbi həcmi deformasiyanı  $\theta$  ilə işarə etsək,

$$\theta = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}; \quad \theta = \varepsilon_{zz} = u'_z \quad (3)$$

Qəbul edirik ki,  $h$  qalınlığa malik dağ süxuru özünü xətti elastiki cisim kimi aparır, yəni tamamilə Huk qanununa tabe olur. Huk qanunu ilə gərginlik tenzoru komponentlərini deformasiya tenzoru komponentləri ilə ifadə etməklə (1), (2) bərabərliklərini nəzərə alsaq:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{xx} = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_{xx} = \lambda u'_z; \\ \sigma_{yy} = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_{yy} = \lambda u'_z; \\ \sigma_{xy} = 2\mu\varepsilon_{xy} = 0; \quad \sigma_{xz} = 2\mu\varepsilon_{xz} = 0; \\ \sigma_{yz} = 2\mu\varepsilon_{yz} = 0; \quad \sigma_{zz} = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_{zz} = (\lambda + 2\mu)u'_z \end{array} \right. \quad (4)$$

Burada  $\lambda, \mu$  -Lame əmsəlləridir. Tarazlıq tənlikləri sonsuz kiçik deformasiyalar üçün aşağıdakı kimi olur [1].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} + \rho F_x = 0 \\ \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} + \rho F_y = 0 \\ \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \rho F_z = 0 \end{array} \right. \quad (5)$$

Burada  $\rho$  -suxurun sıxlığı,  $\rho F_x, \rho F_y, \rho F_z$  -suxurun vahid həcmi üçün ağırlıq qüvvəsinin komponentləridir və kimi olur

$$\rho F_x = \rho F_y = 0; \quad \rho F_z = -\rho g \quad (6)$$

(4) ifadələrini nəzərə alsaq görərik ki, bu zaman (5) sisteminin birinci və ikinci tənlikləri eyniliklə ödənilirlər. Üçüncü tənlik isə aşağıdakı formada olur.

$$(\lambda + 2\mu)u_z'' = \rho g \quad (7)$$

(7)-dən

$$u_z'' = \frac{\rho g}{(\lambda + 2\mu)} \quad (8)$$

(8)-ifadəsini  $z$ -ə görə inteqrallayaq:

$$u_z' = \frac{\rho g z}{\lambda + 2\mu} + D_1 \quad (9)$$

burada  $D_1$ -ixtiyari inteqrallama sabitidir. (9)-ifadəsini də  $z$ -ə görə inteqrallasaq

$$u_z = \frac{\rho g z^2}{2(\lambda + 2\mu)} + D_1 z + D_2 \quad (10)$$

burada  $D_2$  ixtiyari inteqrallama sabitidir. Aşağıdakı şərtlərdən istifadə edərək  $D_1$  və  $D_2$  inteqrallama sabitlərini tapaq :

$$u_z(0)=0: \quad \sigma_{zz}(h) = -P_{atm} \quad (11)$$

Burada  $P_{atm}$ -atmosfer təzyiqidir. (10)-u (11)-in birinci ifadəsində nəzərə alsaq  $D_2=0$  alarıq; onda

$$u_z = \frac{\rho g}{2(\lambda + 2\mu)} \cdot z^2 + D_1 z \quad (12)$$

(12)-dən

$$u_z' = \frac{\rho g z}{(\lambda + 2\mu)} + D_1 \quad (13)$$

(13)-ü (4)-ün sonuncu tənliyində nəzərə alaq

$$\sigma_{zz} = \rho g z + (\lambda + 2\mu) \cdot D_1 \quad (14)$$

(14)-ü (11)-in  $\sigma_{zz}(h) = -P_{atm}$  şərtində nəzərə alaq

$$\rho g h + (\lambda + 2\mu) D_1 = -P_{atm}$$

buradan

$$D_1 = -\frac{P_{atm} + \rho g h}{\lambda + 2\mu} \quad (15)$$

(15)-i (13)-də yerinə yazsaq

$$u_z' = \frac{1}{\lambda + 2\mu} [\rho g (Z - h) P_{atm}] \quad (16)$$

(6)-nı (4)-də nəzərə alsaq



$$\begin{aligned}\sigma_{xx} = \sigma_{yy} &= \lambda \cdot u_z = \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} [\rho g(Z - h) - P_{atm}] \\ \sigma_{zz} &= \rho g(Z - h) - P_{atm} \\ \sigma_{xy} &= \sigma_{xz} = \sigma_{yz}\end{aligned}\quad (17)$$

(17)-dən göründüyü kimi:

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} \cdot \sigma_{zz} \quad (18)$$

Məlumdur ki,

$$\lambda = \frac{Ev}{(1+\nu)(1-2\nu)}; \quad \mu = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (19)$$

Burada  $E$ - süxur üçün Yunq modulu,  $\nu$ -Puasson əmsalıdır. (19)-u (18)-də yerinə yazmaqla alarıq:

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_{zz} \quad (20)$$

Biroxlu dartımda  $\sigma_{xx} = \sigma_{ax}$  olduğu zaman material sabit  $\sigma_a$  gərginliyi altında maye kimi axır və  $\nu = 0.5$  olur. Burada  $\sigma_{ax}$  gərginliyin axma həddidir. Bunu (20)-də nəzərə alsaq.

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_{zz} \quad (21)$$

olar.

(21) ifadəsi göstərir ki, sıxılmaz ideal mayeyə edilən təzyiq, dəyişmədən bütün istiqamətlərdə eyni ötürülür.

(19)-u (17)-də nəzərə alsaq:

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} = \sigma_{yy} &= \frac{\nu}{1-\nu} [\rho g(Z - h) - P_{atm}] \\ \sigma_{zz} &= \rho g(Z - h) - P_{atm} \\ \sigma_{xy} &= \sigma_{xz} = \sigma_{yz}\end{aligned}\quad (22)$$

(17) və (22) ifadələri dağ süxurlarında olan başlanğıc gərginliklərdir, (22) – dən göründüyü kimi dağ süxurlarındakı başlanğıc gərginliklər birinci növ elatilik modulundan asılı deyildir. Nəzərə alsaq ki, atmosfer təzyiqi 1atmosferdir və onda (17) , (22) bərabərliklərindən  $P_{atm}$ -i nəzərdən atmaq olar. Bu zaman dağ süxurlarındakı başlanğıc gərginliklərin ifadəsi aşağıdakı kimi olar:

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} = \sigma_{yy} &= \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} \rho g(Z - h) \\ \sigma_{zz} &= \rho g(Z - h) \\ \sigma_{xy} &= \sigma_{xz} = \sigma_{yz}\end{aligned}\quad (23)$$

və ya

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} = \sigma_{yy} &= \frac{\nu}{1-\nu} \rho g(Z - h) \\ \sigma_{zz} &= \rho g(Z - h) \\ \sigma_{xy} &= \sigma_{xz} = \sigma_{yz}\end{aligned}\quad (24)$$

Xətti elastiki dağ süxurlarındakı başlanğıc gərginlikləri təyin etdikdən sonra məsaməli süxurlardakı başlanğıc gərginliklərin təyin etmək mümkündür. Məlum oldu ki, məsaməli cisimlər ancaq dinamik proseslər zamanı özlərini xətti elastiki cisimlər kimi aparırlar. Kvazistatik proseslərdə hal tənlikləri aşağıdakı kimi olur

$$\varepsilon_{ij} = (1 - k_0) \frac{\varepsilon_m}{\sigma_m} \left[ (1 + \nu) \sigma_{ij} - \nu J_1 g_{ij} \right] \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (25)$$

Burada

$$k_0 = \sqrt{\frac{\sigma_m^2 - J_1^2 + 2(1 + \nu)J_2}{J_1^2 + 2(1 + \nu)J_2}}$$

$\dot{I}_1$  və  $\dot{I}_2$  – uğun olaraq gərginlik tenzorunun birinci və ikinci invariantlarıdır,  $\varepsilon_m$  və  $\sigma_m$ -uyğun olaraq deformasiya və gərginliyin xətti dartılmada ən böyük qiymətləridir,  $\nu$ -Puasson əmsalı,  $\varepsilon_{ij}$  və  $\sigma_{ij}$  deformasiya və gərginlik tenzorlarının k,  $g_{ij}$  isə metrik tenzorun komponentləridir.

Dağ süxurları məsaməli olduqlarından və onlarda mövcud olan başlanğıc gərginliklər milyon illərlə gedən kvazistatik proseslərin nəticələri olduqlarından, onlarda yaranan başlanğıc gərginlikləri təyin edərkən Huk qanunu əvəzinə (25)- dən istifadə etmək lazımdır. Lakin (25) münasibətləri qeyri xətti olduqlarından onda istifadə etmək böyük riyazi çətinliklərə gətirib çıxarır. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq üçün məsaməli cisimlər üçün də Meoris-Levi teoreminə istifadə etmək olar. Çünki, məsaməli cisimlər üçün hal tənlikləri elastik-plastik cisimlərin deformasiya nəzəriyyəsində alınmış hal tənlikləri ilə üst-üstə düşür. Dağ süxurları məsaməli mühit kimi qəbul olunduğundan və yerin dərinliklərində yerdəyişmələr ümumiləşmiş kvazi-deformasiya vəziyyətinin xüsusi bir halı olduğundan belə nəticəyə gəlmək olur ki, məsaməli süxurlarda olan başlanğıc gərginliklər də eyni zamanda Yung modulundan asılı olmayacaqdır.

Beləliklə məsaməli dağ süxurlarındakı başlanğıc gərginlikləri də (22) münasibətləri ilə təyin etmək olar.

Nəticə: Dağ süxurları məsaməli olduqlarından gərginliklərlə deformasiyalar arasındakı əlaqələr qeyri xətti olur. Baxılan işdə xətti elastiki dağ süxurlarındakı və məsaməlilik nəzərə alınmaqla qeyri xətti elastiki dağ süxurlarında başlanğıc gərginliklər təyin edilmişdir. Moris-Levi teoreminin xətti elastiki cisimlər üçün ümumiləşmiş kvazimüstəvi deformasiya vəziyyətinə tətbiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Амензаде Ю.А. Теория упругости. М. Высшая школа. 1976, 275 с.
2. Гасанов Р.А., Гулгасли А.С., Зейналов А.И. Общий вид уравнения состояния пористой среды. Азербайджанское нефтяное хозяйство. №9, 2016. С31-33.
3. Гулгасли А.С. Пластичность и длительная прочность при повторном нагружении. LAPLAMBERT 2017. 307с.
4. Ягубов Н.И., Гулгасли А.С., Аббасов С.Г. О применимости теоремы Мориса Леви задачам вязко упругости. Изв. ВУЗ-ов Нефть и газ 1994, №2. с 87-90.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРИСТЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

<sup>1</sup>Сакит Аббасов, <sup>2</sup>Серхан Сулейманзаде

<sup>1</sup>Доцент, Заведующий кафедрой «Механика», Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, Кандидат технических наук, Азербайджан, E-mail: sakit.abbasov@asoiu.edu.az <https://orcid.org/0000-0003-2948-5171>

<sup>2</sup>Магистр, кафедры «Механика», Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, Азербайджан, E-mail: serxanserxanserxan4@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

До бурения нефтегазовых скважин определение максимальных глубин и диаметров имеет большое практическое и теоретическое значение для предотвращения открытых фонтанов и определение в горных породах начальных напряжений. Так как горные породы пористые, связи между напряжениями и деформациями бывают нелинейными. В рассмотренной работе с учетом линейности и пористости в нелинейных эластических горных породах определены начальные напряжения. Определена возможность теоремы Мориса-Леви в обобщенно-квази деформированном положении для линейно-эластических тел.

**Ключевые слова:** начальные напряжения, горные породы, линейно- эластическое тело, сила тяжести, модуль Юнга, несжатая идеальная жидкость.

## DETERMINATION OF INITIAL STRESSES IN POROUS ROCKS

<sup>1</sup>Sakit Abbasov, <sup>2</sup>Sarxan Suleymanzade

<sup>1</sup>Docent, Headof the Department of Mechanics, Azerbaijan State Oil and Industry University, Candidate of technical sciences, Azerbaijan, E-mail: sakit.abbasov@asoiu.edu.az <https://orcid.org/0000-0003-2948-5171>

<sup>2</sup>Master, Department of Mechanics, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan, E-mail: serxanserxanserxan4@gmail.com

### ABSTRACT

Determining the maximum depth and diameter of oil and gas wells before they are drilled, preventing open fountains, etc. definition of initial stresses in rocks is of great theoretical and practical importance. Since the rocks are porous, the relationship between stresses and deformations is non-linear. In the considered work, initial stresses in non-linear elastic rocks have been determined taking into account linearity and porosity. The possibility of applying the Morris-Levy theorem to the generalized quasi-plane deformation state for linear elastic bodies has been shown.

**Keywords:** initial stresses, rock, linear elastic body, gravity, Young's modulus, incompressible ideal fluid, porous rock.

## KİPLƏNDİRİCİLƏRİN UZUNÖMÜRLÜLÜYÜNÜN TƏYİNİ

<sup>1</sup>Zenfira Hüseynli, <sup>2</sup>Nurlan Qurbanov

<sup>1</sup>Dosent, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, “Sənaye maşınları” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan. E-mail: huseynli\_z@rambler.ru

<sup>2</sup>Assistent, dissertant, “Materialşünaslıq və emal texnologiyaları” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan. E-mail: nurlan.gurbanov@asoiu.edu.az

### XÜLASƏ

Məqalədə kipləndiricilərin istismar prosesində müxtəlif amillərin təsirinə məruz qalaraq, tədricən və ya ani olaraq iş qabiliyyətlərini itirməsinin təhlili barədə məlumat verilir. Çoxsaylı amillər rezin kipləndiricinin işgörmə qabiliyyətinə xeyli aşağı salır və kipləndirmə effektini pozur. Elastomer təbiətinə görə kipləndiricinin yüksək elastiki material olduğunu nəzərə alsaq, onda hermetiklik düyünündə yaranan mexaniki gərginlik zaman keçdikcə dəyişəcəkdir. Başqa sözlə, qüvvənin tətbiq olunması ilə kipləndiricidə – rezində müvazinətin dəyişməsi baş verir.

Kipləndiricilərin uzunömürlülüyünü təyin etdikdə istismar amillərindən olan temperatur, vaxt, kipləndirilən mühitin aktivliyini nəzərə almaq lazımdır.

**Açar sözlər:** kipləndiricilər, konstruksiya, elastiki material, relaksasiya, uzunömürlülük.

Kipləndiricilər istismar prosesində müxtəlif amillərin təsirinə məruz qalaraq, tədricən və ya ani olaraq iş qabiliyyətlərini itirirlər. Çoxsaylı amillər rezin kipləndiricinin işgörmə qabiliyyətinə xeyli aşağı salır və kipləndirmə effektini pozur. Bu amilləri iki tipə ayırmaq olar. Birinci tip amillərə elələri aid etmək olar ki, kipləndiricidə onun fiziki və kimyəvi təbiətindən (quruluşundan) asılı olaraq dəyişiklik yaranır. Birinci tip amillərə: zaman müddəti, temperaturu, deformasiya aiddir. İkinci tip amillər kipləndirici düyünlərin konstruksiyası ilə əlaqəlidir. Deyilənlərdən aydın olur ki, kipləndiricilərin uzunömürlülüyü birinci tip amillərdən asılıdır, hansı ki, bunu tənzimləmək və materialda baş verən prosesləri uyğun biliklərlə proqnozlaşdırmaq olar. İkinci tip amillərin təsiri təsadüfi xarakter daşıyır və onları uzunömürlülüyün təyində nəzərə almaq üçün kipləndiricilərin verilən konstruksiyasının üzərində çoxlu sayda aparılan sınaqları nəticələrin statistik üsullarla təhlilinin aparılması ilə əlaqədardır.

Elastomer təbiətinə görə kipləndiricinin yüksək elastiki material olduğunu nəzərə alsaq, onda hermetiklik düyünündə yaranan mexaniki gərginlik zaman keçdikcə dəyişəcəkdir. Başqa sözlə, qüvvənin tətbiq olunması ilə kipləndiricidə – rezində müvazinətin dəyişməsi baş verir.

Kipləndiricilərin uzunömürlülüyünü təyin etdikdə istismar amillərindən olan temperatur, vaxt, kipləndirilən mühitin aktivliyini nəzərə almaq lazımdır, kipləndiricinin işgörmə qabiliyyətinin dəyişməsi  $E$ ,  $\mu_{sür}$ ,  $\alpha$  və  $h_0$  qiymətinə görə baş verir.

Məlumdur ki, rezinin E Modulu gərginlikli vəziyyətə zəif təsir göstərən vaxtın funksiyası kimi görünərsə də, kipləndiricinin deformasiya prosesində göstərdiyi təsir hərəkətsiz birləşmələrdə bu praktiki olaraq müşahidə olunmur. Təcrübə həmçinin göstərir ki, təzyiqli ötürmə vaxtı zamandan zəif asılıdır. Rezinlə metal arasındakı təmasda maolekulyar qarşılıqlı əlaqədən sürtünmə qüvvəsi yaranır. Lakin sürtünmə qüvvəsinin qiyməti gərginliklərin relaksasiyası hesabına normal qüvvənin azalmasına görə kiçilir.



Kipləndiricidə sürtünmə şəraitinin cəm dəyişməsinin onun materialında baş verən həcmi və səthindəki prosesləri  $k_\mu$  əmsali ilə qiymətləndirmək olar.

Relaksasiya prosesi, hansı ki, qalıq deformasiyanın yığılmasına və qalıq elastikliyin aşağı düşməsinə səbəb olur, vaxtdan və temperaturdan əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır.

Yuxarıda verilən sürtünmə qüvvəsi və gərginliyin vaxt və temperaturdan asılılıqlarını nəzərə almaqla:

$$k_\mu = 1 + \frac{A_F}{F_0} \lg \frac{\tau}{\tau_0}; \quad \sigma(\tau) = \sigma_0 \beta; \quad \sigma(t) = \sigma_0 \cdot k_B \quad (1)$$

- açıq yuvalı kipləndirici üçün

$$P_{kr}(t, \varepsilon) = \frac{4}{3} \mu_{sür} k_\mu \cdot E \left( 1 + \mu_{sür} k_\mu \cdot \frac{b_0}{h_0} \right) \left( \sqrt{\frac{h_0}{h}} - \frac{h}{h_0} \right) \times \\ \times (D_0 + b_0) \cdot \frac{b_0}{Dh} k_b \beta \quad (2)$$

- bağlı yuvalı kipləndiricinin daxili diametri gərilməsi ilə quraşdırılan hal üçün

$$\sigma^*(t, \tau) = \frac{2}{3} E \left( \sqrt{\frac{h_0}{h}} - \frac{h}{h_0} \right) \left[ \left( 2,1 - 1,1 \frac{hb}{h_0 b_0} \right) - 2\alpha \mu_{sür} k_\mu \times \right. \\ \left. \times \left( 1 + \mu_{sür} k_\mu \frac{b_0}{h_0} \right) \cdot (D_0 + b_0) \cdot \frac{b_0}{Dh} \right] k_b \beta + \alpha P \quad (3)$$

- bağlı yuvalı kipləndiricinin xarici diametri gərilməsi ilə quraşdırılan hal üçün

$$\sigma^*(t, \tau) = \frac{2}{3} E \left( \sqrt{\frac{h_0}{h}} - \frac{h}{h_0} \right) k_b \beta + \alpha P \quad (4)$$

Seçilən rezin üçün  $k_b \beta$  və  $k_\mu$ -nin qiymətləri eksperimental təyin edilir və işgörmə qabiliyyəti işçi mühitin təsiri və temperaturu nəzərə almaqla hesablanır.

Kipləndirici düyünlərin konstruksiyasından asılı olaraq rejimlərə qoyulan tələblər müxtəlif və hətta, bir-birinə əksdir.

Əgər kipləndirmə düyünü (birləşməsi) açıq yuvadan ibarətdirsə, onla yüksək elastikli modullu, yüksək səth aktivlikli və maksimum sürtünmə əmsallı olan rezinlər istifadə edilməlidir.

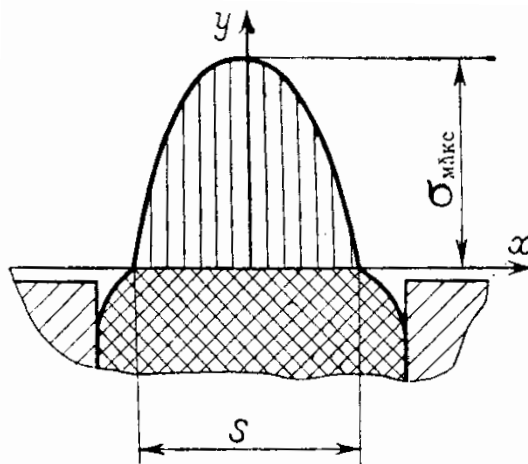
Əgər kipləndirici bağlı yuvalarda xarici diametrinə gərilmə ilə quraşdırılırsa rezinin seçilməsi praktiki olaraq göstərilən parametrlərdən asılı deyildir. Lakin bütün hallarda rezinə eyni tələblər qoyulur: şaxtaya davamlılıq, uzun müddətli gərginlik təsirinə və yüksək temperatura davamlıq. Həmçinin rezinləri seçdikdə onların fiziki – kimyəvi xüsusiyyətlərinin mühitə qarşı davamlı olması nəzərə alınmalıdır. Rezinlərin köpməsi onların həcmnin və gərginlikli vəziyyətinin dəyişməsinə səbəb olur. Cədvəl 1-də kipləndirmə düyünləri tipindən asılı olaraq hazırlanan kipləndirici rezinlərinin əsas xüsusiyyətləri və göstəriciləri verilmişdir.



**Cədvəl 1.** Kipləndiricilərin rezinlərinin xarakteristikaları

Kipləndirmə düyününün tipi	Göstəricilər və onların normaları			
	Modul E·10 <sup>5</sup> ,Pa	Sürtünmə əmsali	Nisbi qalıq elastiklik	Səthi aktivlik
Açıq yuvada	>60	>0.5	≥ 0,2	Yüksək korroziyasız qarşılıqlı təsir
Bağlı yuvada daxili diametri üzrə gərilmə ilə	<40	<0.4	≥ 0,2	+8+-3
Bağlı yuvada xarici diametri üzrə gərilmə ilə	20-80	0,3-0,6	≥ 0	Korroziyasız qarşılıqlı təsir

Dairəvi enkəsikli həlqənin qeyri-bərabər sıxılması nəticəsində əmələ gələn təmas gərginlikləri. həlqənin eni üzrə də qeyri-bərabər paylanır. Həlqənin deformasiyasında təmas gərginliklərinin paylanmasını təxmini olaraq parabolik qanunla yazmaq olar (şək. 1):



**Şəkil 1.** Dairəvi enkəsikli həlqənin deformasiyasında təmas gərginliklərinin epyürü.

$$\frac{s_i}{\left(\frac{s}{2}\right)^2} + \frac{y}{\sigma_{0max}} = 1 \quad (5)$$

burada  $y_i = \sigma_i - x_i$  absis oxu ilə təmas nöqtəsində gərginliyin qiymətidir, c-dan  $s/2$ -yə kimi qiymətlər alır;  $s = 3d\varepsilon'$  - təmasın eni;

$$\tau_{max} = \frac{2}{3} E_h \left( \sqrt{\frac{d}{h}} - \frac{h}{d} \right) \quad (6)$$



$\sigma_{0\max} - X_i = 0$  nöqtəsində maksimum deformasiya həddində təmas gərginliyinin qiymətidir.  $E_h$  həlqə üçün gətirilmiş (çevrilmiş) elastiklik moduludur, təcrübə yolu ilə təyin edilmişdir:

$$E_h = 1,25E \quad (7)$$

Buradan həlqənin ən böyük deformasiya nöqtəsindəki təmas gərginlik:

$$\sigma_{0\max} = \frac{5}{6} E \left( \sqrt{\frac{d}{h}} - \frac{h}{d} \right) \quad (8)$$

Şəkil 1.-də  $x$  oxu ilə parabolanın hüdudlandırdığı sahə, həlqənin deformasiyasında vahid uzunluqlu çevrədən keçən təmas qüvvənin qiymətini xarakterizə edir:

$$F_h = 2d \cdot \sigma_{0\max} \cdot \varepsilon' = \frac{5}{3} Ed \left( \sqrt{\frac{d}{h}} - \frac{h}{d} \right) \cdot \left( 1 - \frac{h}{d} \right) \quad (9)$$

Həlqənin ona təsir edən kipləndirmə təzyiqinin təsirini təmas səthindəki sürtünmə qüvvəsi  $F_{sür}$  ilə təyin edilir:

$$F_{sür} = 2\mu_{sür} \cdot N \quad (10)$$

burada  $N$ -normal qüvvə olub,

$$N = F_h \pi d_{or} \quad (11)$$

bərabərdir.

Həlqənin oxboyu deformasiyasında

$$D_{or} = D + d \quad (12)$$

$F_h$  qiymətini nəzərə almaqla alırıq:

$$F_{sür} = \frac{10}{3} \mu_{sür} \cdot E \cdot \pi \cdot D_{or} \cdot d \left( \sqrt{\frac{d}{h}} - \frac{h}{d} \right) \cdot \left( 1 - \frac{h}{d} \right) \quad (13)$$

Oxboyu deformasiyada həlqənin kiplik effekti bağlı yuvalarda kvadrat enkəsikli kipləndiricinin kipləndirmə mexanizmi ilə müəyyən bir oxşarlıq mövcuddur. Həlqənin yuvanın divarına tərəf yerdəyişməsi ilə görüşməyə çatması  $P_0$  təzyiqi onunla əks təsirdə olan təzyiqdə bərabərləşdirməklə təyin etmək olar:

$$P_0 \cdot h = \frac{F_{sür}}{\pi \cdot D_{or}} \quad (14)$$

buradan

$$P_0 = \frac{10}{3} \mu_{sür} \cdot E \cdot \frac{d}{h} \left( \sqrt{\frac{d}{h}} - \frac{h}{d} \right) \cdot \left( 1 - \frac{h}{d} \right) \quad (15)$$

$\sigma_0 = \sigma_0(1-1,1)$  ə tənliyinə müvafiq olaraq yazı bilərik:

$$\sigma'_{0\max} = \frac{5}{6} \left( \sqrt{\frac{d}{h}} - \frac{h}{d} \right) \cdot \left( 1,55 - 2,2 \frac{bh}{\pi d^2} \right) \quad (16)$$

Axırıncı iki ifadəni  $\sigma^* = \sigma' + \alpha(P - P_0)$  tənliyində yerinə yazsaq alarıq:

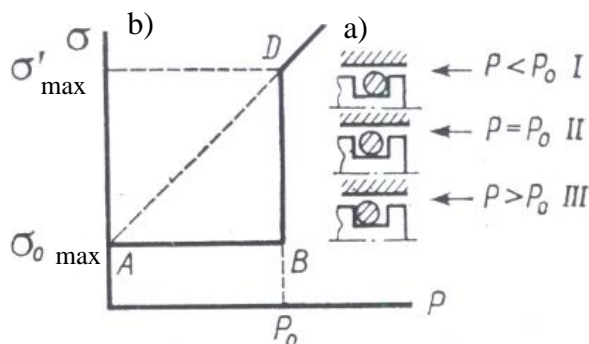
$$\sigma'_{0\max} = \frac{5}{3} E \left( \sqrt{\frac{d}{h}} - \frac{h}{d} \right) \cdot \left[ \left( 0,755 - 1,1 \frac{bh}{\pi d^2} \right) - 2\alpha\mu_{sür} \frac{d}{h} \left( 1 - \frac{d}{h} \right) \right] + \alpha P \quad (17)$$

Bu halda kipləndirmə düyününün kipləndirmə şərti aşağıdakı kimi yazılır:

$$\sigma_{\max}^* = \sigma_{0\max} \quad (18)$$

Həlqənin radial deformasiyasında kipləndirmənin mexanizmi oxboyu deformasiyasından bir qədər fərqlənir.

Həlqəyə  $P$  təzyiği təsir etdikdə həlqə  $P < P_0$  (burada  $P_0$  – həlqənin oxboyu yerdəyişməsi üçün lazım olan təzyiği) olanda I vəziyyətində olur (şək. 2,a).



**Şəkil 2.** Dairəvi enkəsikli həlqənin yuvaya  $P$  təzyiği verildiyi vəziyyət (a) və təmas gərginliyinin təzyiqdən asılılığı (b) sxemi.

Bu vəziyyətdə həlqəni saxlayan qüvvə  $F_{sür}$  qüvvəsidir, nə zaman ki,

$$P_0 < \frac{F_{sür}}{\pi D h} \quad (19)$$

Təzyiği  $P \geq P_0$  kimi yüksəltdikdə həlqə sürüşərək II vəziyyətinə keçir.

Bu moment (şək.2, b-də AB parçası) birləşmədə əgər  $\sigma_{0\max} < P_0$  olarsa, kipləndirmə pozular. Lakin həlqənin sonrakı yerdəyişməsi III vəziyyətə keçməyi ilə əlaqədar olaraq hermetiklik yenidən bərpa olunur. Bu birdən-birə təmas gərginliklərinin yüksəldilməsi ilə əlaqədardır (BD parçası) və kipləndirmə düyününə  $\sigma^* = \sigma + \alpha P$  tənliyi ilə yazılan özü-özünə kipləndirmənin yaranması baş verir.

Diqqət versək görərik ki, radial deformasiyada özü-özünə kipləndirmənin ifadəsində  $(P - P_0)$  fərqi ifadə olunmur, belə ki,  $P_0$  həlqəni III vəziyyətdə saxlamaq üçün sərf olunur və

$$\sigma'_{\max} = \sigma_{0\max} \cdot$$



Bundan əlavə P təzyiqi təsir etməyə başlayanda həlqə əgər artıq III vəziyyətdə olarsa, özü-özünə kipləndirmə birbaşa baş verir (AD şüası).

Beləliklə, həlqənin radial deformasiyasında  $\sigma'_{\max}$  hesablamaq üçün ifadə aşağıdakı şəkli alır:

$$\sigma_{\max}^* = \frac{5}{3} E \left( \sqrt{\frac{h}{d}} - \frac{h}{d} \right) + \alpha P \quad (20)$$

Kipləndirmənin şərti bu halda belə olacaq:

$$\sigma_{\max}^* \geq P \quad (21)$$

**Nəticə.** Həlqənin bucaq deformasiyasında kipləndiricinin özü-özünə kipləndirmə effekti əlavə olaraq gücləndiyi üçün, kipləndirici kipləndirmə qabiliyyətini istənilən təzyiqlərdə qoruyub saxlayır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Aslanov J.N. Valve, Useful model. State Standardization Metrology Agency for Patent, № U 2016 0018, Official bulletin №7, Baku. 2017
2. Babanlı M.B., Mamedov G.A., Aslanov J.N., Increasing reliability of the improved machines and equipment. determination of productivity criteria, Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, Vol 5(12) 2016: Academy for Environment and Life Sciences, India Online ISSN 2277 – 1808
3. Aslanov J.N., Sultanova A.B., Forecasting of improved straightforward valves technical condition using fuzzy inference models. IFAC-PapersOnLine, Volume 51, Issue 30, 2018, Pages 12-14. Copyright © 2018 Elsevier B.V. or its licensors or contributors. Science Direct ® is a registered trademark of Elsevier B.V.
4. Мамедов В.Т. Основы проектирования и расчет эластических элементов герметических узлов нефтепромыслового оборудования. Баку:

*Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə dəstəyi ilə həyata keçirilib - Qrant № EIF-MQMETS-2020-1(35)-08/04/1-M-04*

## DETERMINING THE DURABILITY OF SEALS

<sup>1</sup>Zenfira Huseynli, <sup>2</sup>Nurlan Gurbanov

<sup>1</sup>Associate professor, department of "Industrial Machines", Azerbaijan State Oil and Industry University, phd in technical sciences, Azerbaijan. E-mail: huseynli\_z@rambler.ru

<sup>2</sup>Assistant, department of "Material Science and Processing Technologies", Azerbaijan State Oil and Industry University, doctoral student, Azerbaijan. E-mail: nurlan.gurbanov@asoiu.edu.az

### ABSTRACT

The article presents data on the analysis of a gradual or sudden loss of performance of seals under the influence of various factors during operation. Numerous factors significantly reduce

the performance of seals and impair the sealing effect. Considering that the seal is a highly elastic material due to its elastomeric nature, the mechanical stress created in the sealed assembly will change over time. In other words, when a force is applied, the balance of the rubber seal changes.

When determining the durability of seals, it is necessary to take into account the temperature, time and activity of the medium being sealed, which are operational factors.

**Keywords:** sealant, design, elastic material, relaxation, durability.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПЛОТНИТЕЛЕЙ

<sup>1</sup>Зенфира Гусейнли, <sup>2</sup>Нурлан Гурбанов

<sup>1</sup>Доцент, кандидат технических наук, кафедра “Промышленные машины”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан.

E-mail: zenfira.huseynli@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Ассистент, диссертант, кафедры “Материаловедение и технологии обработки”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан.

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

### РЕЗЮМЕ

В статье приведены данные по анализу постепенной или внезапной потери работоспособности уплотнителей под воздействием различных факторов в процессе эксплуатации. Многочисленные факторы значительно снижают работоспособность уплотнителей и ухудшают эффект уплотнения. Если учесть, что уплотнитель является высокоэластичным материалом в силу своей эластомерной природы, то механическое напряжение, создаваемое в герметическом узле, со временем будет изменяться. Другими словами, при приложении силы происходит изменение равновесия резинового уплотнителя.

При определении долговечности уплотнителей необходимо учитывать температуру, время и активность уплотняемой среды, являющиеся эксплуатационными факторами.

**Ключевые слова:** уплотнитель, конструкция, эластичный материал, релаксация, долговечность.



## ANALYSIS OF WASHING SOLUTIONS FOR OPENING PRODUCTIVE FORMATION IN WELL DRILLING

<sup>1</sup>Alihikmat Ahmadov, <sup>2</sup>Fariz Gafarov, <sup>3</sup>Makhlüqa Rakhimova

<sup>1</sup>Associate Professor, Dean the faculty of "Oil-mechanical", Ph.Ddepartment of «Industrial machines», Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: alihikmat.ahmadov@asoju.edu.az

<sup>2</sup>Assistent professor of «Mechanical» department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E.mail: f.m.qafarov@mail.ru

<sup>3</sup>Assistent professor of «Mechanical» department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E.mail: rahimova\_mahluqa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6308-0704>

### ABSTRACT

The article deals with the selection of fluid solutions used in the drilling of oil and gas wells. As it is known, with the increase of the depth, the liquid expands and its density decreases. When determining the hydrostatic pressure of a fluid, it is recommended to take into account the change in temperature depending on the depth of the well. To do this, it is important to accurately determine the law of temperature change depending on the depth of the well.

The quality of the solutions used in drilling a well depends on its basic physical properties. Thus, with a change in depth, reservoir pressure and temperature increase. Therefore, determining the density of the solution for optimal depth intervals is of great importance.

The article recommends the use of quality washing solutions, such as well drilling fluid.

**Keywords:** hydrostatic pressure, washing solutions, fluid hydrostatic pressure, formation pressure, hydraulic resistance, clay fluids.

### Introduction

High-quality washing solutions are required for normal and purposeful execution of oil and gas well drilling technological processes.

It is known that depending on the depth, with the increase in temperature, the liquid expands and its density decreases. This means that the effect of temperature changes should be taken into account in accurate calculations of the hydrostatic pressure of the liquid. For this issue, it is important to know exactly the law of temperature dependence for great depths of the earth's crust.

Deep wells with a depth of 4000-7000 m dug in Azerbaijan, including in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea area, are considered deep. The deepest exploration well was dug in Saatli district; its depth is 8320 m. No hydrocarbon deposits were discovered in this well; but its significance was that a precise stratigraphic section was obtained in this region. Temperature measurements were carried out on very deep wells. However, the number of these measurements was not enough to accurately determine the dependence of temperature on depth. The quality of washing solutions depends on its main physical properties, that is, on the selected numerical values of these properties. Here, due to the change in the depth of the layers, it is required to increase the layer pressure and temperature in different intervals depending on the depth. This causes the numerical values of the main physical properties of washing solutions systematically and regularly to change. Of course, similar changes cannot be made in every transition; it doesn't make any sense. So, here it is necessary to choose the

optimal depth intervals for changes, for example, changing the density of the washing solution.

### **Issue set up**

Determination of the exact numerical values of the main physical properties of washing solutions depends on the exact defining of the expected pressure and temperature values of the productive formation opened for the first time (first) in the given region.

It is known that there are certain regularities for changes of most layer pressure and temperature of the earth's crust on the depth. In such cases, these changes of the basic properties of the drilling fluid are easy and accurate, that is, their actual values differ from the general dispersion regularities depending on the depth, in some cases they differ in the direction of higher values than the norms, in other cases in the direction of lower values.

If the opening of the productive formation in the region with anomalous layer conditions is carried out with the first drilled well, then of course it is impossible to know the exact values of the first layer pressure and temperature, and it is not possible to choose the washing solution accurately, that is, their properties cannot be determined accurately; in such cases, accidents and complications occur when opening a new layer.

If the second and third wells are drilled in such a region, then such problems should not interfere with the process of the productive formation opening, because the first expected values of formation pressure and temperature have already been determined when drilling the first well.

### **Solution of the issue**

In the science of rheology, various types of liquids have been investigated and studied. In capillary viscometers, their flow lines are drawn, that is, the graph of the dependence between the subsequent pressure drop of the liquid flowing through the capillary (at different temperatures) is drawn.

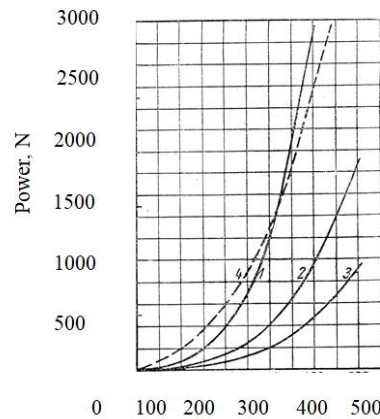
As a result of numerous similar experimental studies, four different types of fluids were identified:

- 1) normal Newtonian fluid;
- 2) abnormal non-Newtonian fluid;
- 3) viscous-plastic anomalous fluid;
- 4) dilatant anomalous fluid.

Graphs are shown for different types of fluids.

Graph number one is a sloping straight line through the coordinate origin. If the rate of movement of this liquid changes at a constant temperature, its viscosity remains unchanged; on an inclined plane, this liquid is mobile, it does not remain at rest.

Graph number two passes through the coordinate origin and is perpendicular to the abscissa axis, because if its velocity increases at constant temperature, then its viscosity decreases.



**Figure 1.** Rotor rotation speed, revolutions/min. Dependence of rotor speed on power.

Graphs of the dependence of different pressures on the transition depth are presented; where 1 is reservoir pressure, 2 static pressure, 3 dynamic wellbore pressure, and 4 hydraulic fracturing pressure.

Graph 3 is a viscous-plastic anomalous fluid, it does not pass through the coordinate origin, separates any part from the abscissa axis  $\Delta P_0$ , does not move on the inclined plane, remains at rest. In combined containers, these liquid columns are at different heights, and the difference in these heights varies in different geometric shapes of the containers. Here  $\Delta P_0$  is called the initial pressure drop.

Graph 4 is for a dilatant fluid which passes through the coordinate origin; at a constant temperature, if the movement speed of this liquid increases, then its viscosity will also increase.

Based on the value of  $\Delta P_0$ , the initial pressure gradient is determined as follows:

$$G = \frac{\Delta P_0}{R_c \cdot r_w}, \quad (1)$$

where  $R_c$  – the radius of the feed contour,  $r_w$  is the radius of the well the value of which is equal to the radius of the bit when drilling the wellbore for the production casing (if the production casing is 6", then the drill bit is 9", so the difference  $r_w = 4,5"$ .  $R_c - r_w$  is called the length of the travel path the seepage path in the drainage zone is overcome.

Viscous-plastic fluids (clay and cement mortars are also visco-plastic fluids) obey the Bingham-Shvedov friction law, which is a two-parameter model because, unlike the model of Newtonian fluids, here in the analytical expression of the functional dependence between

tangential stress  $\tau$  and velocity gradient  $\frac{d\vartheta}{dn}$ , two parameters, i.e. structural viscosity  $\eta$  and

initial shear stress  $\tau_0$  are involved, which are called structural mechanical properties (SMP) of the fluid.

### Comparison of issue



The main distinguishing properties of fluids of various nature have been explained, but they also have different properties from the point of drilling wells view, and they are: non-Newtonian and dilatant fluids. As they have different values of viscosities at different speeds of movement and also obey non-linear laws of motion they cannot be used as clay and cement solutions; Newtonian and viscous-plastic fluids can be used and are used for this purpose.

A newtonian fluid of moderate viscosity can be chosen, as a washing fluid, since the viscosity of these fluids has a fairly large range of values for their different types. Therefore, it is possible to use such a high-viscosity (releasable as the limit) newtonian fluid that it can lift the broken and crushed particles of rock to the earth's surface through the annular space with the drilling bit. However, the higher the viscosity of Newtonian fluids, the more or less they tend to deposit solid particles in the annular space (for example, when the drilling process is stopped for a certain period of time).

Despite the above characteristics, drillers use Newtonian fluids even with low viscosity, for example, in shallow intervals of water wells, but it is impossible to do this in deep intervals.

Thus, as it can be seen, the application of Newtonian fluids as a washing fluid cannot be implemented on a large scale, in all depth intervals.

Of the four different fluids, the only visco-plastic fluid which has found wide application (as clay and cement slurry) in well drilling remains.

A clay solution used as a washing liquid is a suspension, that is, a mixture of water with powdered clay particles, which is also called a colloidal solution. In an aqueous environment, these extremely small particles of clay swell and create an environment where solid particles cannot settle, even when the solution is at rest.

Such solutions keep the clay particles and solid rock particles crushed by the bit suspended in the annular space and do not allow them to settle; in addition, they also prevent the settling of the aggravating material particles.

It should be noted that these solutions have the ability to change the values of  $\tau_0$  – and  $\eta$  to both increase and decrease. Here, setting their allowable values is purposeful, because an unlimited increase in their values can dramatically raise pressure losses; which can lead to complications and accidents and drastically reduce drilling speed.

Clay solutions allow to reduce the value of their structural viscosity by adding special chemical reagents, while keeping their shear stress  $\tau_0$  constant, which is necessary to keep the solid particles in suspension.

### **Positive results obtained**

It can be seen from the above that it is better to use high-quality clay solutions as a washing solution.

It is known that there are also other viscous-plastic liquids, which can be used as washing solutions. However, they are deficit products of factories and expensive, their wide application has not been possible. The main components needed for the preparation of clay solutions, that is, water and clay, are widely distributed in nature, they are not scarce and expensive raw materials.

Here, it is necessary to dwell on one physical property of washing fluids, that is, elastic property which is of undiminished practical importance for the drilling of wells, and called its compression.



There is no absolutely incompressible liquid in nature, that is, all liquids have elastic physical properties to one degree or another. If the liquid is very little compressible when the pressure is increased, then it is considered as a practically incompressible liquid.

In hydrodynamics, from this point of view, all fluids are conventionally divided into two groups: incompressible and compressible, and countless different hydrodynamic problems have been solved for each group. It should be noted that the problems for incompressible fluids are relatively easy to solve than for compressible fluids, because in them the effect of an additional property, namely the compressibility coefficient, is taken into account (here,  $\beta = 0$  assumed).

In solving hydrodynamic problems, it is difficult, and in some cases even impossible, to take into account the effect of fluid compression, because the mathematical apparatus used for solving these problems is complex; here sometimes such differential equations, or such integrals are obtained that it is impossible to solve them, there are no methods of solving them.

Taking into account the compressive effect of washing solutions, including clay and cement solutions, the calculation of hydrostatic and hydrodynamic downhole pressures and pressure drops in the drill pipe line and annular space is of great practical importance. On the one hand, consideration of the effect of compaction of washing solutions is possible. If not to prevent accidents, complications and rejections (absorption of solution, gas-water-oil manifestations, jumps, eclipses, etc.), on the other hand, drilling of wells is carried out without the application of aggravating differentials.

At present, in order to combat the manifestations of the opening of the deep-lying productive formations, the back pressure at the well bottom is increased by only one method, that is, by increasing the density of the solution; by adding a weighting material to the clay solution (barite, hematite, magnetite).

The following other methods can also be applied:

- 1) dynamic wellbore pressure increase without using weighting materials; by installing a nozzle at the mouth of the drilled well, at the outlet of the drilling solution from the annular space, or by partially closing the preventer;
- 2) applying compressible washing solutions, or by giving compressibility to these liquids, especially in drilling deep wells, especially by adding an elastic liquid, without using weighting materials, as a result of which the elastic properties themselves increase the dynamic pressure of the well bottom, that is, the back pressure in the formation;
- 3) high-viscosity dead oil (fully degassed oil is pumped into the formation with a piston drilling pump during the opening of a dangerously productive formation, and the density of this dead oil must be equal to that of formation water, that is, it must be equal to unity).

These methods of increasing the back pressure in the formation have not been widely applied in the practice of drilling wells. The first method has the disadvantage that it reduces the flow rate due to the introduction of the nozzle (or partial closure of the preventer) and creates a local hydraulic resistance, where the solution exits the annular space. Despite these drawbacks, this method can be applied when complex situations arise, and drilling can be carried out at certain depth intervals, even with reduced traverse rates.

The third method is associated with some technological difficulties and requires the application of a packer, so its implementation is more complicated than the rest of the methods.

Undoubtedly, the best method is the second method - the application of a compressible washing solution which increases the back pressure.

### Results

Therefore, use of a compressible viscous-plastic suspension as a washing solution for drilling deep and very deep wells it should be considered the most appropriate, which provides targeted conditions for normal and accident-free drilling.

### REFERENCES

1. Habibov I.A., Mustafaev S.D., Karimov Z.G. On the constructive and technological improvement of turboburs for deep wells. II International Scientific and Technical Conference. "Problems of mechanical engineering of the XXI century". Baku, October 25-26, 2001.
2. Veliev R.G. Constructive and technological improvement of spindle turboburs. Modern science. Current issues of achievements and innovations. Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference held on February 20. 2019 Penza MCNS, "Science" and education, pp. 66-70.
3. Dmitrievsky A.N., Yeremin N.A. Innovative potential of smart oil and gas technologies // STJ «Geology, geophysics and development of oil and gas fields», 2016, No. 1, pp. 4-9.
4. Veliev R.G. About the new order of collection of used turbodrills according to the given azimuths of their turbine pairs. Eco-energetic scientific and technical journal No. 4, 2018, pp. 119-123.

## ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА В БУРЕНИИ СКВАЖИН

<sup>1</sup>Алихикмет Ахмедов, <sup>2</sup>Фариз Гафаров, <sup>3</sup>Махлуга Рагимова

<sup>1</sup>Доцент, декан факультета «Нефтемеханика», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. Электронная почта: alihikmat.ahmadov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Доцент кафедры «Механика» Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан, E.mail: f.m.qafarov@mail.ru

<sup>3</sup>Доцент кафедры «Механика» Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан, rahimova\_mahluqa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6308-0704>

### РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются вопросы выбора растворов жидкостей, применяемых при бурении нефтяных и газовых скважин. Как известно, с увеличением глубины жидкость расширяется и ее плотность уменьшается. При определении гидростатического давления жидкости рекомендуется учитывать изменение температуры в зависимости от



глубины скважины. Для этого важно точно определить закон изменения температуры в зависимости от глубины скважины.

Качество растворов, используемых при бурении скважины, зависит от ее основных физических свойств. Таким образом, с изменением глубины пластовое давление и температура увеличиваются. Поэтому большое значение имеет определение плотности раствора для оптимальных интервалов глубины.

В статье рекомендуется использовать качественные промывочные растворы, такие как промывочный раствор для бурения скважин.

**Ключевые слова:** гидростатическое давление, промывочные растворы, гидростатическое давление жидкости, пластовое давление, гидравлическое сопротивление, глинистые растворы.

## QUYULARIN QAZILMASINDA MƏHSULDAR LAYIN AÇILMASI ÜÇÜN YUMA MƏHLULLARININ TƏHLİLİ

<sup>1</sup>Əlihikmət Əhmədov, <sup>2</sup>Fariz Qafarov, <sup>3</sup>Məhluqə Rəhimova

<sup>1</sup>Dosent, "Neft-mexanika" fakültəsinin dekani, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: alihikmat.ahmadov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Dosent "Mexanika" kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: f.m.qafarov@mail.ru

<sup>3</sup>Dosent "Mexanika" kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: rahimova\_mahluqa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6308-0704>

### XÜLASƏ

Məqalədə neft və qaz quyularının qazılması zamanı istifadə olunan yuma məhlullarının seçilməsindən bəhs edilir. Məlum olduğu kimi dərinliyin artması ilə mayenin genişlənməsi hadisəsi baş verir və onun sıxlığı azalmış olur. Mayenin hidrostatik təzyiqini müəyyən edərkən quyunun dərinlikdən asılı olaraq temperatur dəyişmələrini nəzərə alınması məsləhət görülür. Bunun üçün də quyunun dərinlikdən asılı olaraq temperatur dəyişməsi qanunun dəqiq təyin olması vacibdir.

Quyuların qazılması zamanı istifadə olunan məhlulların keyfiyyəti onun əsas fiziki xassələrindən asılı olur. Belə ki, dərinliyin dəyişməsi ilə lay təzyiqinin və temperaturunun artması baş vermiş olur. Deməli, optimal dərinlik intervalları üçün məhlulun sıxlığının müəyyən olunması böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Məqalədə quyuların qazılması üçün yuma məhlulu kimi keyfiyyətli yuma məhlullarından istifadə olunması məsləhət görülür.

**Açar sözlər:** hidrostatik təzyiq, yuma məhlulları, mayenin hidrostatik təzyiqi, lay təzyiqi, hidravliki müqavimət, gilli məhlullar.

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE LOWERING DEPTH OF DOWNHOLE SUCKER-ROD PUMPS ON THE DELIVERY FACTOR

<sup>1</sup>Ilqar Ahmadov, <sup>2</sup>Sabina Tagiyeva, <sup>3</sup>Samira Mansurova

<sup>1</sup>SOCAR, Design Institute of Oil and Gas, Leading Researcher, Ph.d. Azerbaijan.

E-mail: ilqar.ahmadov@socer.az

<sup>2</sup>SOCAR, Design Institute of Oil and Gas, Senior Researcher, Ph.D Azerbaijan.

E-mail: Sabinatagiyeva2020@yandex.ru

<sup>3</sup>Assistant professor of Industrial Machines Department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: mansur\_s74@mail.ru

### ABSTRACT

It is well known that, at present, late stage fields are operated mainly by sucker-rod pumps. The pumps are usually operated in rather complicated technological and hydrodynamic conditions, strongly influencing its efficiency.

In the article the possible influence of downhole sucker-rod pump (DSRP) depth on delivery factor that is one of the indicators of operating efficiency of the entire sucker-rod pumping unit is investigated on the basis of actual field information. The values of oil and water delivery coefficients were calculated and functional dependence on the depth of sucker-rod pump immersion was built. The results showed an increase in the oil supply coefficient and a decrease in its water supply coefficient in the considered ranges of values. Mathematical models of the dependencies were also obtained. As a result of the conducted research, the expediency of the controlled increase of the depth of suspension of pumps in the conditions of operation of the considered field is confirmed.

**Keywords:** down-hole sucker-rod pump, delivery ratio, well operation, pump parameters, depth of pump suspension

It is well known that the issue of effective extraction of residual oil reserves at long-developed fields is of great scientific and practical importance. One of the ways to solve this issue is effective use of well stock, as well as optimization of technological mode of operation. At present onshore fields are operated mainly by sucker-rod pumps, which are operated under rather complicated technological and hydrodynamic conditions. In addition to the operating principle and design features of the pump, these include such complicating factors as sand, water and gas content in the formation fluid and the presence of a free fluid column in the annulus /1,2/. These and other possible factors have a great influence on the production capacity of DSRP and on the overall efficiency of deepwater pumping unit. One of the main technical-technological indicators at operation of deep well pumping unit, characterizing production efficiency, is pump delivery ratio (DR). This indicator, which is determined by correct choice of equipment and pumping mode, can be considered as a criterion of well production process optimality. DR, defined as the ratio of the actual flow rate of a pump to its theoretical capacity, varies from 0 to 1. In oil production theory and practice, pump and well performance is considered normal at DR values between 0.6 and 0.8. However, due to a number of regulated and non-regulated reasons, during operation the DR value decreases



much less than the desirable value /3,4/. As a consequence, flow rate of well decreases and efficiency of the whole pumping unit decreases. In general, change of pumping parameters such as pump diameter, stroke length and number of ram rolls has a very significant impact on efficiency value /5,6,7,8/.

The results of numerous field observations and experiments show that, apart from the above-mentioned parameters, the depth at which the ESP is lowered may also influence the DR value. This influence, besides constructive features of the pump itself, could be caused by presence of fluctuating liquid column in borehole annular space, gas-liquid mixture near pump intake, as well as by size of immersion under level, distance to perforated filter, occurrence of fluid layer and other possible factors and processes, which are typical at operation of DSRP /7, 8/.

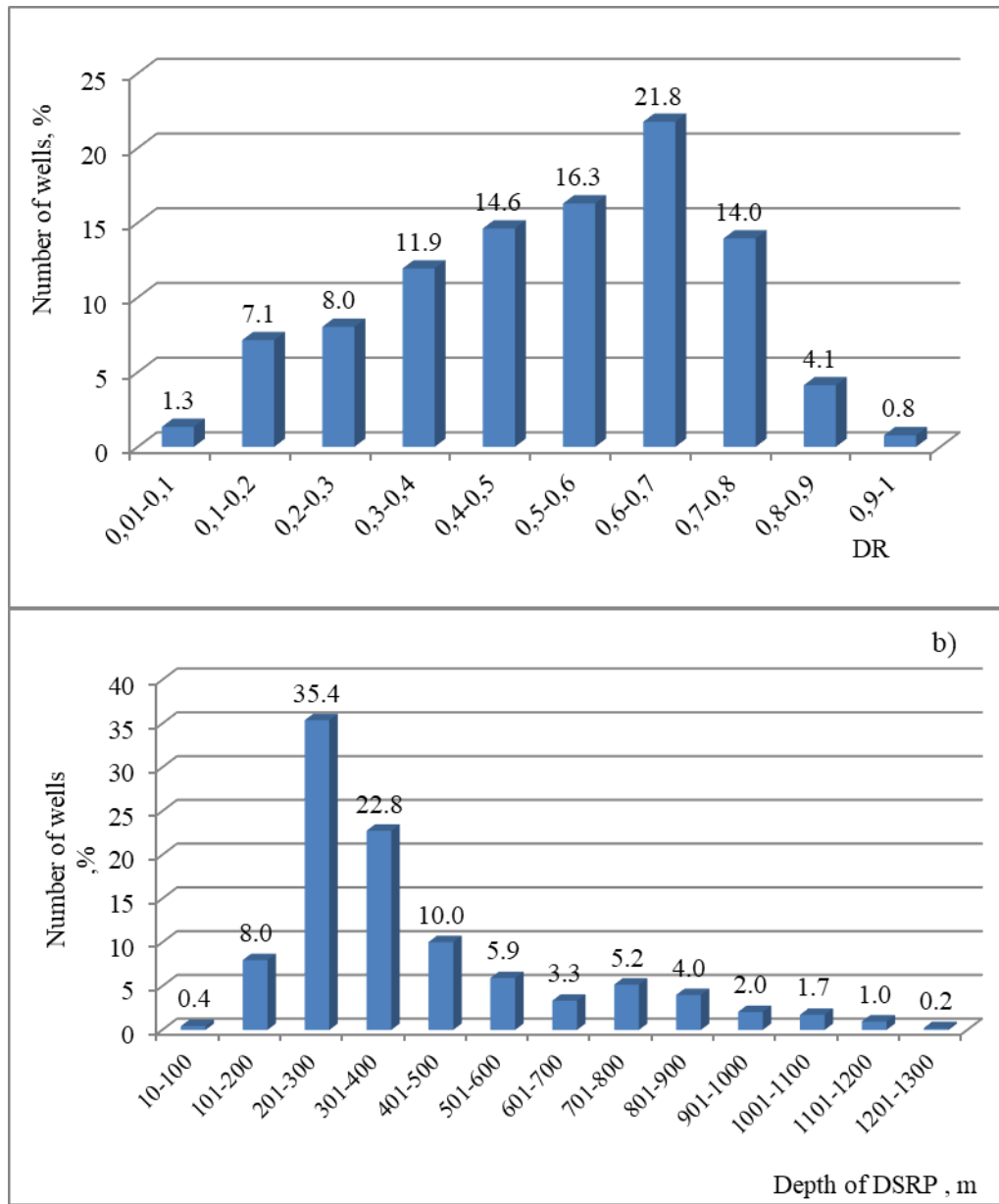
In this regard it should be noted that in order to increase efficiency and regulate factors affecting it, quite a number of technological and technical measures have been developed and are being applied in the field practice. However, the impact of lowering depth on DR is not paid enough attention, since it is usually considered that with the lowering depth the DR value should decrease due to the increase of leakage mainly in the valve units of the pump. Therefore, due to the abovementioned, on the basis of analysis of actual field data of deep-well pumping operation at Balakhani-Sabunchu-Ramana field, qualitative and quantitative evaluation of depth of DSRP on its DR has been conducted. At the same time the geological and physical conditions for the considered wells, operated from one object, were considered to be approximately the same and therefore their influence was not taken into account. The analysis of technological mode of more than 1000 wells showed that the current values of pump efficiency vary from 0.08 to 0.94 and the depth of pump suspension is from 100 m to 1150 m. In order to make changes of these parameters for all of the considered wells more clear, statistical distributions of values of DR and length of DSRP suspension by wells were built, it is shown on fig. 1 /9/.

As can be seen from these histograms, their distribution functions are close to asymmetrically normal. More than 50% of wells have DR changes in the interval 0.4-0.8, and depth of DSRP run is 200-500 m.

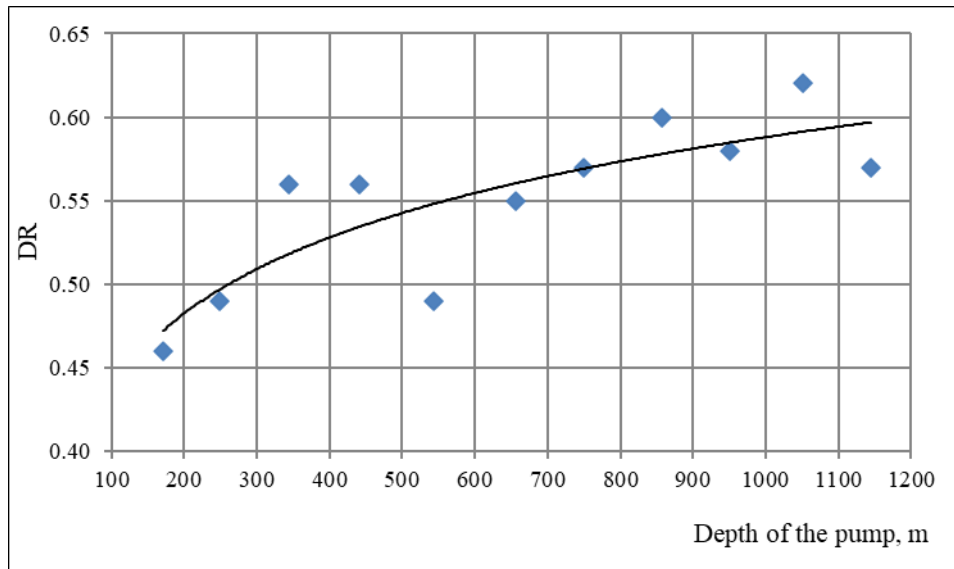
Detailed analysis of the field data, in particular the above-mentioned distribution: a) is the presence of qualitative connection between the DR values of the pump and the  $\dots$  of its running into the well. In order to investigate this relationship the dependencies of DR values on the depth of reentry for all the wells under consideration are considered. Considering a large amount of data (more than 1000 wells) and possible influence of various factors, in order to reduce errors, we plotted average DR values for the corresponding intervals of the whole depth range of DSRP lowering.

Figure 2 shows graphical dependence of DR(**K**) on the depth of the pump lowering (**L**). As can be seen, in the depth range under consideration, with increase in length of suspension the value of DR increases on average from 0.45 to 0.65. This quite noticeable growth of DR with depth of lowering can be explained with high probability by decrease of free gas effect at greater depths of DSRP reception. By means of a computer program a mathematical model of this dependence in the form of a logarithmic equation was obtained with high accuracy:

$$K = 0.0655 \ln(L) + 0.1357$$



**Figure 1.** Statistical distributions of feed rate (a) and depth of DSRP (b) by wells



**Figure 2.** Dependence of DR on the depth of the pump.

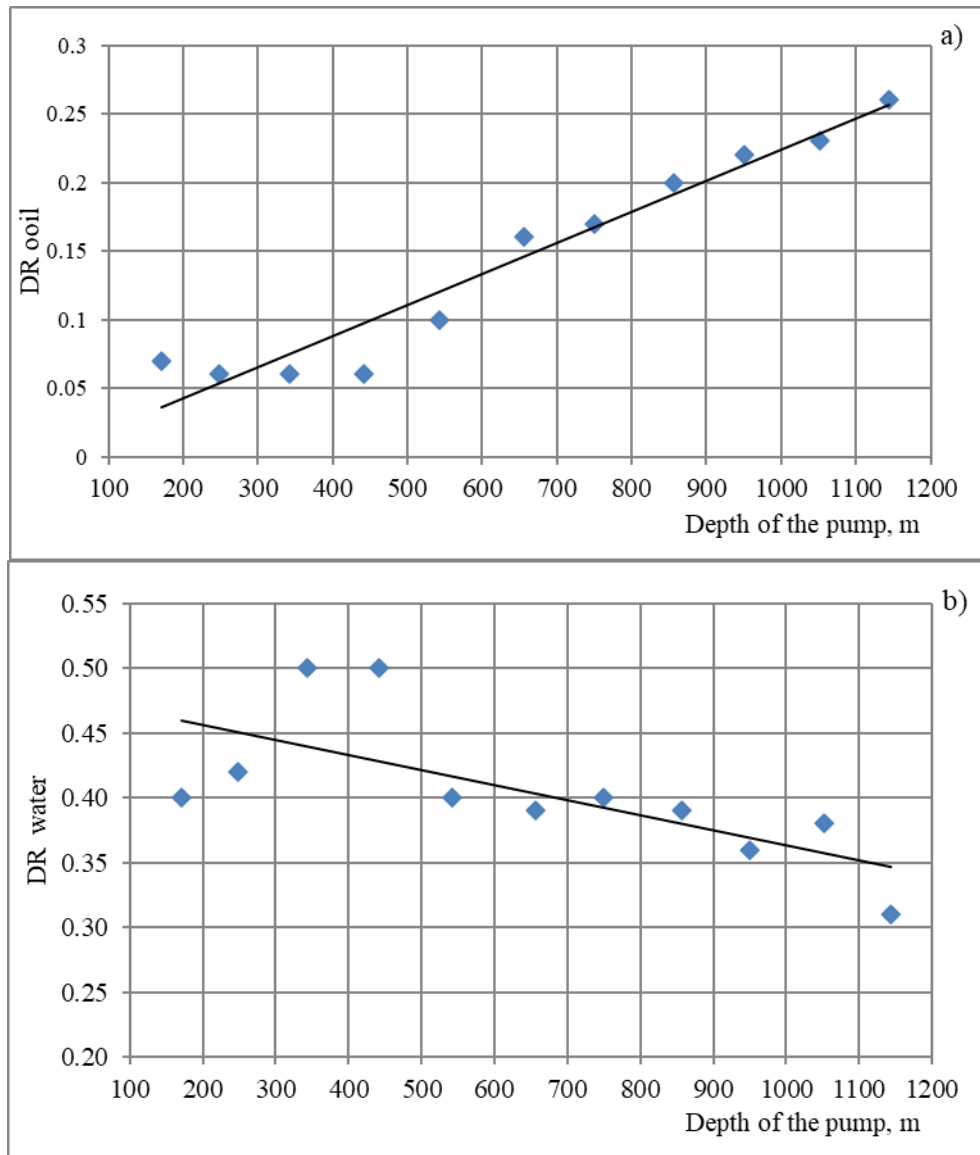
Calculations using this equation show that the increase in DR value for every 100m of pump lowering depth averages approximately 0.01. Knowing this relationship, which describes the current state of the operation, there appears to be a favorable opportunity for optimal pump control for the range of suspension depths under consideration.

However, given the high water cut of the production and its significant impact on the pumping process, the DR oil - $K_o$  and water - $K_w$  efficiencies were considered separately. Then, on the basis of these data the similar dependences of oil and water DR and depth of DSRP were plotted for all wells. Figure 3 shows plots of average oil and water DR values for intervals of 100 m of depth change. From the graphs it is seen that these dependencies have almost linear nature, and their functions are described with sufficiently high accuracy by the following linear equations:

$$K_o = 0.002L - 0.0026$$

$$K_w = 0,48 - 0,0001L$$





**Figure 3.** Oil (a) and water (b) DR values dependencies of oil (a) and water (b).

As can be seen from these equations, the rates of change in oil and water DR are 0.002 and 0.0001, respectively, for every 100 m of DSRP suspension depth. Thus, with increasing depth of the pump in the well, oil DR increases, and water DR, on the contrary, decreases. Knowing these dependencies and regularities of DR and DR changes depending on depth L, it is possible to ensure more rational regulation of DSRP operation within considered range of depths.

Thus, even in spite of probable growth of really occurring leakages in the moving assemblies of DSRP, the results of researches show the possibility of quite appreciable increase of efficiency by oil with increase of depth of pump lowering. And this, apparently, occurs mainly due to significant reduction of harmful influence of free gas emitted from gas-liquid medium



at pump intake and increase of its filling. Another important reason for the growth of general and, in particular, oil-oil ratio is the extent to which the pump suction and discharge valves are submerged under the liquid level in the tubing, which also contributes to proper operation of the suction and discharge valves and, consequently, to the increase of the pump's head. One of the main probable reasons for the influence of pump immersion depth could be the proximity of the filter perforations and the proximity of the most productive intervals directly to the pump inlet. One of the possible factors also influencing the pump efficiency, depending on pump immersion depth, may be the change of gas-oil flow structure, its phase state and properties along the liquid column, as well as the content of mechanical impurities in the pumped liquid, presence of fluidized bed, etc.

It should be noted that each of the above-mentioned factors affecting the operation of DSRP as a whole, and DR in particular, being very important, of course, have a certain informative value and deserve a separate analysis and their impact on DR. However, within the framework of this study and in the conditions of insufficient required field information, it is not yet possible to do it properly.

Nevertheless, taking into account all these factors and probably other processes not considered here, connected with complicated mechanics and hydrodynamics of deep-well pumping and concrete conditions of well operation, the results of the conducted research unambiguously confirm existence of the regular dependence of pump efficiency on depth of their lowering. The obtained results apparently indicate mainly positive joint influence of the above-mentioned factors on the growth of efficiency and expediency of controlled increase of lowering depth of DSRP in order to increase it in accordance with current operation conditions. But at the same time it is necessary to indicate here the necessity of widespread and regular carrying out of all possible field actions on increase of DR, increase of well productivity and limitation of production water encroachment.

It should be noted that all researches and calculations, described in the article, have been conducted on the basis of actual ranges of field data, therefore the obtained results are applicable only to the conditions of the field operation mode and may differ depending on the specific technological well operation conditions. The simplicity and lack of the need for additional field measures make it possible to apply the above described approach to solve the problems of effective use of DSRP and establishment of a rational pumping regime at long-term producing fields.

### Conclusions and recommendations

1. The qualitative and quantitative influence of the depth of descent of DSRP on DR in the given ranges of their values has been established.
2. Mathematical models of liquid, oil and water DR dependencies on depth of DSRP suspension have been obtained in the ranges of value changes.
3. With the increasing depth of DSRP reception there is an increase in oil DR and a decrease in water DR.
4. Under given conditions of technological operation mode it is advisable to increase the length of lowering the DSRP in the wells.

## REFERENCES

1. Адонин А.Н.. Процессы глубиннонасосной нефтдобычи «Недра», М., 1964. 263с.
2. Кугурин А.Е., Бекетов С.Б.. Особенности эксплуатации скважин, оснащенных штанговыми насосами на месторождениях со слабосцементированными коллекторами, Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2010 г., с. 107-115.
3. <http://www.oilgasindustry.ru/> О путях повышения коэффициента подачи глубинных штанговых насосов.
4. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: «Нефть и Газ». Учебное пособие для Вузов. М.2003-816 с.
5. Mustafayev T.V., Əhmədov İ.Z., Seyfiyev F.Q.. Mədən məlumatı əsasında quyuların ştanqlı nasosların istismarının səmərəliliyinin artırılması imkanlarının tədqiqi
7. АНТ №12, 2014, с.30-31.
8. Ахмедов И.З.Об одной особенности эксплуатации залежей скважинами, оборудованными СШН, АНХ, №11,1987 с,36-39.
9. Ахмедов И.З. Об оптимизации работы скважин, оборудованных СШН.
11. Тем. сб. научных статей «Реофизические проблемы нефтегазопромысловой механики» Баку-1988, с. 39-42.
12. Ахмедов И.З. Определение оптимальных параметров СШН. Тезисы
13. Докладов IX Республиканской научной конференции аспирантов вузов
14. Азербайджана Баку-1988,с.183.
15. [www.socar.az](http://www.socar.az)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ СПУСКА СШН НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОДАЧИ

<sup>1</sup>Илгар Ахмадов, <sup>2</sup>Сабина Тагиева, <sup>3</sup>Самира Мансурова

<sup>1</sup>SOCAR, Проектный институт нефти и газа, ведущий научный сотрудник, к.т.н. Азербайджан. E-mail: [ilqarahmadov@socar.az](mailto:ilqarahmadov@socar.az)

<sup>2</sup>SOCAR, Проектный институт нефти и газа, старший научный сотрудник, к.т.н. Азербайджан. E-mail: [sabinatagiyeva2020@yandex.ru](mailto:sabinatagiyeva2020@yandex.ru)

<sup>3</sup>Доцент кафедры «Нефтяное и газовое машиностроение» Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. E-mail: [mansur\\_s74@mail.ru](mailto:mansur_s74@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1284-4628>

## РЕЗЮМЕ

Как известно, в настоящее время месторождения, находящиеся на поздней стадии разработки, эксплуатируются в основном штанговыми насосами. Работа насосов обычно производится в достаточно сложных технологических и гидродинамических условиях, сильно влияющих на эффективность его работы.



В статье на основе фактической промышленной информации исследуется возможное влияние глубины спуска скважинного штангового насоса (СШН) на коэффициент подачи, который является одним из показателей эффективности работы всей глубиннонасосной установки. В ходе исследования рассчитаны значения коэффициентов подачи по нефти и воде и построены функциональные зависимости их от глубины погружения СШН. Результаты показали увеличение коэффициента подачи по нефти и уменьшение его по воде в рассматриваемых диапазонах значений. Также получены математические модели построенных зависимостей. В результате проведенных исследований подтверждается целесообразность контролируемого увеличения глубины подвески насосов в условиях эксплуатации рассматриваемого месторождения.

**Ключевые слова:** скважинный штанговый насос, коэффициент подачи, эксплуатация скважины, параметры насоса, глубина подвески насоса.

## ŞQN-nin ENDİRİLMƏ DƏRİNLİYİNİN VERİM ƏMSALINA TƏSİRİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>İlqar Əhmədov, <sup>2</sup>Səbinə Tağıyeva, <sup>3</sup>Samirə Mansurova

<sup>1</sup>SOCAR, Neftqazemitədqiqatlayihə İnstitutu, aparıcı elmi işçi, t.ü.f.d, Azərbaycan.

E.mail: ilqarahmadov@socar.az

<sup>2</sup>SOCAR, Neftqazemitədqiqatlayihə İnstitutu, böyük elmi işçi, t.ü.f.d, Azərbaycan.

E.mail: sabinatagiyeva2020@yandex.ru

<sup>3</sup>Dosent, Neft qaz mühəndisliyi kafedrasın, Azərbaycan.

E.mail: mansur\_s74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1284-4628>

### XÜLASƏ

Məlum olduğu kimi, hazırda işlənmənin son mərhələsində olan yataqlar əsasən ştanqlı quyu nasoslari (ŞQN) ilə istismar olunur. Nasoslari istismari adətən mürəkkəb texnoloji və hidrodinamik şəraitdə həyata keçirilir ki, bu da onun işinin səmərəliliyinə böyük təsir göstərir. Məqalədə, faktiki mədən məlumatlarına əsaslanaraq, dərinlik nasos qurğusunun səmərəliliyini iş göstəricilərindən biri olan dərinlik ştanqlı nasosun verim əmsalının endirilmə dərinliyinə mümkün təsiri tədqiq edilmişdir. Tədqiqat zamanı neft və su əmsallarına görə verim əmsalının qiymətləri hesablanmış və onların dərinliyindən funksional asılılıqları qurulmuşdur. Baxılan qiymətlər diapazonunda verim əmsalı artır və suya görə azaldığı göstərilir. Qurulmuş asılılıqların riyazi modelləri də alınmışdır. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində baxılan yatağın istismar şəraitində nasoslari endirilmə dərinliyinin idarə olunan artırılmasının məqsədəuyğunluğu təsdiqlənib.

**Açar sözlər:** ştanqlı quyu nasosu, nasosun verim əmsalı, quyunun istismari, nasosun parametrləri, asqının endirilmə dərinliyi.

## TEMPERATURA DAVAMLI KOMPOZİT ƏRİNTİLİ MATERİALLARIN ÜSTÜNLÜKLƏRİ

<sup>1</sup>Əmir Mustafayev, <sup>2</sup>Çingiz Nəsirov

<sup>1</sup>Dosent, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Magistr, “Neftin, qazın nəqli və saxlanması” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan. E-mail: cina-01@mail.ru

### XÜLASƏ

Quyuların qazılmasında, istismarında və təmirində istifadə olunan neft-mədən alət və avadanlıqlarının kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı elementlərinin hazırlanmasında kompozit materiallardan istifadəyə geniş yer verilir. Alətin kəsən hissəsinin kəsicilik qabiliyyətinin artırılması məqsədi ilə nəzərdə tutulan volfram-karbid (VK) tipli kompozit materialların digər materiallara nisbətən üstün cəhətlərinin araşdırılması və yüksək temperaturalara qarşı davamlılığının təmin edilməsidir. Sonlu elementlər metodundan (iki ölçülü simpleks elementlərdən) istifadə etməklə, kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin toxunan səthlərində yaranan gərginlikli-deformasiyalı vəziyyəti təyin edilmişdir.

**Açar sözlər:** kompozit material, sonlu elementlər, gərginlikli, deformasiyalı, kəsici-doğrayıcı alət

### Giriş

Quyuların qazılmasında, istismarında və təmirində istifadə olunan neft-mədən alət və avadanlıqlarının kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı elementlərinin hazırlanmasında kompozit materiallardan istifadəyə geniş yer verilir. İstərsə xaricdə, istərsə də MDB ölkələrində bu material geniş tətbiq olunmaqdadır. Hal-hazırda kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsən hissələrinin formalaşdırılmasına və alətin kəsicilik qabiliyyətinin artırılmasında istifadə olunan kompozit ərintili volfram-karbid tərkibli kompozit materialların istifadəsinə geniş yer verilir. Kompozit materialların hazırlanmasında qarşıya qoyulan əsas məsələlərdən biri də bu materialın xassələrindən tam istifadə etməkdir. Kompozit materialların əhəmiyyətli dərəcədə tətbiq olunması elmi əsərlərdə öz əksini tapmışdır [1,2,3].

### Məsələnin qoyuluşu

Kompozit tərkibli materialların xassələrinin təhlilində tribotexniki xassələrə üstünlük verməklə, müxtəlif doldurucular əlavə etməklə, kompozit ərintilərin tərkibinin seçilməsi.

### Məsələnin həlli metodları

Məqalədə qoyulan məsələ alətin toxunan səthlərində yaranan gərginlikli-deformasiyalı vəziyyəti təyin etməkdən ötrü daha münasib üsul sayılan sonlu elementlər metodundan (iki ölçülü simpleks elementlərdən) istifadə edilir istifadə etməklə yerinə yetirmək.

### Məsələnin həlli

Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsən hissəsi üçün nəzərdə tutulan volfram-karbid (VK) tipli kompozit materialların digər materiallara nisbətən üstün cəhəti onların kəsicilik



qabiliyyətinin artırılması və yüksək temperaturalara qarşı davamlı olmasıdır.  $950^{\circ}$ - $1000^{\circ}$ C temperaturalara qarşı davamlı VK tipli kompozit materiallarla dağılmaya məruz qalan obyektlərin frezerlənməsində yüksək məhsuldarlıq əldə etmək olar.

Kompozit ərintili materialların tərkibinin müəyyən edilməsi, temperatur gərginliklərinə qarşı dözümlülüyü və digər xassələri haqqında ətraflı tədqiqat işlərinin aparılmasına baxmayaraq, elektrik keçiriciliyi xassələrinə malik olan bu materiallarda temperaturalardan yaranan istilik keçirmə məsələlərinə aid elmi tədqiqat işlərinin sayı az miqdardadır [4,5].

Elektrik keçiricilik qabiliyyətinə malik olan kompozit materialların tərkib hissələri metallarla qarşılıqlı əlaqəyə girən zaman alətin toxunan səthlərində sürtünmədən yaranan elektrik yüklənməsi toxunan səthlərdə temperaturaların artmasına və kompozit elementlərin həddindən artıq qızmasına və qısa zamanda yeyilərək alətin sıradan çıxmasına səbəb olur.

Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsən hissəsinin kəsicilik qabiliyyətini artırmaqdan ötrü əldə olunan baza materialları əsasında müasir tələblərə cavab verən yeni növ kompozit materialların yaradılması zəruridir.

Quyuların qazılmasında və təmirində istifadə olunan kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin toxunan səthlərinə düşən yükün qeyri-bərabər paylanması səbəbindən alətin kəsən hissəsi periodik olaraq zərbələrin təsirinə məruz qalır. Kəsici elementlər sürtünmədən zədələnir, yeyilmələr baş verir, toxunan səthlərdə temperaturalar artır, istilik mübadiləsi zəifləyir, kompozit elementlər toplusunda çatlar yaranır, kəsici elementlər dağılır, kəsmə-dağılma zonasında güc artır, nəticədə pərçimlənmələr yaranır və alət nəzərdə tutulan xidmət müddətini vaxtından əvvəl başa vurur [6].

Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin səmərəliliyi kompozit elementlərin gərginlikli-deformasiyalı vəziyyətindən, kompozit ərintili birləşmələrin fiziki-mexaniki xassələrindən, zərbədən yaranan qüvvələrin qiymətindən və digər amillərdən asılıdır.

Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin konstruksiyalarından asılı olaraq zərbə qüvvələrinin təsiri iki kənar vəziyyət üçün daha xarakteriktir. Birinci halda qüvvələrin kompozit material toplusunun təmas sahəsindəki birinci qatdakı (birinci qat sıradan çıxdıqdan sonra sonrakı qatlardakı) kəsici elementlərə, ikinci halda isə qüvvənin bütöv topluda olan kompozit ərintili hissəciklərə təsir etdiyi qəbul olunur.

Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin səthində yaranan gərginlikli vəziyyətə müstəvi gərginlikli vəziyyət kimi baxmaq olar.

Alətin toxunan səthlərində yaranan gərginlikli-deformasiyalı vəziyyəti təyin etməkdən ötrü daha münasib və mütərəqqi üsul sayılan sonlu elementlər metodundan istifadə etmək olar [7,8]. Bunun üçün iki ölçülü simpleks elementlərdən istifadə edilir.

Sonlu elementlər metodunun əsas məğzi fizik-riyazi məsələlərin həllində diskret modellərdən istifadə etməklə, axtarışlar aparmaqdan ibarətdir. Diskret modellərin hər biri verilmiş alt sahələr intervalında müəyyən olunan fasiləsiz kəsik funksiyalar çoxluğu kimi tərtib olunur. Alt sahələr toplusu baxılan bütöv sahəni tamamilə əhatə edir. Alt sahələrin hər biri sonlu element adlanır. Diskret sahələr diferensial tənliklər sisteminin həllində daha sadə riyazi tənliklər sisteminin həllinə keçməyə imkan verir.

Sonlu elementlər metodundan istifadə etməklə, funksiyanın qabaqcadan verilmiş düyünlərdəki diskret qiymətlərini təyin etmək mümkündür.

Sonlu elementlər metodu aşağıdakı ardıcılıqla icra olunur:

1. Baxılan sahə sonlu sayda elementar alt sahələrə bölünür. Elementar sahələr düyün nöqtələrinə malik olub, ümumi halda sahənin formasını aproksimasiya edir.

2. Düyün nöqtələrindəki fasiləsiz funksiya əvvəlcədən məlum olmayıb, yalnız sonradan təyin olunur;
3. Hər bir elementdəki naməlum kəmiyyətlər müəyyən funksiyaların yığımı ilə aproksimasiya olunur. Bu funksiyalar elementin növü və elementə daxil olan düyün nöqtələrinin sayından asılı olaraq istifadə olunur. Polikomları elə seçmək lazımdır ki, elementin sərhədi boyu funksiyalar öz kəsilməzliyini saxlasın;
4. Həlli verilən diferensial tənliklər müəyyən funksionalın minimizasiya olunması ilə yerinə yetirilir. Bu zaman funksional verilmiş sonlu elementar çoxluğunda aproksimasiyaedici funksiya və onun törəməsindən istifadə etməklə diskretləşdirilir.
5. Çevrilmiş funksionalın diskretləşdirilməsi və minimallaşdırılması nəticəsində riyazi tənliklər sistemi alınır. Bu tənliklərin həlli verilmiş düyünlərdə funksiyanın qiymətini müəyyən edir.

Element üçün qüvvələr vektoru  $[F]$ :

$$[F] = [F_R]^e + [F_P]^e \quad (1)$$

Əgər hesablanan sahə  $n$  sayda elementə bölünürsə, onda sonlu elementlər metodunun həlledici riyazi tənlikləri aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$[K] \cdot [f] = [F] \quad (2)$$

$[K] = \sum_{e=1}^n [K]^e$  sərfliyin matrisasıdır.

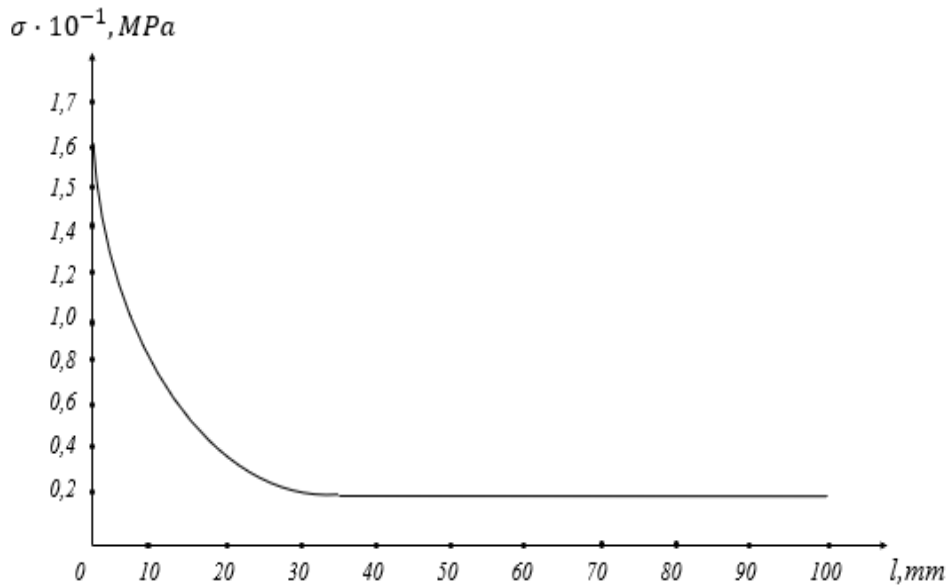
$$[F] = \sum_{e=1}^n [F_R]^e + \sum_{e=1}^n [F_P]^e \quad \text{qüvvələrin vektorudur.} \quad (3)$$

$[f]$  – düyünlərin yerdəyişmə vektoru olub, riyazi tənliklər sisteminin (2) həllindən təyin olunur.

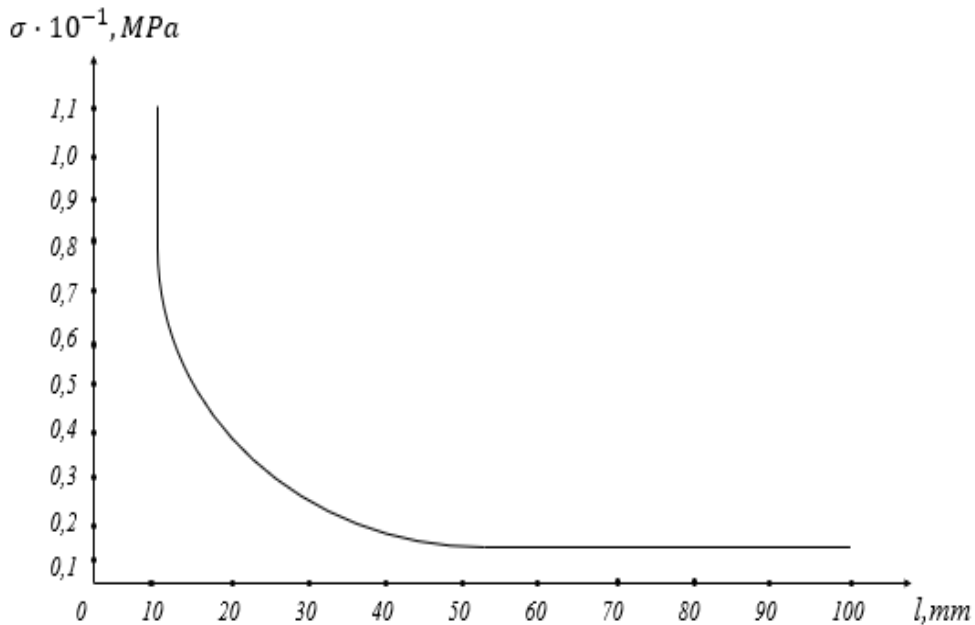
Düyünlərin yerdəyişməsini təyin etdikdən sonra elementin istənilən nöqtəsindəki gərginliyi və deformasiyanı təyin etmək olar.

Riyazi tənliklər sisteminin (2) həllində matrisasının sərbətliliyini və müsbət olmasını nəzərə almaq lazımdır. Ona görə də baxılan riyazi tənliklər sisteminin həlli kvadrat köklərin toplanma metodu ilə aparılmalıdır. Bu həm hesablama vaxtını azaltmağa, həm də yalnız matrisanın sıfırdan fərqli elementlərini saxlamağa imkan verir.

Alətin vahid qalınlıqlı kompozit ərintili materialla armirlənmiş sahəsində vahid qüvvənin yaratdığı gərginliklərin paylanma qrafikləri qurulmuşdur. Gərginliyin paylanma qrafiklərindən görünür ki, qüvvə tətbiq edilən vahid sahədə gərginliyin intensivliyi  $\sigma = 1,91 \cdot 10^{-1} MPa$ , baş gərginliklərin intensivliyi  $\sigma = 0,182 \cdot 10^{-1} MPa$ -ya qədər minimal həddə enir. Şəkil 1-də kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsici elementlərinin toxunma sahəsində baş gərginliklərin paylanma sxemi, şəkil 2-də isə kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsici elementlərinin toxunma sahəsində toxunan gərginliklərin paylanma sxemi verilmişdir. Qrafiklərdən müxtəlif vəziyyətlərdə vahid qüvvənin təsirindən yaranan gərginliklərin mərkəzə yaxın yerlərdə minimal qiymətlər alması əyani görünür.



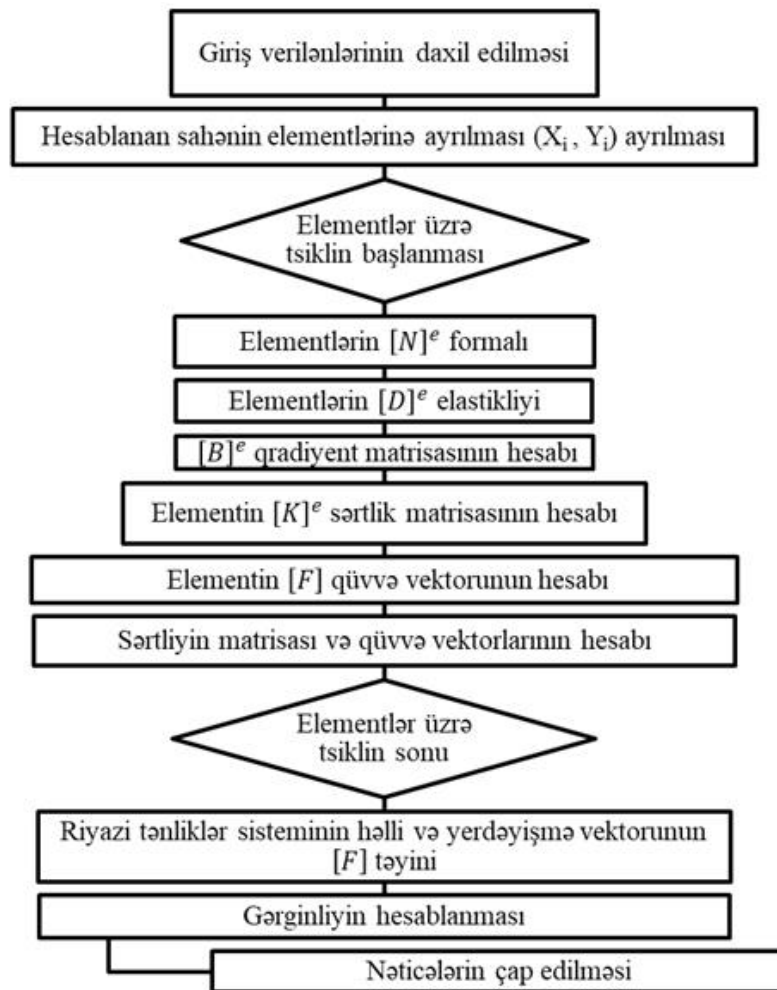
**Şəkil 1.** Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsici elementlərinin toxunma sahəsində baş gərginliklərin paylanma sxemi.



**Şəkil 2.** Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətlərin kəsici elementlərinin toxunma sahəsində toxunan gərginliklərin paylanma sxemi.

Sonlu elementlər metodu kəsici elementlərin müstəvi gərginlikli vəziyyətini müəyyən edən hesablama proqramının blok sxemi şəkil 3-də göstərilmişdir.





**Şəkil 3.** Kəsici-doğrayıcı və dağıdıcı alətin toxunan səthlərində müstəvi gərginlikli vəziyyəti öyrənmək üçün qurulan blok-sxem.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, kompozit elementlərin səmərəliliyi daha çox elementlərin materialının mexaniki xassələrindən, zərbə qüvvələrindən və elementlərin gərginlikli vəziyyətindən asılıdır. Simpleks metod tətbiq etməklə, kompozit elementlərin gərginlikli vəziyyətin analizi göstərir ki, qüvvə tətbiq edilən sahədə gərginliyin intensivliyi  $\sigma = 1,89 \cdot 10^{-1} MPa$  qiymətləri alır.

### Nəticə və təkliflər

1. Tədqiqatların nəticələrinə əsasən kompozit elementlərin materialın mexaniki xassələrindən, zərbə qüvvəsindən və elementlərin gərginlikli vəziyyətindən asılı olaraq səmərəliliyi müəyyən edilmişdir.
2. Simpleks metoddan istifadə etməklə, qüvvə tətbiq edilən sahədə kompozit elementlərdə gərginliklərin intensivliyi müəyyənə olunmuşdur.



## ƏDƏBİYYAT

1. Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р., Джафаров А.Г., Методика Проектирования Режущей Части Скважинных Фрезерных Устройств на Основе Композиционных Сплавов, MODERN SCIENCE Учредители: Научно-информационный издательский центр "Институт стратегических исследований" (Москва) ISSN: 2414-9918, 2021, с. 410-417.
2. Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р., Нагиев А.Э, Улучшение режущей способности скважинных фрезерных инструментов армированными композиционными матричными материалами, ГГНТУ, Сборник статей X всероссийской научно-практической конференции «Молодежь, наука, инновации» 28 октября 2021 г., УДК 001.1 ББК 60, с. 383 – 390.
3. Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р., Разработка режимных параметров работы фрезерных устройств с учетом физико-механических характеристик режущей части инструмента армированной композиционными сплавами, ГГНТУ, Сборник статей X всероссийской научно-практической конференции «Молодежь, наука, инновации» 28 октября 2021 г., УДК 001.1 ББК 60, с. 391 – 398.
4. Мустафаев А.Г., Насиров Ч.Р., Разработка методики повышения работоспособности скважинных разрушающих инструментов, Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений, транспорта и переработки трудноизвлекаемых тяжёлых нефтей, Материалы всероссийской научно-технической конференции Ухта УГТУ 2022, УДК 622.276 (061.3), ISBN 978-5-6045345-9-5, с. 208.
5. Мустафаев А. Г. Амирова А.М. “Влияние диспергированных частиц композиционного материала наплавленного в режущую часть скважинного инструмента на удельную производительность процесса фрезерования “. Современные технологии в нефтегазовом деле-2017, «Сборник трудов международной научно-технической конференции», Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2017. 368-373 стр.
6. Мустафаев А. Г. “Исследование тепловых процессов на контактных поверхностях скважинных разрушающих инструментов”. Современные технологии в нефтегазовом деле - 2017, «Сборник трудов межд. научно-технической конференции», Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2017. 136-138 стр.
7. Мустафаев А.Г. Пашаева В.Б. Исследование повышения работоспособности скважинных разрушающих инструментов. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №7, 2017, Россия. 50-53стр.
8. Мустафаев А. Г. Исследование влияния взаимосвязанных факторов на тепловой режим породоразрушающего инструмента Современные технологии в нефтегазовом деле-2017, «Сборник трудов международной научно-технической конференции», Уфимский Гос. Нефт. Техн. университет, 2017, 128-132 стр.

## ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕМПЕРАТУРОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<sup>1</sup>Амир Мустафаев, <sup>2</sup>Чингиз Насиров

<sup>1</sup>Доцент, кафедра «Механика», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, E-mail: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Магистр, кафедра «Транспортировка и хранение нефти, газа», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, E-mail: cina-01@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

Композиционные материалы широко применяются при изготовлении режущие-истирающие и разрушающих элементов нефтепромысловых инструментов и оборудования, применяемых при бурении, эксплуатации и ремонте скважин. С целью повышения режущей способности режущей части инструмента исследуются преимущества композиционных материалов типа карбида вольфрама (ВК) по сравнению с другими материалами и обеспечивается их стойкость к высоким температурам. Методом конечных элементов (двумерные симплекс-элементы) определено напряженно-деформационное состояние, создаваемое на контактных поверхностях режущего и разрушающего инструментов.

**Ключевые слова:** композиционный материал, конечные элементы, растяжение, деформация, режущий инструмент.

## ADVANTAGES OF TEMPERATURE RESISTANT COMPOSITE ALLOY MATERIALS

<sup>1</sup>Amir Mustafayev, <sup>2</sup>Chingiz Nasirov

<sup>1</sup>Docent, "Mechanics" department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Master, "Oil, gas transportation and storage" department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: cina-01@mail.ru

### ABSTRACT

Composite materials are widely used in the manufacture of cutting-chopping and destructive elements of oilfield tools and equipment used in drilling, operation and workover of wells. In order to increase the cutting ability of the cutting part of the tool, the advantages of composite materials such as tungsten carbide (TC) are investigated in comparison with other materials and their resistance to high temperatures is ensured. The finite element method (two-dimensional simplex elements) is used to determine the stress-strain state created on the contact surfaces of the cutting-grinding and destructive tools.

**Keywords:** composite material, finite elements, tension, deformation, cutting tool.



## QURASHIQ ANIZOTROP YARIMMÜSTƏVİ ÜÇÜN BİRİNCİ ƏSAS SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİ

<sup>1</sup>İsmət Ağalarova, <sup>2</sup>Qəzalə Xeyrəbadi

<sup>1,2</sup>Assistant, Mexanika kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: qezale@mail.ru

### XÜLASƏ

Bu məqalədə dairəvi boşluğu olan elastiki yarımüstəvi üçün birinci əsas sərhəd məsələsinin həllinə baxılır. Məqalədə daxili konturda təyin olunmuş naməlum funksiyanın təyini sərhəd şərtinin kontur dəyişəninə görə ayrılışlarla deyil, bu sərhəd şərtinin ortoqonalizasiya prosesindən alınmış sonsuz xətti cəbri tənliklər sistemi ilə əlaqədardır. Cəbri tənliklər sisteminin əmsalları dairəvi kontur boyu inteqrallar vasitəsilə ifadə olunur. Məsələnin tam qapalı həllinin alqoritmi verilmiş və alınan gərginliklər məsələdə qoyulan xətlər üzərinə düşür.

**Açar sözlər:** Cəbri tənliklər sistemi, alqoritm, anizotrop mühit, inteqral, funksiya

Məqalədə dairəvi boşluğu olan elastiki yarımüstəvi üçün birinci əsas sərhəd məsələsinin həllinə baxılır. Məqalədə daxili konturda təyin olunmuş naməlum funksiyanın təyini sərhəd şərtinin kontur dəyişəninə görə ayrılışlarla deyil, bu sərhəd şərtinin ortoqonalizasiya prosesindən alınmış sonsuz xətti cəbri tənliklər sistemi ilə əlaqədardır. Cəbri tənliklər sisteminin əmsalları dairəvi kontur boyu inteqrallar vasitəsilə ifadə olunur. Məsələnin tam qapalı həllinin alqoritmi verilmiş və alınan gərginliklər məsələdə qoyulan xətlər üzərinə düşür.

Anizotrop mühitlər üçün sərhəd məsələlərinin həlləri özlərinə məxsus olan xüsusiyyətlərə malikdirlər. Bu onunla əlaqədardır ki, izotrop cisimlərdən fərqli olaraq anizotrop cisimlər üçün ikiölçülü elastiki məsələlərin kompleks dəyişənli funksiyalar vasitəsilə olan həlli eyni zamanda üç kompleks oblastların baxılması ilə bağlıdır. Buna görə izotrop mühitlər üçün Kolosov-Musxelişvili həll üsulları birbaşa anizotrop cisimlər üçün keçirilə bilməz. Bu baxımdan anizotrop mühitlər üçün sərhəd məsələlərinin həll üsullarının yaradılması böyük əhəmiyyətə malikdir. Məqalədə sonsuz xətti cəbri tənliklər sisteminə baxılır və bu sistemin əmsalları araşdırılır. Onun əmsalları- kompleks müəyyən inteqrallar hesablanır və bu sistem hesablamaya uyğun olan hala gətirilir.

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^{\infty} [M_{k,m} \alpha_{1,k} + N_{k,m} \bar{\alpha}_{1,k} + Q_{k,m} \alpha_{2,k} + S_{k,m} \bar{\alpha}_{2,k} - F_{k,m} \alpha_{-1,k} - D_{k,m} \bar{\alpha}_{-1,k}] = C_m \\ \sum_{k=1}^{\infty} [U_{k,m} \alpha_{1,k} + F_{k,m} \bar{\alpha}_{1,k} + \Phi_{k,m} \alpha_{2,k} + R_{k,m} \bar{\alpha}_{2,k} - W_{k,m} \alpha_{-1,k} - H_{k,m} \bar{\alpha}_{-1,k}] = \theta_m \end{cases} \quad (1)$$

Sistemdə iştirak edən inteqralların həlli qaydalarını göstərək. Bu inteqrallar kompleks dəyişənli funksiyalar nəzəriyyəsinə görə bizə məlum olan Koşi tipli inteqrallardır. Bu inteqralların hər biri  $k$  və  $m$  dəyişənlərinə müxtəlif qiymətlər verməklə dəyişəcək. Bu inteqralları ümumi formada üç qrupa ayırmaq olar:

$$1. B_{k,m}^{(1)} = \oint \frac{(x-i)^{k-1}}{(x+i)^{k+1}} \sigma^m d\sigma \quad B_{k,m}^{(2)} = \oint \frac{(x+i)^{k-1}}{(x-i)^{k+1}} \sigma^m d\sigma$$

$$2.A_m^{(1)} = \oint \left( \int_{L_0} \frac{N(t)}{t-x} dt \right) \sigma^m d\sigma \quad A_m^{(2)} = \oint \left( \int_{L_0} \frac{N(\bar{t})}{\bar{t}-x} d\bar{t} \right) \sigma^m d\sigma$$

$$A_m^{(3)} = \oint \left( \int_{L_0} \frac{T(t)}{t-x} dt \right) \sigma^m d\sigma \quad A_m^{(4)} = \oint \left( \int_{L_0} \frac{T(\bar{t})}{\bar{t}-x} d\bar{t} \right) \sigma^m d\sigma$$

$$I_{k,m}^{(j)} = \oint \frac{[x + i(1 - \Phi_j)]^{k-1}}{[x - i(1 + \Phi_j)]^{k+1}} \sigma^m d\sigma, \quad j = 1, 2, 3$$

$$I_{k,m}^{(j)} = \oint \frac{[x - i(1 - \Phi_j)]^{k-1}}{[x + i(1 + \Phi_j)]^{k+1}} \sigma^m d\sigma, \quad j = 4, 5, 6$$

$$I_{k,m}^{(j)} = \oint \frac{[x - i(1 + \Phi_j)]^{k-1}}{[x + i(1 + \tilde{\Phi}_j)]^{k+1}} \sigma^m d\sigma, \quad j = 7$$

$$I_{k,m}^{(j)} = \oint \frac{[x + i(1 + \Phi_j)]^{k-1}}{[x - i(1 + \tilde{\Phi}_j)]^{k+1}} \sigma^m d\sigma, \quad j = 8$$

Burada  $\sigma = \frac{x-i}{x+i}$  və  $\Phi$  – ixtiyari ədəddir.

$$\Phi_1 = 2\gamma_{11}h \quad j = 1, 4; \quad \Phi_2 = (\gamma_{11} + \gamma_{21})h \quad j = 2, 5; \quad \Phi_3 = 2\gamma_{21}h \quad j = 3, 6;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_4 = (\gamma_{12} + \gamma_{22})h \\ \tilde{\Phi}_4 = (\gamma_{12} - \gamma_{22})h \end{array} \right. \quad j = 7, 8$$

İndi isə yuxarıda göstərilən üç növ inteqralları araşdıraraq. Əvvəl  $B_{k,m}^{(j)}$  inteqrallarının açılma qaydalarını göstərək. Bizə məlumdur ki, inteqralaltı funksiya kompleks dəyişənli funksiya olduğu üçün  $B_{k,m}^{(j)}$  inteqralları  $B_{k,m}^{(j)} = \text{Re}B_{k,m}^{(j)} + i\text{Im}B_{k,m}^{(j)}$  şəklində göstərmək olar.

$j = 1$  halına baxaq:  $\sigma = \frac{x-i}{x+i}$  ifadəsini  $x$  –ə görə həll etsək  $x = i \frac{1+\sigma}{1-\sigma}$  olar.

Verilən bütün halları nəzərə alsaq

$$B_{k,m}^{(1)} = \begin{cases} -\frac{m}{2} & m+k=0, m+k=-2 \\ \pi i & m+k=-1 \end{cases} \quad (2)$$

$m$  və  $k$  ədədlərinin digər qiymətləri üçün

$$B_{k,m}^{(1)} = 0 \quad (3)$$

olar.

$j = 2$  halına baxaq:



$$B_{k,m}^{(2)} = \oint \frac{(x+i)^{k-1} (x-i)^m}{(x-i)^{k+1} (x+i)} d\sigma$$

olar.

$$B_{k,m}^{(2)} = \begin{cases} -\frac{m}{2} & m-k=0, m-k=-2 \\ \pi i & m-k=-1 \end{cases} \quad (4)$$

Digər hallar üçün

$$B_{k,m}^{(2)} = 0; B_{k,m}^{(2)} = \operatorname{Re} B_{k,m}^{(2)} + i \operatorname{Im} B_{k,m}^{(2)} \quad (5)$$

$A_m^{(2)}$  tipli inteqralları araşdıraraq.

$j=1$  halına baxaq:

$$A_m^{(1)} = \oint \left( \int_{L_0} \frac{N(t)}{t-x} dt \right) \sigma^m d\sigma \quad (6)$$

olar.

$A(t) = \int_{L_0} \frac{N(t)}{t-x} dt$  işarələməsi aparaq. Onda  $A_m^{(1)}$  inteqralı  $A_m^{(1)} = \oint A(t) \sigma^m d\sigma$  şəklinə düşər.  $N(t)$  funksiyası  $L_0$  sərhəddinə tətbiq olunmuş normal qüvvəni xarakterizə edir. Beləliklə,  $N(t)$  qüvvəsi müxtəlif qiymətlər ala bilər. Baxılan hal üçün biz

$$N(t) = P = \text{const}, P \in [-a; a] \quad (7)$$

funksiyasının sabit olduğunu nəzərdə tutacağıq.

$$A(t) = P \int_{L_0} \frac{1}{t-x} dt = P \ln |t-x|_{-a}^{+a} = P \ln \left| \frac{a+x}{a-x} \right| \quad (8)$$

$a$  – ixtiyari ədəddir.

Beləliklə

$$\ln \left| \frac{a+x}{a-x} \right| = \ln \left| \frac{a^2(1-\cos\varphi) - \cos\varphi - 1}{a^2(1-\cos\varphi) + 1 + \cos\varphi - 2a\sin\varphi} \right| \quad (9)$$

olar.

(8) və (9) ifadələrini (6)-də nəzərə alsaq

$$A_m^{(1)} = P \int_0^{2\pi} \ln \left| \frac{a^2(1-\cos\varphi) - \cos\varphi - 1}{a^2(1-\cos\varphi) + 1 + \cos\varphi - 2a\sin\varphi} \right| \sigma^m d\sigma \quad (10)$$

olar. Beləliklə

$$\begin{aligned} A_m^{(1)} &= P \int_0^{2\pi} \ln \left| \frac{a^2(1-\cos\varphi) - \cos\varphi - 1}{a^2(1-\cos\varphi) + 1 + \cos\varphi - 2a\sin\varphi} \right| (\cos(m+1)\varphi + \sin(m+1)\varphi) d\varphi = \\ &+ iP \int_0^{2\pi} \ln \left| \frac{a^2(1-\cos\varphi) - \cos\varphi - 1}{a^2(1-\cos\varphi) + 1 + \cos\varphi - 2a\sin\varphi} \right| \cos(m+1)\varphi d\varphi - \end{aligned} \quad (11)$$

$$-P \int_0^{2\pi} \ln \left| \frac{a^2(1-\cos\varphi) - \cos\varphi - 1}{a^2(1-\cos\varphi) + 1 + \cos\varphi - 2a\sin\varphi} \right| \sin(m+1)\varphi \, d\varphi$$

Digər tərəfdən

$$A_m^{(1)} = \operatorname{Re}A_m^{(1)} + i\operatorname{Im}A_m^{(1)} \quad (12)$$

olduğu məlumdur. (11) və (12)-i müqayisə etsək

$$\operatorname{Re}A_m^{(1)} = -P \int_0^{2\pi} \ln \left| \frac{a^2(1-\cos\varphi) - \cos\varphi - 1}{a^2(1-\cos\varphi) + 1 + \cos\varphi - 2a\sin\varphi} \right| \sin(m+1)\varphi \, d\varphi \quad (13)$$

$$\operatorname{Im}A_m^{(1)} = P \int_0^{2\pi} \ln \left| \frac{a^2(1-\cos\varphi) - \cos\varphi - 1}{a^2(1-\cos\varphi) + 1 + \cos\varphi - 2a\sin\varphi} \right| \cos(m+1)\varphi \, d\varphi \quad (14)$$

$j = 2$  halına baxaq.

$$A_m^{(2)} = \oint \left( \int_{L_0} \frac{N(\bar{t})}{\bar{t} - x} d\bar{t} \right) \sigma^m \, d\sigma$$

olar. Baxılan hal üçün  $t$  ədədi sırf həqiqi ədəd olduğundan  $A_m^{(1)}$  inteqralının həlli məsələsinə gətirilir ki, onun həlli (12) və (13) düsturları ilə təyin olunur.

$j = 3$  halı üçün

$$A_m^{(3)} = \oint \left( \int_{L_0} \frac{T(t)}{t - x} dt \right) \sigma^m \, d\sigma$$

olur.  $T(t)$  funksiyası  $L_0$  sərhəddində toxunan qüvvələri ifadə edən funksiyadır. Baxılan hal üçün toxunan qüvvələrin sıfır olduğunu fərz edəcəyik. Deməli

$$T(t) = 0 \quad (15)$$

Onda  $A_m^{(3)} = 0$ .

$j = 4$  halına baxaq. (15) eyniliyinə əsasən  $A_m^{(4)} = 0$  olar.

Sonda  $I_{k,m}^{(j)}$  tipli inteqralları araşdıraq. Belə ki,  $j = 1$  halına baxaq. Onda

$$I_{k,m}^{(1)} = \oint \frac{[x + i(1 - \Phi_1)]^{k-1} (x - i)^m}{[x - i(1 + \Phi_1)]^{k+1} (x + i)} \, d\sigma$$

Beləliklə

$$I_{k,m}^{(1)} = - \oint \frac{i^{k-1} \left[ \frac{1+\sigma}{1-\sigma} + (1-\Phi_1) \right]^{k-1} \left( \frac{x-i}{x+i} \right)^m}{i^{k+1} \left[ \frac{1+\sigma}{1-\sigma} - (1+\Phi_1) \right]^{k+1}} \, d\sigma \quad (16)$$

şəklində olar.

Burada,  $\sigma = e^{i\varphi}$  ifadəsindən istifadə etsək



$$I_{k,m}^{(1)} = - \oint \frac{i^{k-1} \left[ (1 - \Phi_1) + i \frac{\sin \varphi}{1 - \cos \varphi} \right]^{k-1}}{i^{k+1} \left[ (-1 - \Phi_1) + i \frac{\sin \varphi}{1 - \cos \varphi} \right]^{k+1}} \sigma^m d\sigma$$

ifadəsi alınar.

$a = 1 - \Phi_1$ ,  $b = \frac{\sin \varphi}{1 - \cos \varphi}$ ,  $c = -1 - \Phi_1$  işarələmələrini tətbiq etsək

$$I_{k,m}^{(j)} = - \oint \frac{[a+ib]^{k-1}}{[c+ib]^{k+1}} \sigma^m d\sigma \quad (17)$$

alırıq. Buraya daxil olan kompleks ifadələri onların triqonometrik ifadələri ilə əvəz edək:

$$I_{k,m}^{(1)} = - \int_0^{2\pi} \frac{r^{k-1} \cos(k-1)\theta + ir^{k-1} \sin(k-1)\theta}{q^{k+1} \cos(k+1)\xi + iq^{k+1} \sin(k+1)\xi} \sigma^m d\theta \quad (18)$$

Burada  $q = \sqrt{c^2 + b^2}$ ;  $\xi = \arctg \frac{b}{c}$ .

Bildiyimiz kimi

$$I_{k,m}^{(1)} = ReI_{k,m}^{(1)} + iImI_{k,m}^{(1)} \quad (19)$$

olduğu üçün (18)-dən

$$ReI_{k,m}^{(1)} = \int_0^{2\pi} \frac{r^{k-1}}{q^2} (\sin((m+1)\varphi + k(\theta - \xi) - (\theta + \xi))) d\varphi \quad (20)$$

$$ImI_{k,m}^{(1)} = \int_0^{2\pi} \frac{r^{k-1}}{q^2} (\cos((m+1)\varphi + k(\theta - \xi) - (\theta + \xi))) d\varphi \quad (21)$$

alınır. Digər  $I_{k,m}^{(j)}$  inteqralları da buna uyğun olaraq hesablanır.

$\Phi'_{ij}(z_{ij})(i, j = 1, 2)$  funksiyalarının ifadələrini məlum şərtlərdə nəzərə alaraq  $\alpha_{j,k}(j = 1, 2)$  dəyişənlərindən asılı sonsuz xətti cəbri tənliklər sistemi alınacaq. Bu sistem (1)-də verilmişdir. Bu sistemə daxil olan  $\alpha_{j,k}(j = 1, 2)$  dəyişənləri də uyğun olaraq

$$\alpha_{j,k} = Re\alpha_{j,k} + iIm\alpha_{j,k} \quad (22)$$

şəklində yazmaq olar.  $\bar{\alpha}_{j,k} = Re\alpha_{j,k} - iIm\alpha_{j,k}$  olar.

$$Re\alpha_{j,k} = X_{j,k}; \quad Im\alpha_{j,k} = Y_{j,k} \quad (23)$$

işarələmələrini nəzərə alaraq. Beləliklə sistemin əmsalları uyğun olaraq yuxarıda göstərilən tipli inteqrallardan asılı olduğu üçün və bu inteqralları uyğun olaraq həqiqi və xəyali hissələrə ayırdığımız üçün (1) sisteminin əmsallarını uyğun olaraq

$$M_{k,m} = ReM_{k,m} + iImM_{k,m} \quad (24)$$

şəklində göstərmək olar.



Sistemin digər əmsallarını, yəni  $N_{k,m}, Q_{k,m}, S_{k,m}, F_{k,m}, D_{k,m}, C_{k,m}, U_{k,m}, V_{k,m}, \Phi_{k,m}, R_{k,m}, W_{k,m}, H_{k,m}, \theta_{k,m}$  uyğun olaraq həqiqi və xəyali hissələrə ayıra bilərik. Aşağıdakı işarələmələri daxil edək.

$$\begin{aligned} ReM_{k,m} &= M_1; ReD_{k,m} = D_1; ReR_{k,m} = R_1; ReN_{k,m} = N_1; ReC_{k,m} = C_1; \\ \text{Im}M_{k,m} &= M_2; \text{Im}D_{k,m} = D_2; \text{Im}R_{k,m} = R_2; \text{Im}N_{k,m} = N_2; \text{Im}C_{k,m} = C_2; \\ ReW_{k,m} &= W_1; ReD_{k,m} = D_1; ReQ_{k,m} = Q_1; ReU_{k,m} = U_1; ReH_{k,m} = H_1; \\ \text{Im}W_{k,m} &= W_2; \text{Im}D_{k,m} = D_2; \text{Im}Q_{k,m} = Q_2; \text{Im}U_{k,m} = U_2; \text{Im}H_{k,m} = H_2; \\ ReS_{k,m} &= S_1; ReV_{k,m} = V_1; Re\theta_{k,m} = \theta_1; Re\Phi_{k,m} = \Phi_1; ReF_{k,m} = F_1; \\ \text{Im}S_{k,m} &= S_2; \text{Im}V_{k,m} = V_2; \text{Im}\theta_{k,m} = \theta_2; \text{Im}\Phi_{k,m} = \Phi_2; \text{Im}F_{k,m} = F_2. \end{aligned}$$

Bu işarələmələrdən istifadə etsək (1) tənliklər sistemi aşağıdakı şəkildə olar:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{\infty} [(M_1 + N_1)x_{1,k} + (N_2 - M_2)y_{1,k} + (Q_1 + S_1)x_{2,k} + (S_2 - Q_2)y_{2,k} - \\ -(F_1 + D_1)x_{-1,k} + (F_2 - D_2)y_{-1,k}] &= C_1 \\ \sum_{k=1}^{\infty} [(M_2 + N_2)x_{1,k} + (N_1 - M_1)y_{1,k} + (Q_2 + S_2)x_{2,k} + (S_1 - Q_1)y_{2,k} - \\ -(F_2 + D_2)x_{-1,k} + (F_1 - D_1)y_{-1,k}] &= C_2 \quad (25) \\ \sum_{k=1}^{\infty} [(U_1 + V_1)x_{1,k} + (U_2 - V_2)y_{1,k} + (\Phi_1 + R_1)x_{2,k} + (R_2 - \Phi_2)y_{2,k} - \\ -(W_1 + H_1)x_{-1,k} + (W_2 - H_2)y_{-1,k}] &= \theta_1 \\ \sum_{k=1}^{\infty} [(U_2 + V_2)x_{1,k} + (U_1 - V_1)y_{1,k} + (\Phi_2 + R_2)x_{2,k} + (R_1 - \Phi_1)y_{2,k} - \\ -(W_2 + H_2)x_{-1,k} + (W_1 - H_1)y_{-1,k}] &= \theta_2 \end{aligned}$$

Beləliklə baxılan məsələ (25) sonsuz xətti cəbri tənliklər sisteminin həllinə gətirilir. Baxılan  $A_m^{(j)}, B_{k,m}^{(j)}, I_{k,m}^{(j)}$  inteqralları  $k$  və  $m$  ədədlərinə müxtəlif qiymətlər verməklə dəyişir və sistemin əmsalları bu inteqrallar vasitəsilə təyin olunduğu üçün bu əmsallar da  $k$  və  $m$  ədədlərinə müxtəlif qiymətlər verməklə dəyişəcək.

Baxdığımız məsələdə gərginlikləri təyin etmək üçün aşağıdakı məlum düsturlardan istifadə olunur.

$$\begin{cases} \sigma_{yy}^{(1)} = \Phi'_{11}(z_{11}) + \Phi'_{21}(z_{21}) + \overline{\Phi'_{11}(z_{11})} + \overline{\Phi'_{21}(z_{21})} & z_{ij} \in S_1; (i, j = 1, 2) \\ \sigma_{yy}^{(2)} = \Phi'_{12}(z_{12}) + \Phi'_{22}(z_{22}) + \overline{\Phi'_{12}(z_{12})} + \overline{\Phi'_{22}(z_{22})} & z_{ij} \in S_1; (i, j = 1, 2) \end{cases} \quad (26)$$



Bu ifadələrə daxil olan  $z_{ij}$  dəyişənləri aşağıdakı kimi təyin olunur:  $z_{ij} = x + \mu_{ij}y$  ( $i, j = 1, 2$ ). Burada  $\mu_{ij} = i\gamma_{ij}$  sırf xəyalı ədəddir. Ancaq  $y$  oxu boyu gərginliklər təyin olunduğu halda  $x = 0$  olar. Onda  $z_{ij} = \mu_{ij}y$  ( $i, j = 1, 2$ ),  $z_{ij} = i\gamma_{ij}y$  ( $i, j = 1, 2$ ) olar.  $\Phi'_{ij}(z_{ij})$  kompleks dəyişənli funksiyaların ifadələrini (26) düsturunda yazsaq,  $z_{ij}$  dəyişəninin sonuncu ifadəsini nəzərə alsaq zolaqdakı  $\sigma_{yy}^{(1)}$  və yarımüstəvidəki  $\sigma_{yy}^{(2)}$  gərginlikləri  $i$  üçün ümümləşmiş ifadələr alarıq. Göstərilən əməliyyatları yerinə yetirsək:

$$\begin{aligned} \sigma_{yy}^{(1)} &= \frac{4}{p_{11}} \sum_{k=1}^{\infty} kx_{2k} \left[ \frac{[\gamma_{11}(2h-y)-1]^{k-1}}{[\gamma_{11}(2h-y)+1]^{k+1}} - \frac{(\gamma_{11}y-1)^{k-1}}{(\gamma_{11}y+1)^{k+1}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{2\gamma_{11}}{(\gamma_{21}-\gamma_{11})} \frac{[\gamma_{21}y-(\gamma_{11}+\gamma_{21})h+1]^{k-1}}{[\gamma_{21}y-(\gamma_{11}+\gamma_{21})h-1]^{k+1}} \right] + \frac{4}{q_{21}} \sum_{k=1}^{\infty} kx_{3k} \left[ \frac{(\gamma_{21}y-1)^{k-1}}{(\gamma_{21}y+1)^{k+1}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{2\gamma_{21}}{(\gamma_{11}-\gamma_{21})} \frac{[\gamma_{11}y-(\gamma_{11}+\gamma_{21})h+1]^{k-1}}{[\gamma_{11}y-(\gamma_{11}+\gamma_{21})h-1]^{k+1}} \right] + \frac{\gamma_{21}+\gamma_{11}}{\gamma_{21}-\gamma_{11}} \frac{[\gamma_{21}(y-2h)+1]^{k-1}}{[\gamma_{11}(y-2h)-1]^{k+1}} \quad (27) \\ \sigma_{yy}^{(2)} &= \frac{4}{q_{22}} \sum_{k=1}^{\infty} kx_{-2k} \left[ \frac{(\gamma_{22}y+1)^{k-1}}{(\gamma_{22}y-1)^{k+1}} - 4 \sum_{k=1}^{\infty} kx_{6k} \left[ \frac{1}{p_{12}} \frac{(\gamma_{12}y+1)^{k-1}}{(\gamma_{12}y-1)^{k+1}} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{2\gamma_{11}q_{11}}{p_{11}q_{22}(\gamma_{21}-\gamma_{11})} \frac{[\gamma_{22}y-(\gamma_{12}+\gamma_{22})h-1]^{k-1}}{[\gamma_{22}y+(\gamma_{12}-\gamma_{22})h+1]^{k+1}} \right] \right] \end{aligned}$$

Beləliklə,  $\sigma_{yy}^{(i)}$  ( $i = 1, 2$ ) gərginlikləri  $y$  dəyişənindən asılı funksiyalardır:  $\sigma_{yy}^{(i)} = \sigma_{yy}^{(i)}(y)$  ( $i = 1, 2$ ). (27) düsturları  $y$  –in hər qiymətinə uyğun gərginlikləri təyin etməyə imkan verir və gərginliklərin epürasını qurmaq mümkün olur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Амензаде Ю.А. Плоская задача теории упругости. 1974,109с.
2. Джафавова И.М. Задача о свободных осесимметричных колебаниях нагруженной осевыми сжимающими силами ребристых цилиндрической оболочки, заполненной средой и с учетом трения. Бақы Дювлят Университетинин Хябярляри. Физика-Рийазийят елмляри сериясы, №, 2011, сящ.86 – 93.
3. Искендеров Р.А. Устойчивость подкрепленных кольцевыми ребрами цилиндрических оболочек с наполнителем при статическом нагружении. //«Проблеми обчислювальної механіки і міуності контрукуй» збірник наукових праць Дніпропетровський національний Университет імені Олеса Гончара, Випуск 17, 2011, с. 159-165.
4. Jafarova I. M. Free vibrations of laterally stiffened medium-filled cylindrical shells under axial compression and with regard to friction. Proceedings of Institute of Mathematics and Mechanics, B-2009, pp. 195-200.
5. Михлин С.Г. Интегральные уравнения и их приложения. Гостехиздат, 1949.
6. Микаилов С.Б. Колебания подкрепленных ортотропных цилиндрических оболочек, с протекающей жидкостью в среде.// Теоретическая и прикладная механика, Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет, Баку, 2013, №1, стр. 135-141.

## РЕШЕНИЕ ПЕРВОЙ ГЛАВНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЖЕСТКОЙ АНИЗОТРОПНОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ

<sup>1</sup>Исмаил Садыгов, <sup>2</sup>Газала Хейрабади

<sup>1,2</sup>Ассистент кафедры механики Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджан. Электронная почта: qezale@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

В данной работе рассматривается решение первой основной краевой задачи для упругой полуплоскости с круговой полостью. В статье определение неизвестной функции, заданной во внутреннем контуре, связано не с отклонениями из-за контурной переменной граничного условия, а с системой бесконечных линейных алгебраических уравнений, полученной в процессе ортогонализации этого граничного условия. Коэффициенты системы алгебраических уравнений выражаются интегралами по круговому контуру. Задано полное замкнутой алгоритм и в задаче полученные напряжения совпадает с поставленными линиями.

**Ключевые слова:** Система алгебраических уравнений, алгоритм, анизотропная среда, интеграл, функция.

## SOLUTION OF THE FIRST PRINCIPAL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A RIGID ANISOTROPIC HALF-PLANE

<sup>1</sup>Ismet Agalarova <sup>2</sup>Ghazala Kheyrajadi

<sup>1,2</sup>Assistant, Department of Mechanics, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail: qezale@mail.ru

### ABSTRACT

In this paper, we consider the solution of the first basic boundary value problem for an elastic half-plane with a circular cavity. In the article, the definition of an unknown function given in the inner contour is not associated with deviations due to the contour variable of the boundary condition, but with a system of infinite linear algebraic equations obtained in the process of orthogonalization of this boundary condition. The coefficients of the system of algebraic equations are expressed by integrals over a circular contour.

**Keywords:** System of algebraic equations, algorithm, anisotropic medium, integral, function.



## BAĞLAYICI QURULUŞLARADA SÜRTÜNMƏNİN TƏDQIQI

**Camaləddin Aslanov**

Kafedrasının müdiri, "Sənaye maşınları" kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Unversiteti, Azərbaycan.  
E-mail: camaladdin.aslanov@asoiu.edu.az. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9401-5937>

### XÜLASƏ

Məqalədə bağlayıcı quruluşlar sinifinə daxil olan siyirtmə və kranların kipləndirici düyünündə sürtünmədən yaranan yeyilmə miqdarının təyin edilməsinə baxılmışdır. Bağlayıcı quruluşların növü olan siyirtmə və kranların kipləndirici düyünündə yaranan yeyilmə miqdarının sürtünmədən asılı qanunauyğunluğunu ifadə edən analitik ifadələr alınmışdır. Bu ifadələr yeyilmə miqdarının sürtünmə qüvvəsindən asılı olaraq dəyişməsinə təyin etmiş olacaqdır.

**Açar sözlər:** bağlayıcı quruluş, yeyilmə, sürtünmə, sürtünmə bucağı, əyinti.

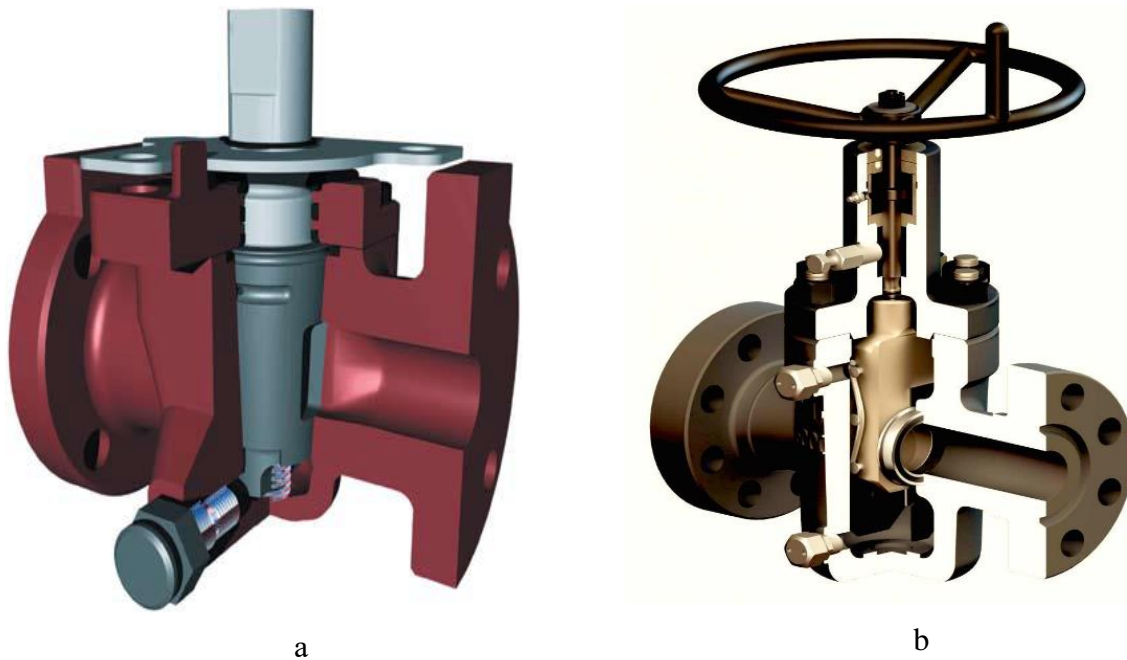
Yüksək təzyiqli siyirtmə və kranların işqabiliyyəti əsasən onun bağlayıcı düyünün kipliyi necə təmin etməsindən asılıdır (şəkil 1). İstismar zamanı işçi mayenin yaratdığı təzyiqdən bağlayıcı düyünün hissələrinin təmas səthi və qovuşan yuvaları işçi təzyiqə təzyiqə məruz qalır. Görüşən səthlər arasında nisbi təzyiq yaranmış olur. Bununla yanaşı mayenin daxilində maye ilə birgə hərəkət edən bərk hissəciklər (qum dənəcikləri, kükürlü birləşmələr) kipləndirici təmas səthlərini yeyərək eroziyaya uğradır. Maye ilə bərabər hərəkət edən abraziv hissəciklər işçi səthlər arasında daxil olaraq kipləndirmə səthini deformasiya etməklə yanaşı onun açılıb -bağlanması çətinləşdirir.

Nəticədə işarəcə dəyişən və uzunmüddətli gərginliklərin təsirindən material yorulur, işçi səthlərin təmas sahəsində və daxilində mikroçatlar, cızıqlar əmələ gəlir və nəticədə kipləndirici düyün tədricən dağılır [1-4].

Aparığımız elmi araşdırmalar əsasında tıxac düyünün tədricən sıradan çıxmasına səbəb olan amillər aşağıdakı kimidir.

1. Tıxacın açılıb bağlanmasını təmin edən qüvvə hesabına işçi səthlərdə əmələ gələn sürtünmə qüvvəsi;
2. Təmas səthlərində nisbi təzyiq hesabına meydana gələn deformasiyalar;
2. İşçi detalların daxilində yaranan uzunmüddətli işarəcə dəyişən gərginliklər;
3. Abraziv hissəciklərin və məhsulun dəyişən işçi təzyiqinin hesabına yaranan hidroabraziv yeyilmələr;
3. İşçi səthlərdə sürtünmədən yaranan mexaniki yeyilmələr və rezin elementlərin yorulması nəticəsində kipləndirici düyünün kipliyinin pozulması.

Qeyd olunan problemlər kipləndirici düyünün kipliyinin pozulmasına müxtəlif dərəcələrdə səbəb olaraq bağlayıcı quruluşun etibarlılıq göstəricilərini aşağı salmış olur. Yüksək təzyiqlərdə siyirtmələrdə sürtünmədən yaranan yeyilmələrdən, tıxac kranlarında isə sürtünmədən tıxacın gövdəyə pərçimlənməsindən işqabiliyyətlərini itirmiş olurlar [5-8].



**Şəkil 1.** Tıxaclı kran (a) və siyirtmənin ümumi görünüşü.

Tıxaclı kranlarda sürtünmədən yaranan pəçimləmə qüvvəsi aşağıdakı düsturla hesablanacaqdır.

$$F_{sük} = \pi D_k^2 \cos \alpha p \mu_1 \quad (1)$$

Burada  $D_k$ -tıxaclı kranın şərti keçid diametri,  $P$ - işçi təzyiqtıxacın yan səth bucağı,  $\mu_1$  – sükunət sürtünmə əmsalidir.

Düzaxınlı siyirtmələrdə yaranan sipərin əyintisini nəzərə almaqla yaranan sürümə sürtünmə qüvvəsi

$$F_{sür} = \frac{y}{x} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} P_i \cdot \mu \quad (2)$$

burada  $d$ –yəhərin keçid xarici və daxili diametrləri fərqi diametrləri fərqi ;  $P_i$  -işçi təzyiqdır. Sipərin əyimə bucağını (2) düsturunda nəzərə alsaq

$$F_{sür} = \frac{L \cos \alpha}{2x} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} P_i \cdot \mu \quad (3)$$

düsturu almış oluruq.

(1) və (3)–ifadələrinin təhlilindən müəyyən olur ki, hər iki halda yan səth bucağının dəyişməsi kranlarda tıxacın gövdə ilə, siyirtmələrdə sipərin yəhər ilə təmas səthlərində meydana gələn sürtünmə qüvvəsinin dəyişməsinə səbəb olacaqdır. Yan səth bucağın artması sürtünmə qüvvəsinin artmasına səbəb olduğundan mexaniki yeyilmənin miqdarını da artırmış olur. Təmas yan səth bucağının optimal seçilməsi sürtünmədə təmas sahəsində baş verən yeyilmənin minimum səviyyəyə enməsinə təmin etəcəkdir.



Baxılan halda bağlayıcı kranın açılıb bağlanması prosesi tıxacın fırlanması ilə həyata keçirildiyindən onun gövdədə oturma konfigurasiyasına dəyişən toxunma şərtləri olan qovşaqlar kimi baxmaq olar.

Bu zaman tıxacın sürüşmə sürəti aşağıdakı düsturla hesablanacaqdır [1].

$$V_t = \frac{\omega R_t}{\cos \alpha} . \quad (3)$$

Burada  $V_t$ -tıxacın sürüşmə sürəti,  $R_t$ -tıxacın radiusu və  $\alpha$ - tıxacın yan səth bucağındakı bu halda təyiq bucağı rolunu oynayır.

Yeyilmənin qanunauyğunluğunu müəyyən etməkdə  $V_t$ -başlıca rol oynayaraq yeyilmə qanunun dəyişməsinə təmin edir və yeyilmə qanunu sürtünmə yolunun funksiyasını ifadə edir. Beləliklə yeyilmənin sürtünmədə dəyişmə qanunauyğunluğu aşağıdakı düsturla ifadə etmək olar.

$$Y = k\sigma_k^m V_t . \quad (4)$$

(3.) –ifadəsini (4) –də nəzərə alsaq

$$Y = k\sigma_k^m \frac{\omega R_t}{\cos \alpha} . \quad (5)$$

ifadəsini almış oluruq.

(6) –ifadəsindən təzyiq bucağının qiymətini təyin etsək və

$$\cos \alpha = \frac{F_{sük}}{\pi d^2 p \mu_1} \quad (7)$$

(7) –ifadəsini (6) –nəzərə alsaq

$$Y = \pi k \mu_1 P d^2 \sigma_k^m \frac{\omega R_t}{F_{sük}} . \quad (8)$$

Bağlayıcı kranın tıxac düyünündə yeyilmə sürətini ifadə edən düstur almış oluruq.

Yeyilmə miqdarının dəyişmə qanunauyğunluğunu müəyyənləşdirmək üçün Y-nin qiymətini (8) –ifadəsində yerinə qoyaraq yeyilmə miqdarının dəyişmə qanunauyğunluğunu müəyyənləşdirmiş olacağıq.

$$U = \pi k \mu t P D_k^2 \sigma_k^m \frac{\omega R_t}{F_{sük}} . \quad (9)$$

(9) ifadəsi bağlayıcı kranın tıxacında yaranan yeyilmə miqdarının sürtünmədən asılı qanunauyğunluğunu ifadə etmiş olacaqdır.

Düzaxınlı siyirtmələrdə isə təzyiq bucağının qiymətini təyin etsək

$$\cos \alpha = \frac{8x F_{sür}}{\pi l d^2 p \mu} \quad (10)$$

Sipər yəhər cütlüyü üçün yeyilmənin sürtünmədə dəyişmə qanunauyğunluğu aşağıdakı düsturla

$$Y = \pi l k \mu P d^2 \sigma_k^m \frac{\omega R_t}{8x F_{sür}} . \quad (11)$$

Y-nin qiyməyini (11) –ifadəsində yerinə qoyaraq yeyilmə miqdarının dəyişmə qanunauyğunluğunu müəyyənləşdirmiş olacaq.

$$U = \pi k \mu t P d^2 \sigma_k^m \frac{\omega R_t}{8 \alpha F_{sür}} \quad (12)$$

(12) –ifadəsi sipər yəhər cütlüyü arasında yaranan yeyilmə miqdarının dəyişmə qanunu ifadə etmiş olacaqdır.

### Nəticə

1. Bağlayıcı quruluşların növü olan siyirtmə və kranların kipləndirici düyünədə yaranan yeyilmə miqdarının sürtünmədən asılı qanunauyğunluğunu ifadə edən analitik ifadələr alınmışdır. Bu ifadələr yeyilmə miqdarının sürtünmə qüvvəsindən asılı olaraq dəyişməsinə təyin etmiş olacaqdır.

### ƏDƏBİYYAT

1. Aslanov, J.N., Mammadov, K.S. Design and performance analysis of improved valve construction being used in oil and gas industry. International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering, 2022, 14(2), cəp. 98–103
2. Aslanov, J.N., Mammadov, K.S., Zeynalov, N.A. Selection of structural materials for improved Liner motion gate valves based on friction correlation method. International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration this link is disabled, 2022, 9(87) cəp. 155–166
3. Aslanov, J.N., Sultanova, A.B., Huseynli, Z.S., Mustafayev, F.F., Determination of Radial Strains in Sealing Elements with Rubber Matrix Based on Fuzzy Sets Lecture Notes in Networks and Systems this link is disabled, 2022, 362 LNNS, cəp. 765–773
4. Jabbarov, T.G., Aslanov, J.N., Shahmarova, R.S. Saturation of glass particles with metal during sintering of a composite material of the iron-cast iron-glass system .EUREKA, Physics and Engineering this link is disabled, 2021, 2021(1), cəp. 106–112
5. Mamedov, V.T., Mamedov, G.A., Aslanov, J.N. Stress-Strain State of Sealing Rubber Membranes at Large Deformations. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics this link is disabled, 2020, 61(2), cəp. 286–291
6. Nuraddin, A.J., Malik, A.S., Seydi, H.Z. The management of characteristics of the new two-layer rubber matrix seals. EUREKA, Physics and Engineering this link is disabled, 2020, 2020(5), cəp. 60–68
7. Nuraddin, A.J., Baxman, S.A., Abulfas, H.I. Model design for predicting the efficiency of improved valve constructions during statistical data based exploitation. IFAC-PapersOnLine this link is disabled, 2019, 52(25), cəp. 547–550
8. Nuraddin, A.J., Baxman, S.A. Forecasting of Improved Straightforward Valves Technical Condition Using Fuzzy Inference Models. IFAC-PapersOnLine this link is disabled, 2018, 51(30), cəp. 12–14

*Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu tərəfindən maliyyə dəstəyi ilə həyata keçirilmişdir - Qrant № EIF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/04/1-M-04*



## VALVES FRICTION STUDY

**Jamaladdin Aslanov**

Head of Department “Industry Machines”, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail:camaladdin.aslanov@asoiu.edu.az ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9401-5937>

### ABSTRACT

In the article, the determination of the amount of wear caused by friction in the clamping node of valves included in the class of connecting structures was considered. Analytical expressions were obtained that express the friction-dependent regularity of the amount of wear that occurs in the valve joint. These expressions will determine the change of the amount of wear depending on the friction force.

**Keywords:** valve, wear, friction, friction angle, deflection.

## ИССЛЕДОВАНИИ ТРЕНИЯ В ЗАДВИЖКАХ

**Джамаледдин Асланов**

Доцент, заведующий кафедрой “Промышленные машины” Азербайджанского Государственного Университета нефти и промышленности, Азербайджан.

E-mail:camaladdin.aslanov@asoiu.edu.az ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9401-5937>

### РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрено определение величины износа, вызванного трением в задвижках. Были получены аналитические выражения для оценки трения от величины износа, возникающего в соединениях задвижки.

**Ключевые слова:** узел затвора, износ, трение, угол трения, прогиб.



## SİLİNDİR RƏQSLƏRİNİN RƏQS MƏSƏLƏLƏRİ

<sup>1</sup>İsmayıl Sadıqov, <sup>2</sup>Qəzalə Xeyrəbadi

<sup>1</sup>Professor, Mexanika kafedrası, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, t.e.d, Azərbaycan.

<sup>2</sup>Assistant, Mexanika kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: qezale@mail.ru

### XÜLASƏ

Baxılan məqalədə dinamik hal üçün nazik elastik qabıqlar nəzəriyyəsinin ümumi, habelə momentsiz nəzəriyyəsinin tənlikləri alınmışdır. Eyni ilə rəqsləri əsasən əyilmə xarakteri daşıyan, yatıq qabıqlar nəzəriyyəsi tənlikləri tərtib olunmuşdur.

Dairəvi silindirik qabıqların sərbəst rəqslərinin differensial tənliklərinin yerdəyişmələrdə ifadəsi, həmçinin qabıqlar nəzəriyyəsinin sadələşdirilmiş formada, tətbiqini qəbul etmişlər. Bu qabıqların sərhəd şərtlərinin məxsusi rəqslərinin, habelə tagensial ətalət qüvvələrinin və orta səthin başlanğıc qüvvələrinin tezliyinə və formasına təsirləri öyrənilmişdir.

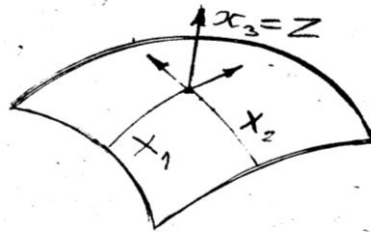
**Açar sözlər:** Qabıqların rəqsləri, sərbəst və məcburi rəqslər, ortoqonal koordinat sistemi, momentsiz nəzəriyyəsinin tənlikləri, Lamé parametrləri, tagensial ətalət qüvvələri, Kirxhof-Lyav fərziyyələri, qeyri-xətti rəqsləri, radial rəqslər.

### 1. Nazik divarlı elastik qabıqların rəqslərinin differensial tənlikləri

Fərz edək ki, qabıq Lyame əmsalları  $H_1, H_2, H_3 = 1$  olan ortoqonal  $x_1, x_2, x_3$  koordinatlar sistemində alınmışdır (şəkil 1). Orta səthində ( $x_1$  və  $x_2$ ) koordinat xəttləri ayrı-ayrılıq radiusları  $R_1$  və  $R_2$  baş ayrı-ayrılıq xəttləri ilə üst-üstə düşürlər. Onda Kirxhof-Lyav fərziyyələri çərçivələrində qabığın rəqslərinin differensial tənlikləri aşağıdakı şəkildə olacaqlar:

$$\left. \begin{aligned}
 & \frac{1}{H_1 H_2} \left[ \frac{\partial(N_{11} H_2)}{\partial x_1} + \frac{\partial(N_{21} H_1)}{\partial x_2} + N_{12} \frac{\partial H_1}{\partial x_2} - N_{22} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \right] - \frac{Q_1}{R_1} + q_1 = \rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}; \\
 & \frac{1}{H_1 H_2} \left[ \frac{\partial(N_{12} H_2)}{\partial x_1} + \frac{\partial(N_{22} H_1)}{\partial x_2} - N_{11} \frac{\partial H_1}{\partial x_2} - N_{21} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \right] - \frac{Q_2}{R_2} + q_2 = \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}; \\
 & \frac{1}{H_1 H_2} \left[ \frac{\partial(Q_1 H_2)}{\partial x_1} + \frac{\partial(Q_2 H_1)}{\partial x_2} \right] + \frac{N_{11}}{R_1} + \frac{N_{22}}{R_2} - q_3 = \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}; \\
 & \frac{1}{H_1 H_2} \left[ \frac{\partial(M_{11} H_2)}{\partial x_1} + \frac{\partial(M_{21} H_1)}{\partial x_2} + M_{12} \frac{\partial H_1}{\partial x_2} - M_{22} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \right] - Q_1 = 0; \\
 & \frac{1}{H_1 H_2} \left[ \frac{\partial(M_{12} H_2)}{\partial x_1} + \frac{\partial(M_{22} H_1)}{\partial x_2} - M_{11} \frac{\partial H_1}{\partial x_2} + M_{21} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \right] - Q_2 = 0; \\
 & N_{12} - N_{21} - \frac{M_{12}}{R_1} + \frac{M_{21}}{R_2} = 0,
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Burada  $H_1$  və  $H_2$  – Lyame parametrləridir.



Şəkil 1.

$N_{11}, N_{22}, N_{12}, N_{21}$  orta səthdəki qüvvələr və  $M_{11}, M_{12}, M_{12} = M_{21}$  momentlərin orta səthin deformasiyaları  $\varepsilon_{11}, \varepsilon_{12} = \varepsilon_{21}$  və əyriliklərin  $\chi_{11}, \chi_{22}, \chi_{12} = \chi_{21}$  dəyişmələri izotrop qabıq halında aşağıdakı düsturla təyin olunurlar:

$$\left. \begin{aligned} N_{11} &= \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{11} + \nu\varepsilon_{22}); N_{22} = \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{22} + \nu\varepsilon_{11}); \\ N_{12} &= \frac{Eh}{1+\nu} \left( \varepsilon_{12} - \frac{h^2}{12} \frac{\chi_{12}}{R_2} \right); \\ N_{21} &= \frac{Eh}{1+\nu} \left( \varepsilon_{12} - \frac{h^2}{12} \frac{\chi_{12}}{R_1} \right); \\ M_{11} &= D(\chi_{11} + \nu\chi_{22}); M_{22} = D(\chi_{22} + \nu\chi_{11}); M_{12} = D(1-\nu)\chi_{22} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Orta səthin deformasiyalar komponentləri və əyriliklərinin dəyişiklikləri  $u_1, u_2, u_3 = w$  yerdəyişmələri ilə ifadəsi aşağıda göstərilmişdir:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{1}{H_1 H_2} \cdot \frac{\partial H_1}{\partial x_2} u_2 + \frac{w}{R_1}; \\ \varepsilon_{22} &= \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{1}{H_1 H_2} \cdot \frac{\partial H_2}{\partial x_1} u_1 + \frac{w}{R_2} \\ \varepsilon_{12} &= \left[ \frac{H_1}{H_2} \cdot \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{u_1}{H_1} \right) + \frac{H_2}{H_1} \cdot \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \frac{u_2}{H_2} \right) \right]; \\ \chi_{11} &= \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_1} - \frac{u}{R_1} \right) + \frac{1}{H_1 H_2} \cdot \frac{\partial H_1}{\partial x_2} \left( \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_2} - \frac{u_2}{R_2} \right); \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\chi_{22} = \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_2} - \frac{u_2}{R_2} \right) + \frac{1}{H_1 H_2} \cdot \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \left( \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_1} - \frac{u_1}{R_1} \right); \quad (4)$$

$$\chi_{12} = \frac{1}{H_1 H_2} \cdot \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} - \frac{\partial H_1}{\partial x_2} \left( \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_1} - \frac{u_1}{R_1} \right) - \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \left( \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_2} - \frac{u_2}{R_2} \right) - \frac{H_1}{R_1} \frac{\partial u_1}{\partial x_2} - \frac{H_2}{R_2} \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right]$$

Dönmə bucaqları aşağıdakı düsturlarla alınır:

$$\theta_1 = \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_1} - \frac{u_1}{R_1}; \theta_2 = \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_2} - \frac{u_2}{R_2}. \quad (5)$$

Qabığın deformasiyasının potensial enerjisi

$$U = \frac{1}{2} \iint \left\{ \frac{Eh}{1-\nu^2} [(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22})^2 - 2(1-\nu)(\varepsilon_{11}\varepsilon_{22} - \varepsilon_{12}^2)] + D[(\chi_{11} + \chi_{22})^2 - 2(1-\nu)(\chi_{11}\chi_{22} - \chi_{12}^2)] \right\} H_1 H_2 dx_2 \quad (6)$$

Kinetik enerji :

$$T = \frac{1}{2} \iint \rho h \left[ \left( \frac{\partial u_1}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial u_2}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right] H_1 H_2 dx_2 \quad (7)$$

Dinamik hal üçün momentsiz nəzəriyyəsinin tənliklərini (1) tənliklərindən əyici moment  $M_{\alpha\beta}$  və kəsici qüvvələri  $Q_\alpha$  nəzərdən atmaqla alırıq :

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{H_1 H_2} \left[ \frac{\partial(N_{11}H_2)}{\partial x_1} + \frac{\partial(N_{21}H_1)}{\partial x_2} + N_{12} \frac{\partial H_1}{\partial x_2} - N_{22} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \right] + q_1 &= \rho h \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}; \\ \frac{1}{H_1 H_2} \left[ \frac{\partial(N_{12}H_2)}{\partial x_1} + \frac{\partial(N_{22}H_1)}{\partial x_2} - N_{11} \frac{\partial H_1}{\partial x_2} - N_{11} \frac{\partial H_1}{\partial x_2} + N_{21} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \right] + q_2 &= \\ &= \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}; \\ \frac{N_{11}}{R_1} + \frac{N_{22}}{R_2} - q_3 &= -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

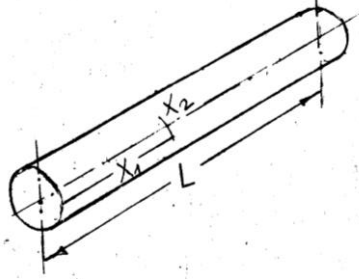
Dinamik hal üçün nəzəri yatıq qabıqlarının tənliklərini almaq üçün (4) ifadələrindən yerdəyişmə vektorunun tangensial komponentlərini nəzərdən atırıq:

$$\left. \begin{aligned} \chi_{11} &= \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_1} \right) + \frac{1}{H_1 H_2^2} \cdot \frac{\partial H_1}{\partial x_2} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_2}; \\ \chi_{22} &= \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_2} \right) + \frac{1}{H_1 H_2^2} \cdot \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_1}; \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\chi_{12} = \frac{1}{H_1 H_2} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} - \frac{1}{H_1} \cdot \frac{\partial H_1}{\partial x_2} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_1} - \frac{1}{H_2} \cdot \frac{\partial H_2}{\partial x_1} \cdot \frac{\partial w}{\partial x_2} \right)$$

## 2. Dairəvi silindirik qabıqların sərbəst rəqsləri

Dairəvi silindirik qabığın rəqslərinin yerdəyişmələrdə tənlikləri aşağıdakı şəkildədir:



Şəkil 2.

$$\begin{aligned} \frac{Eh}{1-\nu^2} \left( \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \frac{1-\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_1}{\partial s^2} + \frac{1+\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_2}{\partial x \partial s} + \frac{\nu}{R} \cdot \frac{\partial w}{\partial x} \right) &= \rho h \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}; \\ \frac{Eh}{1-\nu^2} \left( \frac{\partial^2 u_2}{\partial s^2} + \frac{1-\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + \frac{1+\mu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_1}{\partial x \partial s} + \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial w}{\partial s} \right) &+ \\ + \frac{D}{R^2} \left[ 2(1-\nu) \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_2}{\partial s^2} - (2-\nu)R \cdot \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial s} - R \frac{\partial^3 w}{\partial s^3} \right] &= \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}; \quad (10) \\ \frac{1}{R} \frac{Eh}{1-\nu^2} \left( \nu \frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial u_2}{\partial s} + \frac{w}{R} \right) + D \left\{ \Delta \Delta w - \frac{1}{R} \left[ (2-\nu) \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2 \partial s} + \frac{\partial^3 u_2}{\partial s^3} \right] \right\} &= -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned}$$

(10) tənliklərdə vurğu  $D$  olan bütün həddləri atdıqda qabıqlar nəzəriyyəsinin momentsiz tənlikləri alınır. Kvadrat mötərizədəki həddləri atdıqda isə yatıq qabığın tənlikləri alınır. Əgər qabıq  $(x_1 \leq x \leq x_2, s_1 \leq s \leq s_2)$  bu düzbucaqlı sahəni tutursa, və sərhəd şərtləri Havye şərtlədirsə, silindirik qabığın məxsusi tezliklərin və rəqslərinin forması məsələsinin təyini əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirilir. Qapalı silindirik qabıq uzunluğu  $l(0 \leq x \leq l)$ , Havye şərtlərini aşağıdakı yerdəyişmə düsturları ödəyir:

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= u_{10} \cos \frac{\pi m_1 x}{l} \sin \frac{m_2 s}{R} e^{i\omega t}; \\ u_2 &= u_{20} \sin \frac{\pi m_1 x}{l} \cos \frac{m_2 s}{R} e^{i\omega t}; \\ w &= w_0 \sin \frac{\pi m_1 x}{l} \sin \frac{m_2 s}{R} e^{i\omega t}; \\ &(m_1, m_2 = 1, 2, 3 \dots) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

(11) ifadələrini (10) rəqslər tənliklərində yerinə yazıb və  $u_{10}$ ,  $u_{20}$ ,  $w$  sabitlərinin eyni vaxtda sıfıra bərabər olmaması tələb etmədikdə, sıxlıq tənliyini tapmaq mümkündür:

$$\omega_*^6 - k_2 \omega_*^4 + k_1 \omega_*^2 - k_0 = 0, \quad (12)$$

burada

$$k_0 = \frac{1}{2}(1-\nu)^2(1+\nu) \cdot \lambda^4 + \frac{1}{2}(1-\nu)\delta^2[(\lambda^2 + m_2^2)^4 - 2(4-\nu^2)\lambda^4 m_2^2 - 8\lambda^2 m_2^4 - 2m_2^6 + 4(1-\lambda^2)\lambda^4 + 4\lambda^2 m_2^2 + m_2^4];$$

$$k_1 = \frac{1}{2}(1-\nu)(\lambda^2 + m_2^2)^2 + \frac{1}{2}(3-\nu-2\nu^2)\lambda^2 + \frac{1}{2}(1-\nu)m_2^2 + \delta^2 \left[ \frac{1}{2}(3-\nu)(\lambda^2 + m_2^2)^3 + 2(1-\nu)\lambda^4 - (2-\nu^2)\lambda^2 m_2^2 - \frac{1}{2}(3+\nu)m_2^4 + 2(1-\nu)\lambda^2 + m_2^2 \right];$$

$$k_2 = 1 + \frac{1}{2}(3-\nu)(\lambda^2 + m_2^2) + \delta^2[(\lambda^2 + m_2^2) + 2(1-\nu)\lambda^2 + m_2^2];$$

$$\lambda = \frac{\pi m_1 R}{l}; \quad \delta^2 = \frac{h^2}{12R^2}; \quad \omega_* = R\omega \left[ \frac{\rho(1-\nu^2)}{E} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

### Orta səthdə başlanğıc gücün təsiri

Silindirik qabığın məxsusi rəqslərinin diferensial tənlikləri yerdəyişmələrdə sadələşdirilmiş formada və parametrik həddlər nəzərə almaqla aşağıdakı şəkildədir ( $N_{12}=0$ ):

$$\frac{Eh}{1-\nu^2} \left[ \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1-\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial s^2} \right) u_1 + \frac{1+\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_2}{\partial x \partial s} + \frac{\nu}{R} \cdot \frac{\partial w}{\partial x} \right] = \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial x \partial s}; \quad (13)$$

$$\frac{Eh}{1-\nu^2} \left[ \frac{1+\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_1}{\partial x \partial s} + \left( \frac{1-\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial s^2} \right) u_2 + \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial w}{\partial s} \right] = \rho h \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2};$$

$$\frac{Eh}{1-\nu^2} \left( \frac{\nu}{R} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{1}{R} \frac{\partial u_2}{\partial s} + \frac{w}{R^2} + \delta^2 R^2 \Delta \Delta w \right) - N_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - N_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial s^2} = \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

Kənarların sərbəst oturma halında həlli aşağıdakı şəkildə axtarmaq olar :

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= A_1 \cos \frac{\pi m x}{l} \cdot \cos \frac{\pi n s}{R}; \\ u_2 &= A_2 \sin \frac{\pi m x}{l} \cdot \sin \frac{\pi n s}{R}; \\ w &= A_3 \sin \frac{\pi m x}{l} \cdot \cos \frac{\pi n s}{R}. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Nəticələr



Təqdim edilən məqalədə nazik divarlı elastik qabıqların dinamik hal üçün ümumi, həmçinin momentsiz nəzəriyyəsinin (sadələşdirilmiş) ümumi tənlikləri əldə edilmişdir. Eləcə də yatıq qabıqların yalnız əyilmə yaradan rəqsləri üçün (xəttiləşdirilmiş) tənliklər alınmış, mühəndis məsələlərinin həlli üçün daha sadə formada təklif edilmişdir. (1) differensial tənliklərinə daxil olan hədlərin hesablanması üçün (2) – (9) kimi sadə ifadələr təklif olunmuşdur.

Analoji qaydada qapalı silindirik qabıqların sərbəst rəqslərinin differensial tənliklərinin yerdəyişmələrdə ifadəsi verilmiş, qabığın orta səthində (Bernulli prinsipi) təsir edən başlanğıc qüvvələrin (həm xarici, həm də ətalət qüvvələrinin) rəqs tezliyinə təsiri öyrənilmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Болотин В.В. О влиянии безмоментного напряжённого состояния на спектры собственных колебаний тонких упругих облочек. «Изв. АН СССР, Механика и машиностроение», 1962, №4
2. Гричолук Э.И. Э.И. Нелинейные колебания и устойчивость пологих облочек и стержней. «Изв. АН СССР, ОТН», 1956, №6
3. Москаленко В.Н. О колебаниях конических облочек. Сб. «Доклады научно-технической конференции МЭИ, секции энергомашиностроения, подсекция динамика и прочность машин» М., Изд. МЭИ 1967
4. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластинок и облочек. Киев, «Наукова Думка». 1964.
5. Агеносов Л.Г. Устойчивость и колебания защемлённой конической оболочки. Сб. «Итоговая научная конференция Казанского университета за 1963., секции: математика, кибернетика и теория вероятности, механика». Казань, 1964.
6. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней пластин и оболочек. Издательство «Наука» Главная редакция физико-математической литературы. Москва 1971. 807 стр.

## КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

<sup>1</sup>Исмаил Садыгов, <sup>2</sup>Газала Хейрабади

<sup>1</sup>Профессор кафедры механики Азербайджанского Университета Архитектуры и Строительства, кандидат технических наук, Азербайджан.

<sup>2</sup>Ассистент кафедры механики Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджан. Электронная почта: qezale@mail.ru

## РЕЗЮМЕ

Сферические оболочки используются во многих областях промышленности. Сферические оболочки широко применяются при строительстве различных объектов (цехов, испытательных лабораторий, резервуаров и т.д.). Они также используются в самолетах строения, в корабельных конструкциях и т.д. Также результаты исследований сферических оболочек могут быть использованы в уравнении колебаний,

в том числе радиальных колебаний, во вкладышах сферических подшипников. А также в исследованиях конических оболочек включая свободные колебания в определениях действия касательных сил инерции, применение метода Ритца.

**Ключевые слова:** Колебания оболочек, свободные и вынужденные колебания, ортогональная система координат, уравнения безмоментной теории, параметры Ламе, касательные силы инерции, предположения Кирхгофа-Лява, нелинейные колебания, радиальные колебания.

## INVESTIGATION OF OSCILLATORY MOTION OF SPHERICAL SHELLS

<sup>1</sup>Ismail Sadigov, <sup>2</sup>Ghazala Kheyraadi

<sup>1</sup>Professor, Department of Mechanics, Azerbaijan University of Architecture and Construction, Ph.D., Azerbaijan.

<sup>2</sup>Assistant, Department of Mechanics, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail: qezale@mail.ru

### ABSTRACT

Spherical shells are used in many areas of industry. Spherical shells are widely used in the construction of various facilities (workshops, testing laboratories, tanks, etc.). They are also used in aircraft construction, ship structures, etc. Also, the results of studies of spherical shells can be used in the equation of vibrations, including radial vibrations, in the liners of spherical bearings. And also in the study of conical shells including free vibrations in the definitions of the action of tangential inertial forces, the use of the Ritz method.

**Keywords:** shell vibrations, free and forced vibrations, orthogonal coordinate system, equations of momentless theory, Lamé parameters, tangential inertial forces, Kirchhoff-Love assumptions, nonlinear vibrations, radial vibrations.



## INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN OIL RECOVERY OIL RECOVERY FROM BITUMINOUS SANDS

**Tarana Sadigova**

Assistant of the Department of Industrial Machinery, dissertation, Azerbaijan.

E-mail: tarana.sadiqova@asoiu.edu.az

### ABSTRACT

Bituminous sands are one of the main sources of alternative energy. However, the limited application of this method is associated with environmental and technical problems arising from the extraction of oil from bituminous deposits. In this paper, the authors propose a new environmentally friendly technology based on the application of nanoreagents for oil extraction from bituminous oil.

**Keywords:** The bituminous rock, environmental problems of oil production, extraction method, a reagent, the reservoir water, the washing liquid.

Currently, about six hundred bituminous sand deposits have now been discovered around the world and only three of them (Canada, Kazakhstan and Russia) hold about 10% of the world's oil reserves [1]. Despite the fact that 40% of all oil produced in Canada comes from bituminous sands deposits in other countries this volume is much less. The main reasons for this limited use are the environmental and technical problems encountered when extracting oil from a bituminous deposit. Therefore, the development of a new environmentally friendly technology for producing oil from bituminous oil is urgent.

Experimental studies carried out in laboratory conditions have established the possibility of extraction of heavy components of hydrocarbons (oil) from bituminous rocks by extraction using reagent containing nano-particles (nano-iron) on the basis of alkaline formation water [2]. According to the experimental results obtained, the following factors, such as temperature  $t^{\circ}C, (x_1)$ , the ratio of the amount of the cleaned rock to the washing liquid  $\kappa = Q_r / Q_l (x_3)$ , the duration of mixing (contact) of the rocks with the liquid,  $\tau_{mix} (x_3)$  and settling time,  $\tau_{set} (x_4)$  have a significant influence on the efficiency of oil extraction from rocks.

Extraction was carried out in a special laboratory unit (Fig. 1). Extraction of oil from rock on the given unit was carried out as follows: rock and washing agent through the tank (1) in the ratio 1:1 are fed to the screw mixer (2), which is driven by an electric motor (3) and reducer (4). The rock, passing through the screw mixer, is first fed into the extractor (5). In the extractor the rock is mixed with the liquid for about 20-40 minutes at a temperature  $t = 40 - 60^{\circ}C$ . At the end of the extraction process, warm liquid is continuously added to the bottom of the extractor, while the process of stirring the rock in the liquid medium continues. In the tank (6) the temperature of the resulting liquid mixture is raised by the thermostat and continuously fed by the pump (7) to the lower part of the extractor. The feeding of the reagent continues until a jet of reagent contained in the rock flows out of the upper part of the extractor with the oil.



The physical essence of this method is that the warm washing fluid, entering the extractor as a result of intensive stirring of the suspension, creates a vortex motion, under the influence of which, displacing residual hydrocarbons, fills the pores of the sands. The liquid, together with the extracted oil, enters the centrifugal separator (8) and the tank (9) to separate the oil from the liquid. The purified rock can be used for construction and other needs.

A nano-compound based on alkaline formation water was used as a washing agent [2], and the experimental rock was taken from various depths in the Kirmaku field (Azerbaijan). From each 20 cm depth the initial oil saturation was determined and the average value was about 10%.

Five series of experiments were carried out and the results are shown in Table 1. Table 1 shows that the degree of washing varies between 92-96 %, which confirms the practical importance of this reagent.

In order to study influence of above mentioned factors on efficiency of oil washing from bituminous rocks, method of mathematical planning of experiment was used. Table 1 shows the results of experiments on washing bituminous rocks with our proposed nano reagent.

**Table 1.** Experimental results for bituminous rock washing with nano-reagent.

No. of experiences	Oil saturation, in %		Amount of water in the sand pores after the extraction process, in %	Degree of oil laundering from bituminous rock, %
	Initial	Residual		
1.	9,15	8,81	13,5	96,3
2.	9,25	8,86	12,8	95,8
3.	10,20	9,65	13,4	94,6
4.	10,50	9,81	14,1	93,4
5.	11,50	10,9	13,5	95,2

The design of the experimental setup is in the form of a combinatorial square [4] and the following level of variation of the factors is adopted:

$$t = 40 - 60^{\circ} C(x_1), \quad k = 0,1 - 1,5(x_2), \quad \tau_{mix} = 30 - 60 \text{ min}(x_3), \quad \tau_{con} = 30 - 60 \text{ min}(x_4)$$

Consequently:  $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$

Five series of experiments were carried out in accordance with the adopted levels of variation of factors and the plan drawn up (Table 2). The ratio of the amount of oil recovered from the rock to the initial amount of oil in the rock was taken as the process efficiency parameter.

According to [4], the dependence of y on the parameters is represented as a linear regression equation

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5 \tag{1}$$

**Table 2.** Results of laboratory studies on oil recovery from bituminous sands



№	$t^{\circ}C$	$\kappa = Q_r / Q_l$	$\tau_{mix}$ , mins	$\tau_{con}$ , mins.	$\eta = \frac{Q_{ro}}{Q_{mi}}$
1.	20	0,1	30	30	0,882
2.	30	0,5	40	40	0,885
3.	40	0,8	50	50	0,895
4.	50	1,0	60	60	0,910
5.	60	1,5	70	70	0,920

Where are the unknown coefficients. For definition of these coefficients the method of the least squares is used [5].

Thus, as a result of processing the experimental data the following dependence is obtained:

$$y = 0,00005x_1 + 0,069x_2 + 0,0008x_3 + 0,0005x_4 + 0,9043$$

It is known that the greater the value of the regression coefficient, the stronger the factor of influence on the resultant trait. And the signs of the regression coefficients tell us about the nature of the influence on the resultant trait. If the coefficient has a plus sign, then with the increase of this factor the resultant trait will increase, if the coefficient has a minus sign, then with its increase the resultant trait will decrease.

It follows from the obtained dependence that in terms of extraction of heavy oil components from bituminous rocks, the ratio of cleaned rock to washing liquid is a strong influence on the degree of washing  $\kappa = Q_r / Q_l$ . Time factors - duration of rock mixing and settling have more influence on degree of washing than temperature.

## REFERENCES

1. <https://polymus.ru/ru/pop-science/blogs/channels/himiya-buduschego/11077/>.
2. Bagirov M.K., Qrobiteyn C.P. and o. "Peculiarities of oil extraction from bituminous rocks of Mount Kirmaku", Oil Economy, 1981, No.3, pp.50-52.
3. Zelginze H.Q. "Planning experiments for the study of multicomponent systems". Moscow: Nauka, 1970.
4. Guter P.C. Ovsinskiy B.V. "Elements of Nonlinear Analysis and Mathematical Processing of Experimental Results", Moscow: Nauka, 1970, 430 p.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ ДОБЫЧА НЕФТИ ИЗ БИТУМОЗНЫХ ПЕСКОВ

### Тарана Садыгова

Ассистент кафедры промышленного машиностроения, диссертация, Азербайджан.  
Электронная почта: tarana.sadiqova@asoju.edu.az

### РЕЗЮМЕ



Битуминозные пески являются одним из основных источников альтернативной энергии. Однако ограниченность применения этого метода связана с экологическими и техническими проблемами, возникающими при добыче нефти из битуминозных месторождений. В данной работе авторы предлагают новую экологически чистую технологию, основанную на применении нанореагентов для извлечения нефти из битуминозной нефти.

**Ключевые слова:** битуминозная порода, экологические проблемы нефтедобычи, способ добычи, реагент, пластовая вода, промывочная жидкость.



## POLİMER KOMPOZİT TƏRKİBLİ KIPLƏNDİRİCİ ELEMENTLƏRDƏ GƏRGİNLİKLİ DEFORMASIYA VƏZİYYƏTİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>Lalə Əliyeva, <sup>2</sup>Pərvanə Cəfərova

<sup>1,2</sup>Laborant, "Sənaye maşınları" kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: xatuna-cafarova@mail.ru

### XÜLASƏ

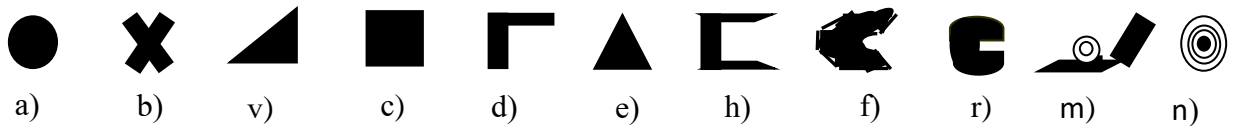
Neft-mədən təcrübəsində müxtəlif məqsədlər üçün hidravlik maşınlardan, o cümlədən, nasoslardan geniş istifadə olunur [1]. Qeyd olunan avadanlıqlarda funksional göstəricilərin təminində yüksək hermetikliyin əldə edilməsi əsas şərtlərdən hesab olunur. Bu məqsədlə rezin və ya polimer əsaslı kompozisiya materiallardan istifadə olunur. Son illərdə kipləndirici düyünlərdə polimer əsaslı kompozisiya materiallardan istifadənin səviyyəsi genişlənmişdir [2].

**Açar sözlər:** Polimer kompozit material, kipləndirici element gərginlikli deformasiya.

### Mövzunun aktuallığı

Kipləndirici elementlərin iş qabiliyyəti və istismarı şəraitindəki etibarlılığı onların konstruktiv elementlərinin nə dərəcədə düzgün müəyyən edilməsindən ciddi şəkildə asılıdır.

Şəkil 1-də hidro və pnevmo sistemlərdə istifadə olunan kipləndirici elementlərin profilləri göstərilmişdir.



Şəkil 1-də hidro və pnevmo sistemlərdə istifadə olunan kipləndirici elementlərin profilləri: *a* – dairəvi; *b* – X-profilli; *v* – pazvari; *c* – kvadrat; *d* – Γ-şəkilli; *e* – üçbucaq tipli; *h* – şveller tipli; *f* – şevron manjetlər; *r* – dairəvi kəsikli; *m* – yaylı; *n* – ikiqat qabıqlı dairəvi.

Təcrübə göstərir ki, dairəvi en kəsiyə malik kipləndirici elementlərin hidrosilindr düyünlərində tətbiqi hermetikliyin yüksək şəkildə təminində daha etibarlıdır. Bu baxımdan dairəvi en kəsikli polimer kompozit tərkibli kipləndirici halqanın kiçik deformasiya və gərilmələri təmin edən konstruksiyasının işlənməsi, kipləndirmə parametrlərinin hesablanması, seçilməsi mühüm elmi-təcrübi əhəmiyyət kəsb edən aktual məsələlərdən hesab olunur.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq tədqiqat işində aşağıdakı məqsəd qoyulmuşdur.

### Tədqiqatın məqsədi

Neft-mədən avadanlıqlarının hermetik düyünlərində istifadə olunan kipləndirici elementlərin işgörmə qabiliyyətinin yüksəldilməsidir.

### **Tədqiqat işinin metodiki bazası**

Funksional təyinatına nəzərə alınmaqla mədən praktikasında rast gəlinən hidravlik və pnevmatik düyünlər aşağıdakı kimi qruplaşdırıla bilər:

- hərəkətsiz sistemlərin kipləndirilməsi-burada kippəclər oxboyu və radial istiqamətdə sıxılma və dartılma deformasiyalarına məruz qalır.
- hərəkətli sistemlərin kipləşdirilməsi-burada kippəclər irəli-geri, fırlanma, fırlanma-rəqsi və vintvari hərəkətlərdə iştirak edirlər.
- fasiləsiz təsir kippəcləri-əsasən pnevmatik aqreqatlarda və hidrosilindrlərdə tətbiq olunur.

Məlumdur ki [3], kipləndirmə düyünü mürəkkəb texniki sistem olduğundan burada etibarlığın təmini bir bir parametrlə xarakterizə oluna bilməz və məsələyə kompleks şəkildə baxılmalıdır. Mövcud kippəc düyünlərinin hermetiklik qabiliyyətinin müqayisə edilməsi üçün göstəricilər sistemi müəyyən edilmişdir. L.A.Kondakova görə bu məqsədlə aşağıdakı göstəriciləri kafi-minimum hesab etmək olar [4]:

1. Kipləndirici materialın iş şəraitini müəyyən edən işçi və ətraf mühitin göstəriciləri.
2. Hermetikləşmə dərəcəsi, hermetikliyin pozulması, avadanlığın işdən imtinası, bəzən isə qəza vəziyyətinin əmələ gəlməsini müəyyənləşdirən tələblər.
3. Ətraf mühitin temperatur diapazonu.
4. Avadanlığın istismarının, saxlanma şəraitinin və iş müddətinin ümumi vaxtı.
5. Kipləndirici elementin əndazə ölçüləri, ixtisaslaşdırılmış müəssisələrdə hazırlanmasının mümkünlüyü, kütləvi istehsal üçün xammal təminatı və kippəcin maya dəyərinin aşağı salınması tələbləri.

### **Kipləndirmə düyünlərində istifadə olunan materiallara qoyulan olan əsas tələbatlar**

Polimer materiallar və onlar əsasında hazırlanmış polimer kompozisiyalar hermetiklik tələb olunan düyünlərdə geniş tətbiq olunur. Bu materialların aqressiv mühitin təsirinə davamlılığı, yüksək istismar göstəriciləri və hazırlanma texnologiyasının mükəməlliyi, onların meft-mədən və kimya maşınqayırmasında istifadəsini genişləndirir. Son illərdə neft-mədən avadanlıqların quruluşlarında 300-dən artıq detalların hazırlanmasında plastik kütlə materiallarından və ya örtüklərdən istifadə edilir [5]. Kipləndirici detalların spesifik istismar şəraiti nəzərə alınmaqla, onlar üçün material seçimində və hazırlanma texnologiyasının tərtibi zamanı xüsusi tələblərin ödənilməsi vacib məsələlərdən hesab edilir.

Ümumiyyətlə kipləndirmə düyünlərində kimyəvi tərkibinə görə 2 qrup polimer materiallar tətbiq olunur: doldurulmamış və doldurulmuş.

Doldurulmamış polimer materiallar qrupuna poliolenlər, poliamidlər, polikarbonatlar və ftoroplastlar aiddirlər. Bu materialların bəzilərinin texniki xarakteristikaları cədvəl 1-də verilmişdir. Cədvəl 2-də kipləndirmə düyünlərində istifadə olunan polimer kompozisiya materiallarının nümunələrinin texniki xarakteristikaları göstərilmişdir.

Aparılmış araşdırmalar göstərir ki, plastik kütlələrin hermetik düyünlərdə tətbiqini bir sıra üstünlüyü və çatışmazlıqları vardır və onları aşağıdakı qruplara bölmək olar. Hermetik düyünlərdə tətbiq olunan plastik kütlə materialları mühitə qarşı



davamlı olmaqla bərabər yüksək deformasiya xassələrinə malik olmalıdırlar. Kipləndirici materialların deformasiya xassələrinin müqayisəsi göstərir ki, elastimerlərdə bu xarakteristika, amorf və kristallik polimerdən yüksəkdir. Korroziya əleyhinə və kipləndirici qismində tətbiq olunan materiallar içərisində kauçuklar xüsusi yer tuturlar.

**Cədvəl 1.** Doldurulmamış polimer materialların texniki xarakteristikaları

№	Göstəricilərin adı	İşarəsi	Ölçü vahidi	PS	PP	PA-610	PK	s	Ftoro-plast
1.	Sıxlığı	$\rho$	q/sm <sup>3</sup>	0,93–0,98	0,90–0,92	1,09–1,11	1,2		1,7–2,35
2.	Elastiqliyyət modulu	$E_p$	MPa	500–800	900	1700	2300		400–1500
3.	Bərkliyi	H1	MPa	50	62	125	110		35–120
4.	Möhkəmlik həddi	$\sigma_p$	MPa	22–45	32	50–60	50–75		15–45
5.	Nisbi uzanma	$\varepsilon$	%	200–800	650	100	70		20–500
6.	İslik keçirmə	$\lambda$	Vt/m <sup>2</sup>	0,418					0,1–0,6
7.	Sürtünmə əmsalı	$f$	–		0,25÷0,3	0,25–0,40	0,35÷0,4		0,04÷0,3
8.	İşçi mühitin temperaturu	T	°C	–60÷+80	–5÷+100	–60÷+80	–253÷+135		–270÷+260

Bu materiallar yüksək elastiklik xassəsinə malik olduqları səbəbindən onları bəzən elastomer də adlandırırlar.

Kauçuklar vulkanlaşmış rezin və ebonit tərkibli qarışın şiklində istifadə olunurlar. Hal-hazırda sənayenin bir çox sahələrin istifadə olunan elastomerlər izopren (NK), butadien (SKD, SKB), butadienstiroil (SKMS, SKS), butadiennitril (SKN), xloropren (XP), ftorkauçuk (SKF), siloksan (SKTV), poliuritan (SKU) kauçukları əsasında hazırlanırlar.

Kauçuk əsasında hazırlanmış kipləndiricilər sənayenin konkret sahəsi üçün işlənmiş texniki şərtlərlə (TŞ) istehsal olunurlar. Kipləndiricilərdə tətbiq olunan ümumi təyinatlı rezin materiallar 10 qrupa bölünür və ionlar istismar şəraitindən asılıdırlar. Bəzi elastomerlərdə (tərkibində ftorkauçuku olan) qalıq deformasiyasının qiyməti 25÷30% böyük olur.

Yaponiyanın «Bal Seal» şirkəti istehsa etdiyi və  $P = 500$  MPa,  $T_{i\dot{s}} = (-270...+280)^\circ\text{C}$  şəraitində düzbucaq enkəsikli kipləndiricilərin politetraftoretilen materialı hazırlanır.

Quyuların dibinin yuyulmasında tətbiq olunan nasoslarda yüksək hermetiklik və etibarlılıq təmin etmək məqsədilə süni kauçuk əsaslı kipləndiricilərdən istifadə olunur. Lakin neft-qaz sənayesi avadanlıqlarının istismar göstəricilərinin təhlili göstərir ki, kipləndiricilər daha az etibarlı elementlərə aiddir.

**Cədvəl 2.** Doldurulmuş polimer materialların texniki xarakteristikaları

№	Xassəsi	ATM-2	AFQ	AQ-1500	APQS	AFQM
1.	Sıxlığı, q/sm <sup>3</sup>	1,38	2,1	2,85	2,6	2,1
2.	Əyilmədə möhkəmlik həddi, MPa	148	110	45	45	45
3.	Sıxılmada möhkəmlik həddi, MPa	119	270	170	100	115
4.	Zərbə özlülüyü, kq/m <sup>2</sup>	15	1÷1,5	1÷1,5	1÷1,5	1÷1,5
5.	İstidən xətti genişlənmə əmsalı, °C×10 <sup>-5</sup>	5,0	0,27	0,38	–	–
6.	Funksional istiyə davamlığı, °C	130	176	300	300	–
7.	İstilikkeçirmə əmsalı kkal/m, °C	0,7	11,1	75	160	90
8.	Sürtünmə əmsalı yağsız	0,16	0,123	–	–	0,13

Avadanlığın kipləndirici elementi sıradan çıxdıqda iş qabiliyyətini itirir və qəzanın başvermə ehtimalı yaranır. Ona görə də müxtəlif şəraitlərdə istismar olunan kippəclərin etibarlı işinin və uzunömürlüliyünün təmin edilməsinə yönəlmiş daha geniş və dərin tədqiqatların aparılmasına ciddi ehtiyac vardır.

Polimer kompozit tərkibli kippəclərdə gərginlikli deformasiya vəziyyətinin tədqiqi. Kippəclərin deformasiya həddinin hesablanması ədədi metodlar istifadə edilməklə yerinə yetirilməsinin ən optimal yollarından biri diaqramdan təyin olunmuş qiymətlərin cədvəl şəklində verilməsidir. Aydın ki, müvafiq diaqramda gərginlikli-deformasiya vəziyyətinə uyğun qiymətlər ayrı-ayrı nöqtələr şəklində göstərilmişdir. Bu zaman nəzərə almaq lazımdır ki, uyğun nöqtələr elə yerləşməlidir ki, onlar arasında olan intervalda xətti interpolasiyanın tətbiqi mümkün olsun.

Qeyd edək ki, müasir dövrdə polimer əsaslı kompozisiya materialları üçün nəzərdə tutulan norma, texniki şərt və sertifikatlar kippəc materialının axıcılıq həddi  $\sigma_0$ , müvəqqəti müqaviməti həddi  $\sigma_m$ , dartılmada nisbi uzanma həddi  $\sigma_s$ , elastiklik modulu  $E_0$  və Puasson əmsalı barədə yalnız səthi məlumatları əks etdirir. Ona görə də qurulan diaqramların analitik asılılığı bu ilkin verilənlərə əsaslanmalıdır.

Digər tərəfdən, ədədi metodların tətbiqi imkan verir ki, kippəcin analitik hesabı müəyyən deformasiya diapazonunda mövcud  $\sigma - E$  asılılıq funksiyasından istifadə etməklə deyil, adi ədədi qayda ilə hesablasın.

Belə ki, ümumi analitik qayda çox kiçik və həddən artıq böyük deformasiya hədlərində heç də dəqiq nəticələr vermir. Kippəcdə baş verən elastiki deformasiya heç də həmişə birmənalı olaraq Hük qanununun tətbiqinə imkan vermir. Nəticədə araşdırılan material üçün əlavə verilənlər tələb olunur, bu isə analitik metodun əsas nöqsanıdır. Bu işdə polimer əsaslı kompozisiya tərkibli kippəcin hesabı üçün gərginlikli-deformasiya həddinin baxılan oblastının üç sahəsində paylanmış üç funksiya şəklində təsviri verilmişdir. Bunlar elastiki işçi sahə, elastik-plastik sahə və axıcılıq sahələridir.

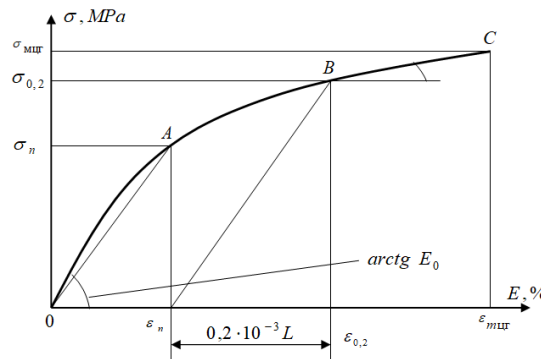
**Cədvəl 3.** Hidravlik presin göstəriciləri

Hidravlik presin markası	Çəki-si, $kq$	Porşenin gedişi, $m$	Hərəkət enerjisi, $J$	Dəqiqədə gedişlərin sayı, $Z$	Tətbiq olunan qüvvə, $G=mg, N$	Veriş qüvvəsi, $H \cdot N$	Mayenin sərfi, $M^3/dəq$	Güc $N, KVt$
PR-25	275	$33 \cdot 10^{-3}$	42	2	206	981	3,6	2
RH-754	232	$35 \cdot 10^{-3}$	40	2	157	785	3,1	1,66
T-10	276	$32 \cdot 10^{-3}$	39,2	3	238	981	3,1	2,16
OM-506	388	$75 \cdot 10^{-3}$	61	1	280	981	3,3	1,53
KÜM-4L	137	-	70	2	280	3730	9,0	3,68

Cədvəl 4. Nisbi xətanın hesablanması

$K_0$	$3\sqrt{\delta^*}, \%$	$\Sigma^3\sqrt{\delta}, \%$	$3\sqrt{\delta}, \%$
9	9,5	1,5	4,2
16	12,6	2,0	5,6
25	15,8	2,5	7,0
36	19,0	3,0	8,5

Beləliklə, şəkil 2-də polimer kipləndiricinin gərginlik-deformasiya diaqramı göstərilmişdir. Bu diaqram iki xətti –  $OA$ ,  $BC$  və bir qeyri-xətti –  $AB$  sahəsindən ibarətdir.



Şəkil 2. Polimer əsaslı kompozit kipləndiricinin bərabər paylanan deformasiya həddində gərginlik-deformasiya diaqramı.

Bazis olaraq koordinat boşluğuna  $O(o; o)$  uyğun dörd nöqtə qəbul olunmuşdur: mütənasiblik həddi üçün  $A(\sigma_n; \epsilon_n)$  nöqtəsi, nisbi axıcılıq həddi üçün  $B(\sigma_{0.2}; \epsilon_{0.2})$  nöqtəsi və müvəqqəti həddi müqavimət üçün  $C(\sigma_{müq}; \epsilon_{müq})$  nöqtəsi qəbul olunmuşdur.

Polimer əsaslı kompozisiya tərkibli kipləndiricinin tədqiqat nəticələrinə uyğun olaraq  $\sigma, \epsilon$  xarakteristikaları üçün mütənasiblik həddi yalnız bərabər paylanan deformasiya vəziyyətində verilmişdir. Göründüyü kimi  $\sigma-\epsilon$  diaqramının xətti dəyişən sahələri  $OA$  ( $0 \leq \epsilon \leq \epsilon_{müq}$ ) və  $BC$  ( $\epsilon_{0.2} \leq \epsilon \leq \epsilon_{müq}$ ) belə əlaqəlidir:

$$\sigma = E_0 \cdot \epsilon$$



burada

$$\sigma = \sigma_{02} + E_1 \cdot (\varepsilon - \varepsilon_{02}), \quad (1)$$

$$E_1 = \frac{\sigma_m - \sigma_{02}}{\varepsilon_n - \varepsilon_{02}}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{02} = \frac{\sigma_{02}}{E_0} + 0,2 \cdot 10^{-3} \varepsilon_{muq} = 0,2\sigma_s, \quad (3)$$

$$\varepsilon_n = \frac{0,7\sigma_{02}}{E_0}, \quad (4)$$

$$\sigma_n = 0,7\sigma_{02}. \quad (5)$$

Diaqramın  $AB$  qeyri-xətti dəyişən  $(\varepsilon - \varepsilon_{02})$  kəsiyində monoton artım olmalı və ən azı iki dəfə diferensiallanan funksiya şəklində olmalıdır. Bu şərt

$$\varepsilon_n \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{02}; \quad \frac{d\sigma}{d\varepsilon} > 0; \quad \frac{d^2\sigma}{d\varepsilon^2} < 0 \quad (6)$$

halında mümkündür. Bundan başqa qeyri-xətti sahəni göstərilən funksiya  $A$  və  $B$  nöqtələrində bölünməzliyi və monotonluğu təmin edən dörd naməlum parametmə malik olmalıdır. Tərəfimizdən  $\sigma - \varepsilon$  diaqramı  $\varepsilon_n - \varepsilon_{02}$  kəsiyində təsvir edən altı funksional asılılıq tədqiq olunmuşdur:

$$\sigma = a_0 + a_1(\varepsilon - \varepsilon_n) + a_2(\varepsilon - \varepsilon_n)^{a_3}, \quad (7)$$

$$\sigma = a_0 + a_1(\varepsilon - \varepsilon_n) + a_2(\varepsilon - \varepsilon_n) \left[ 1 - \left( \frac{\varepsilon - \varepsilon_n}{\varepsilon_{02} - \varepsilon_n} \right)^{a_3} \right], \quad (8)$$

$$\sigma = a_0 + a_1(\varepsilon - \varepsilon_n) + a_2 \left( \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon_n + a_3} - \frac{1}{a_3} \right), \quad (9)$$

$$\sigma = a_0 + a_1(\varepsilon - \varepsilon_n) + a_2(\sqrt{\varepsilon - \varepsilon_n + a_3} - \sqrt{a_3}), \quad (10)$$

$$\sigma = a_0 + a_1\varepsilon + a_2\varepsilon^2 + a_3\varepsilon^3, \quad (11)$$

$$\sigma = a_0 + a_1(\varepsilon - \varepsilon_n) + a_2 \sin \frac{\varepsilon - \varepsilon_n}{\varepsilon_{02} - \varepsilon_n} \cdot \pi + a_3 \sin \frac{\varepsilon - \varepsilon_n}{2(\varepsilon_{02} - \varepsilon_n)} \cdot \pi. \quad (12)$$

Naməlum  $a_i (i = 0...3)$  parametrləri isə aşağıdakı ifadələrdən təyin olunur:  $\varepsilon = \varepsilon_n$ ;  $\sigma = \sigma_n$  və  $\varepsilon = \varepsilon_{02}$ ;  $\sigma = \sigma_{02}$  hallarında uyğun ifadədən alınır:

$$\frac{d\sigma_0}{d\varepsilon} = E_0; \quad \frac{d\sigma_1}{d\varepsilon} = E_1. \quad (13)$$

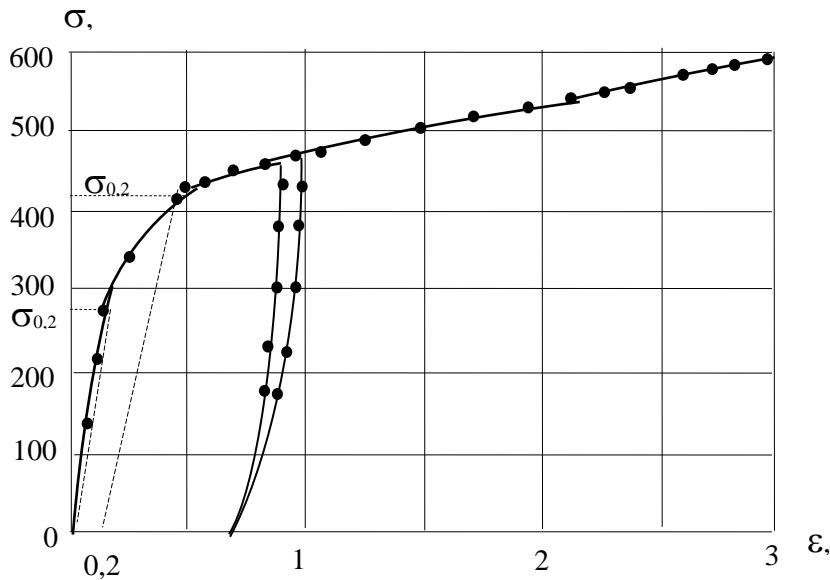
Beləliklə, təhlildən aydın olur ki, şərti polinom şəklində olan (10) asılılığı qeyri-xətti hissəli iki sinusoidal çevrədən ibarət (11) asılılığı üçün əlverişli deyildir. Hər hansı  $(\varepsilon - \varepsilon_{02})$  kəsiyində  $\sigma - \varepsilon$ -yə görə verilmiş bütün funksional asılılıqların tədqiqindən sonra  $a_i$  parametrlərini hesablamaq üçün (12) düsturundan istifadə etmək məqsədəuyğun sayılmışdır.

$$a_3 = \frac{[1 - (\varepsilon_1 / E_0)]}{[1 - (0,3\sigma_{02} / E_0 L)]} \quad \text{və} \quad a_2 = (E_0 L - 0,3\sigma_{02}) L^{-a_3}, \quad (14)$$

burada

$$a_1 = E_0; \quad L = \varepsilon_{02} - \varepsilon_n; \quad Q_0 = \sigma_n.$$

Beləliklə, şəkil 3-də (8–12) düsturlarına əsasən uyğun diaqramlar qurulmuşdur.



**Şəkil 3.** Polimer əsaslı kompozisiya tərkibli dairəvi en kəsiyə malik kipgəcin gərginlik-deformasiya diaqramı: – nəzəri; • təcrübi nəticələr

### Nəticə

Yuxarıda qeyd olunan diaqramlarda bütün parametrlərin ədədi qiymətləri real təcrübə nəticələrinə əsasən hesablanmışdır. Gərginlik–deformasiya təcrübi diaqramının analitik təsviri ilə müqayisəsi göstərir ki, təklif olunan asılılıqlar təcrübi tədqiqatlarla tam uyğunluq təşkil edir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Габибов И.А. Основные причины и характер отказов пары устьевой шток-устьевой сальник // Сборник статей XXXV Международной научно-практической конференции, г. Пенза, 2021, С.12-16.
2. Габибов И.А., Гусейнова В.Ш., Рустамова К.Б. Тактические и стратегические направления применения нанотехнологии в нефтепромысловом оборудовании // Вектор ГеоНаук 2020. Том3. №1, С.38-45.
3. Сәпәһмәдәв Ә.Х., Qurbanov R.S., Əliyev Y.M. Tribologiyanın əsasları. Dərslik // Bakı. Çarşıoğlu, 2001.- 276s.Г4.
4. Габибов И.А., Гасанов Я.Г., Керимов Д.А. Технологическое обеспечение повышения качества пластмассовых деталей нефтяного машиностроения // Тематический сборник научных трудов АЗИНЕФТЕХИМ им.М.Азизбекова, Тематический сборник научных трудов АЗИНЕФТЕХИМ им.М.Азизбекова, 1989, г.Баку, 1989, 123-130 с.
5. Рагимов А.М., Гасанов Р.А., Мехтиев Д.Ш., Алиев Ч.А., Рагимова С.А. Оценка свойств композиционных материалов емкостей, используемых для хранения и перевозки горючесмазочных материалов. Москва, Нефтепромысловое дело, №8, «ВНИИОЭНГ», 2004, с. 53

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

<sup>1</sup>Лала Алиева, <sup>2</sup>Парвана Джафарова

<sup>1,2</sup>Лаборант кафедры «Промышленные машины» Азербайджанского Государственного, Университета Нефти и Промышленности.

### РЕЗЮМЕ

В практике добычи нефти и газа широко используются гидравлические машины различного назначения, в том числе насосы [1]. Достижение высокой герметичности при обеспечении функциональных показателей в указанном оборудовании считается одним из основных условий. С этой целью используются композиционные материалы на резиновой или полимерной основе. В последние годы расширился уровень использования композиционных материалов на основе полимеров в стяжных узлах [2].

**Ключевые слова:** Полимерный композитный материал, элемент деформации деформационного шва.



## STUDY OF THE DEFORMATION STATE OF SEALING ELEMENTS FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS

<sup>1</sup>Lala Aliyeva, <sup>2</sup>Parvana Jafarova

<sup>1,2</sup>Laboratory assistant of the department "Industrial machines" of the Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan.

### ABSTRACT

In the practice of oil and gas production, hydraulic machines for various purposes, including pumps, are widely used [1]. Achieving high tightness while ensuring functional performance in the specified equipment is considered one of the main conditions. For this purpose, composite materials based on rubber or polymer are used. In recent years, the level of use of composite materials based on polymers in tie units has expanded [2].

**Key words:** Polymer composite material, deformation element of an expansion joint.

## LAZER QURĞUSUNDA METAL OVUNTU ÖRTÜYÜN ALINMASININ TEXNOLOJİ REJİMİ

**Nazim İbrahimov**

Professor, “Materialşünaslıq və emal texnologiyaları”, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,  
Azərbaycan. E-mail:nazim.ibrahimov2015@mail.ru

### XÜLASƏ

Detalların səthinə korroziyaya və yeyilməyə davamlı metal ovuntuların köməyi ilə təbəqə çəkilməsinə baxılmışdır. Yüksək keyfiyyətli qoruyucu təbəqə örtüyünün alınması üçün lazer qurğusunda texnoloji rejim işlənib təqdim edilmişdir. Bu texnoloji rejim əsasında ovuntuların nərkibi seçilməklə onların dəqiq alınması üçün tədqiqatın hesabatı verilmişdir. Polad markalı detallar üçün ayrıca cədvəl tərtib edilmişdir.

**Açar sözlər:** Polad detallar, ərinti örtüyü, ovuntular, korroziyaya və yeyilməyə davamlılıq, texnoloji rejim, lazer qurğusu.

### Giriş

Sipərli siyirtmələr maye axınının tam açılmasını və bağlanmasını tənzimləmək üçün istifadə edilir. Əsasən bu siyirtmələr neft-qaz fontan armaturlarında tətbiq edilir ki, sipərlər intensiv korroziyaya məruz qalırlar.

Çox hallarda müstəvi sipərlər yüksək abraziv və korroziyalı yeyilmə nəticəsində sıradan çıxırlar. Bunların qarşısını almaq üçün korroziyaya davamlı ərintilərlə qazometrik püsgürmə və plazma üstərtməsi ilə metal örtüklər çəkirlər. [1,2]

ГОСТ-24856-2014 əsaslanaraq geniş diapozonda diametrləri  $\Phi$  50-dən  $\Phi$  600 mm qədər siyirtmələrin sipərlərini korroziyaya və yeyilməyə davamlılığını təmin etmək tələb olunur.

Bu sipərlər işçi temperaturu  $80^{\circ}\text{C}$ -dən  $120^{\circ}\text{C}$  civarında dəyişməsinə nəzərə alaraq, sipərin səthlərinə epoksid örtüklər çəkib istifadə edirlər. Bu örtükdə cızılmalar, sıyrılmalar olmaqla, erroziya yeyilməsinə məruz qalırlar. Eyni zamanda axır vaxtlar Plakart W\_/Co/ Cr əsaslı örtükləri aktiv maye mühitinə davamlılığı təmin etsə də, yenə də sıradan çıxma halları baş verir. [2,3 ]

Bunları nəzərə alaraq, plakart karbid , volfram və karbid xrom əsaslı tərkibdə yeyilməyə davamlılıq təmin edilsə də, korroziya prosesi baş verərək sipərlər sıradan çıxırlar.

Hal hazırda sipərlərin səthinə keramikalı örtüyün çəkilməsi korroziyaya və yeyilməyə davamlılığı bir qədər azalmasına səbəb olmuşdur.

### Məsələnin qoyuluşu

Məsələnin qoyuluşunun əsası üçün müxtəlif aktiv maye axınında işləyən sipərlərin korroziyaya və yeyilməyə davamlılığına təsir edilən amillər təhlil edilmişdir. Bu zaman mövcud olan metal və qeyri-metal örtüklərin çəkilməsi qismən korroziyaya və yeyilməyə davamlılığın qarşısını almışdır. Hətta adgeziya möhkəmliyi 70 MPa və bərkliyi 68-72 HRC olsa da, sıradan çıxma halları müşahidə edilmişdir. Bunları nəzərə alaraq daha məqsədə uyğun lazer qurğusunda (bərk aktiv maddəli) tərkibləri korroziyaya və yeyilməyə davamlı xassələrə malik olan örtüklər çəkilməsi əsas məqsəd hesab edilərək işin aktuallığını özündə əks etdirir.



Bu tədqiqatın nəticəsi ilə geniş miqyasda nəzəri və praktiki [3,4] tədqiqatların aparılması qarşıya qoyulmuşdur.

### Nəzəri tədqiqat

Bərk maddəli lazerin impulsu kiçik milli saniyələrlə davam etdiyindən, kiçik çıxış gücündə impulsun qısa davam etmə müddəti ilə əlaqədar olaraq, yüksək gücə malik işıq almaq mümkündür. Hal-hazırda çalışırlar ki, bərk lazerlərin gücünü daha da artırıb, detalların səthinə müxtəlif örtüklərin çəkilməsi üçün texnoloji rejimin işlənilib hazırlanması tələb olunur. Bu texnoloji rejimin ardıcılığı aşağıdakı kimi yerinə yetirilməlidir. [3,5]

1. Bərk maddəli impuls lazeri üçün onun enerjisini təyin edirlər

$$E_L = P_L \cdot t_L \quad (1)$$

Burada:  $E_L$  –lazerin enerjisi, VattSan (Ws)

$P_L$  –lazerin gücü, Vatt

$t_L$  –lazer impulsunun davam etmə müddəti, san.

2. Foksların minimal linzaların həndəsi ölçüləri ilə yanaşı, həmçinin şüanın diametrindən və ona uyğun işığın dalğa uzunluğundan asılıdır. Minimal fokuslama məsafəsi, əsasən diametrdən yəni, diametri nə qədər kiçik olarsa, lazerin gücünü (güc sıxlığını) bir o qədər artırmaq olar.

Lazerin güc sıxlığı təyin edilir.

$$J = \frac{P_L}{F} \quad \text{və ya} \quad J = \frac{E_L}{t_L \cdot F} \quad (2)$$

$J$  –güc sıxlığı və ya intensivlik, Vatt/sm<sup>2</sup>

$F$  –şüanın sahəsini, kiçik diametrlı dairənin sahəsi kimi təyin etmək olar.

$$F = \frac{\pi d_{\min}^2}{4}$$

Burada:  $d_{\min}$  – konsentrasiya işıq nöqtəsinin diametridir.

Qeyd etmək olar ki, lazer impulsunun gücü toplayıcı linzalar vasitəsi ilə fokuslanaraq, kiçik sahəyə konsentrasiya olunur. Konsentrasiya olunmuş nöqtənin minimal diametri təyin edilir.

[6]

$$d_{\min} = 2,44 \cdot \lambda \cdot \frac{f}{d_s} \quad (3)$$

Burada:  $\lambda$  –ışığın dalğa uzunluğu

$f$  – linzaların fokus məsafəsi (yandırma məsafəsi)

$d_s$  –ışıq şüasının diametridir.

3. Texnoloji prosesdə lazerin impulsunun davam etmə müddəti aşağıdakı ifadə ilə hesablanır.

$$t_L = \frac{S^2}{4\alpha} \quad (4)$$

Burada:  $S$  –lazer şüası ilə sipərin səthində təbəqənin alınması və səthin ərimə qalınlığıdır.

$$S = h_0 + S_0 \quad (5)$$

$h_0$  –siperin səthinin ərimə dərinliyidir , sm.

$S_0$  –alınan üstəritmə qatının qalınlığıdır (hündürlük), sm.

$a$ –təbəqənin ovuntularındakı kimyəvi elementlərin temperatura keçirmə əmsalıdır.

$$a = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{c_i \rho_i} = \frac{\lambda_1}{c_1 \rho_1} + \frac{\lambda_2}{c_2 \rho_2} + \dots + \frac{\lambda_i}{c_i \rho_i} \quad (6)$$

Burada:  $\lambda_i$ –elementlərin xüsusi istilik keçirmə əmsallarıdır.

$c_i$  –elementlərin istilik tutumlarıdır.

$\rho_i$  –hər bir elementin sıxlığıdır.

Bu kəmiyyətlər aşağıdakı ifadələrlə hesablanılır.

$$\lambda_i = \sum \lambda_i \rho_i = \lambda_1 P_1 + \lambda_2 P_2 + \lambda_3 P_3 + \dots + \lambda_i P_i$$

$$C_i = \sum c_i P_i = c_1 P_1 + c_2 P_2 + c_3 P_3 + \dots + c_i P_i$$

$$\rho_i = \sum \rho_i P_i = \rho_1 P_1 + \rho_2 P_2 + \rho_3 P_3 + \dots + \rho_i P_i \quad (7)$$

$P_1, P_2, P_3, \dots$  – Ovuntunun tərkibindəki elementlərin miqdarıdır.

Bu düsturlardan ardıcılıqla istifadə edərək, lazer qurgusunda istənilən ovuntu ilə texnoloji rejimi yerinə yetirməklə keyfiyyətli örtük təbəqəsi almaq mümkündür.

### Tədqiqatın texnoloji rejiminin hesabı

Texnoloji rejimin nəzəri tədqiqatı ilə ovuntuların tərkibini və fiziki-kimyəvi xarakteristikasını bilərək dəqiq hesabat aparmaq olar.

Aşağıdakı cədvəl 1-də ovuntunun tərkibi və onların xarakteristikası verilmişdir.

Ovuntunun tərkibinin istilik xassələri

Cədvəl 1

Elementlər	Ni	Cr	Fe	Si	W	Mo	Co	V
Parametrləri								
Sıxlıq $\rho$ q/sm <sup>3</sup>	8907	7190	7500	5170	19250	10220	8900	5960
İstilik tutumu (C) kkal/m·K	143,6	116	640,57	1450	134,4	244	415	24,9 5
İstilikkeçirmə əmsalı ( $\lambda$ ) Vt/m·K	90,4	93,7	92	150	162,8	135	69	30,7
Elementlərin miqdarı, tərkibi (P)	63	15	7	0,08	3,0	17	2,5	0,3

Cədvəl-1-də təqdim olunan elementlərin ovuntularının göstərilən miqdarı ilə aşağıdakı hesabat aparılmışdır.

$$\lambda = \sum_{i=1}^8 \lambda_i P_i = \lambda_1 P_1 + \lambda_2 P_2 + \lambda_3 P_3 + \dots + \lambda_i P_i = 5,695 + 1,405 + 644 + 12 + 488,4 + 2995 + 172,5 + 9,21 = 11421,1$$



$$C = \sum_{i=1}^8 c_i P_i = 9046 + 10,869 + 4,483 + 217500 + 21880 + 329,40 + 28635 + 765,9 = 326118,9$$

$$\rho = \sum_{i=1}^8 \rho_i P_i = 561141 + 107850 + 52500 + 413,6 + 57750 + 173740 + 22250 + 1780 = 977432,6$$

Bu ifadələri aşağıdakı düsturda yerinə yazaraq ovuntunun temperatura keçirmə əmsali təyin edilir.

$$a = \frac{\lambda}{c \rho} = 3,5829 \text{ mm}^2 \text{ \textbackslash san.} \quad (8)$$

Bu ovuntuların tərkibinə görə yarımkəçiricili bərk aktiv maddəli lazer qurğusunda siyirtmənin sipərinin səthinə müxtəlif qalınlıqda örtüklərin alınması aşağıdakı parametrlər əsasında, yəni lazer qurğusunun pasport göstəricilərinə görə yerinə yetirmək olar.

$E = 1000Vt$  – gücü;  $d = 3,0$  mm -ışığı selinin diametri  
 $f=200\text{mm}$  – lazerin fokus məsafəsi

$\lambda = 900-1050$  – işıq dalğasının uzunluğu

Bu parametrlər lazer qurğusunun xarakteristikasına əsaslanaraq, aşağıdakı cədvəl 2-də texnoloji parametrləri müxtəlif polad materialları üçün tərtib edib, (1-8) düsturlarının hesablanması təqdim olunmuşdur.

Cədvəl 2.

Material	$S_0$ , mm qalınlıq	$h_0$ , mm dərinlik	S- ümumi qalınlıq, mm	t, san zaman	J, enerji sıxlığı
Polad 45	0,200	0,100	0,300	6,32	100,25
Polad 40X	0,400	0,150	0,550	2,21	331,42
Polad 38XM	0,600	0,200	0,800	4,31	142,32
Polad 20 X	0,800	0,300	1,100	8,86	81,49

**Lazer qurğusunun qısa xarakteristikası.** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin lazer mərkəzi 16.06.2017-ci ildən ADNSU-nun II Startap və İnnovasiya festivalı çərçivəsində açılmışdır. Bu lazer qurğusunda lazer başlıqları ilə neft-qaz mədən avadanlıqların sıradan çıxan detallarının bərpa texnologiyasını və möhkəmliyə davamlılığını artırmaq mümkündür. [5] Lazer işıq gücləndiricisi olub, alınan lazer şüasının yenidən geri aktiv mühitə yönəltməklə, işıq ossilatoru (generatoru) alınır. Burada rezonator yüksək əksətdirmə qabiliyyətinə malik müstəvi güzgülərlə birgə qazboşalma borusudur. Güzgülər bir-birlərinə qarşı bir ox üzərində dəqiq paralel yerləşdirilir. Rezenatorun güzgülər arasında əks olunan dayanmış dalğa fasiləsiz əks olunaraq özü-özünü gücləndirir. Hər iki güzgüdən biri nisbətən şəffafdır. Lazerin aktiv elementinin ölçülərinin artırılması ilə onun gücünü yüksəltmək olur. [5,6]

### Tətbiq sahəsi

Yarımkəçiricili lazer qurğusunda detalların bərpa texnologiyası və möhkəmliyə davamlılığın artırılması yüksək səviyyədə yerinə yetirilir. Sənayenin bütün sahələrində, o cümlədən neft-qaz mədən avadanlıqlarının, aqrar sahənin, yüngül və məişət texnologiyası sənayesinin, daha çox aktiv kimyəvi mühit olan neft-kimya sənayesində tətbiqi məqsədə uyğun hesab edilə bilər.



Bu qurguda detalların bərpaşı, üstəritmə təbəqəşinin və termiki emalla bərqliyin, möhkəmliyin artırılması ilə etibarlığı , uzunömürlüyü bir neçə dəfə artırılması mümkündür. İstismar şəraitindən asılı olaraq detalların bərpa texnologiyası və möhkəmliyə davamlılığının artırılması ilə texnoloji prosesləri müasir tələblərə uyğun olaraq yerinə yetirənə yetirmək mümkündür.

**Nəticə.** Siyirtmənin sipərinin korroziyaya və yeyilməyə davamlılığını artırılmasının mövcud üsulları təhlil edilərək, müasir lazer qurğusunda ovuntulu örtüklərlə təbəqənin alınması üçün texnoloji rejim işlənmişdir. Bū rejimlə istənilən detalların səthlərinə ovuntulu örtük çəkilərək möhkəmliyə , korroziyaya və yeyilməyə davamlılığı dəfələrlə artırmaq mümkündür.

## ƏDƏBİYYAT

1. Бухаленко Е.И. Нефте-промысловое оборудование, Москва «недра» 2001г-550с.
2. Sadıxov Ə.N, Məmmədov N.P. Lazerlə emal texnologiyası. AZTU-Bakı- Elm 2012. 225s.
3. Архипов В.Е., Биргер Е.М., Применение лазерной технологии и технолог при ремонте машиностроения, 1990, -63с
4. Гаджиев А.М, Изучение остаточных макронапряжений в поверхности слое при лазером облучения. Технология металлов, №2. М: 2000, с 15-16
5. Головки Л.Ф. Формирование износостойких материалов в условиях лазерной установки, К.2001, №7, с 20-24.
6. Гаджиев А.М, Параметры тепловых процессов при лазерной наплавки. Технологические системы. К.2001, №7, с 24-29.

## TECHNOLOGICAL MODE OF METALLIC POWDER COATING USING A LASER INSTALLATION

### Nazim Ibrahimov

Professor, "Materials Science and Processing Technologies", Azerbaijan State Oil and Industry University, E-mail: nazim.ibrahimov2015@ mail.ru.

### ABSTRACT

Coating of the surface of the details with the help of corrosion and corrosion-resistant metal abrasives was considered. A technological mode was developed and presented in the laser device for obtaining a high-quality protective layer coating. On the basis of this technological regime, a research report was given for choosing the quality of abrasives and their accurate purchase. A separate table was prepared for steel-branded details.

**Keywords:** Steel details, alloy coating, abrasion, corrosion and corrosion resistance, technological mode, laser device.



## ТЕХНОЛОГИЧЕЙКИЙ РЕЖИМ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛЧЕСКОГО ПОРОШКА ПРИ ПОМОЩИ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ

### Назим Ибрагимов

Профессор, “Материаловедение и технологии обработки”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, E-mail: nazim.ibrahimov2015@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

Рассмотрено нанесение покрытия на поверхность деталей с помощью коррозионностойких и коррозионно-стойких металлических абразивов. Разработан и представлен технологический режим в лазерной установке для получения качественного защитного слоя покрытия. На основании данного технологического режима был составлен отчет об исследовании для выбора качества абразивов и их точной закупки, для стальных марочных деталей подготовлена отдельная таблица.

**Ключевые слова:** Стальные детали, легированное покрытие, истирание, коррозия и коррозионная стойкость, технологический режим, лазерная установка.

## НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОЧНОСТЬ СИЛИКАТНОГО ПОКРЫТИЯ ТРУБЫ

**Назим Ибрагимов**

Профессор, “Материаловедение и технологии обработки”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, E-mail: nazim.ibrahimov2015@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается напряженное состояние силикатного покрытия трубы. Установлено, что напряжения на поверхностях покрытия трубы в основном зависят от распределения температуры, физико-механических свойств, геометрических размеров и контактных давлений между покрытием и металлом трубы. Проведено исследование остаточного, температурного напряжения и прочности на поверхности силикатного покрытия трубы.

**Ключевые слова:** напряженное состояние, прочность, силикатные покрытия, остаточные напряжения, распределение температуры, геометрические размеры.

Силикатные покрытия стальных труб находят все более широкое распространение, что объясняется экономичностью и эффективностью способа защиты трубы от коррозии и накипи. Эти трубы успешно применяют в условиях высоких температур, давлений и высокоминерализованных сред в нефтяной, химической, газовой и других отраслях промышленности. [1, 2]

Основными технологическими параметрами, определяющими возможность получение качества покрытия, являются технологический режим нанесения покрытия, процесс (нагревания) охлаждения покрытия и распределение температурного остаточного напряжения.

Срок службы покрытий характеризуется гладкостью, отсутствием пузырей и появлением макро - микротрещин.

Следует отметить, что силикатные покрытия подвергаются высоким давлениям (30-50 МПа) и температурам, (300-600<sup>0</sup>С) которые могут привести к разрушению покрытий, и прежде всего у торцов труб. Разрушение покрытия представляют собой кольцевые, винтовые и продольные трещины и возникают при температурах нанесения и охлаждения покрытия трубы Силикатные покрытия образцы трубы подвергаются визуальным и микроскопическим осмотрам. С каждого торца покрытий формируется по 2-3 витка трещин на расстоянии (0.5-0.7) d. Здесь d –средний диаметр покрытия трубы.

Известно, что так называемые в силикатных покрытиях трубы, закономерность охлаждения (нагревания) внутренней и наружной поверхностей покрытия труб зависят от распределения температуры ( $T$ ) покрытий и определяется по формуле [3]



$$T = \frac{\lambda_1 T_1 \ln \frac{d_3}{d_2} + \lambda_2 T_2 \ln \frac{d_2}{d_1}}{\lambda_1 \ln \frac{d_3}{d_2} + \lambda_2 \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (1)$$

$\lambda_1, \lambda_2$  -коэффициент теплопроводности соответственно покрытия и металла трубы;

$T_1, T_2$  -температура на внутренней и наружной поверхности рывтия и металла трубы;

$d_1, d_2, d_3$  - внутренние, граничные и наружные диаметры силикатного покрытия трубы;

Опыты показали, что это напряженное состояние по величине иногда превосходят напряжения допускаемого значения растяжения (сжатия) покрытия и наблюдаются трещины, отслаивания и разрушения поверхности покрытия труб.

При охлаждении (нагревании) в торцевых поверхностных слоях покрытий возникают продольные и окружные температурные остаточные напряжения сжатия (растяжения). Эти напряжения зависят от распределения температуры ( $T$ ) по всей внутренней и наружной поверхности покрытия трубы.

Поэтому прочность силикатных покрытий труб будет зависеть от распределения температуры ( $T$ ), продольных и окружных напряжений, возникающие на поверхности покрытия. При этом напряжение по продольной поверхности покрытия в зависимости от распределения температуры ( $T$ ) определяется по известной формуле. [3,4]

$$\sigma_1 = \frac{\beta_1 E_1 T}{1 - \mu_1} Bi \quad (2)$$

Где –  $E_1, \mu_1$  модуль упругости и коэффициент Пуассона покрытия;

$\beta_1$  - коэффициент линейного расширения покрытия трубы;

$Bi$  -число Био

$$Bi = \frac{\alpha_1 \delta}{\lambda_1}$$

$\alpha_1$  -коэффициент теплоотдачи покрытия;

$\lambda_1$  - коэффициент теплопроводности покрытия;

Одновременно, по окружным направлениям напряжения определяют по формуле [4, 5].

$$\sigma_2 = \frac{(P_2 - P_1)d_2^2}{d_2^2 - d_1^2} \left(1 + \frac{d_1^2}{\delta^2}\right) \quad (3)$$

где-  $P_1, P_2$ -контактные давления между металлом и покрытием трубы и зависят от распределения температуры ( $T$ ) по всей поверхности металла и покрытия трубы;

$\delta$  -средняя толщина покрытия трубы:

В целом, под действием этих напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  в силикатных покрытиях труб суммарные напряжения определяется по теории прочности

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\mu\sigma_1\sigma_2} \leq [\sigma] \quad (4)$$

$[\sigma]$  - допустимое напряжение силикатного покрытия изменяется в пределах  $[\sigma] = 80 \div 100$  МПа.

Следует отметить, что точных справочных данных торцевых остаточных напряжений для различных видов покрытий не имеется. [5]

Суммарные напряжения по величине превосходят значения допускаемых напряжений, в результате чего наблюдается разрушения покрытия трубы.

Разработан экспериментальный стенд с целью определения этих напряжений и параметров покрытий труб. Экспериментальная установка представляет собой силикатные покрытия трубы длиной 300-500 мм с размерами; 57 x 3,5; 89 x 4,0; 108 x 4,5; 159 x 4,0 мм и толщиной покрытия 0,5 ÷ 1,0 мм. Внутри трубки расположен электрический нагреватель. Проволока нагревателя диаметром 0,25 ÷ 0,40 намотана на фарфоровую трубку диаметром от 15 ÷ 25 мм. Для измерения температуры поверхности покрытия крепятся термопары. При работе установки нагревателя количество тепла, которое выделяется внутри трубы при стационарном режиме и вычисляется по показаниям ваттметра.

Средняя температура поверхности силикатного покрытия измеряется термопарами.

Следовательно, для измерения температурных деформаций на внутренней поверхности покрытий креплены проволочные датчики с базой 10 мм и сопротивлением 85 ÷ 100 Ом. При этом деформации измерялись с приборами ИСД-3, ИД-70. По измерениям значений этих относительных деформаций рассчитывались окружные и продольные напряжения по закону Гука. В тоже время по формулам (1), (2), (3) и (4) можно определить значения продольных, окружных и суммарных напряжений покрытий труб. В таблице представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований.

**Таблица 1.** Напряжения, возникающие в покрытиях труб

Размеры труб, мм	Толщина покрытия, труб мм	Напряжения, МПа		Суммарные напряжения, Мпа	
		Осевые $\sigma_1$	Окружные, $\sigma_2$	Теоретические; $\sigma$	Экспериментальные. $\sigma$
Ø57x3,5	0,42	90	20	65	68
Ø89x4,5	0,54	84	32	56	62
Ø108x4,0	0,58	80	36	44	50
Ø159x4,5	0,64	78	38	49	53

Анализ технологического процесса нанесения покрытия трубы показал, что определение напряженного состояния является нелинейными температурными



задачами со сложными граничными условиями. Точные теоретические и экспериментальные исследования в основном случае представляют собой большие инженерные трудности. Теоретические расчеты хорошо согласуются с экспериментальными данными, в пределах погрешности 3-5% .

### **Выводы**

1. Проведенные исследования показали, что напряжения, возникающие на поверхности покрытий, в основном зависят от распределения температуры ( $T$ ), физико-механических свойств, геометрических размеров и контактных давлений покрытий труб.
2. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что суммарные напряжения труб не превосходит предела прочности покрытий. Теоретические расчеты хорошо согласуются с экспериментальными значениями в пределах погрешности 3-5% .

### **ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ибрагимов Н.Ю. Термостойкость и прочность силикатного покрытия трубы - "Химическое и нефтегазовое машиностроение", Москва 2016 г, №1, С. 22
2. Ибрагимов Н.Ю., Исмайлова Э.Н. Теплопроводность слоев отложений накипи и продуктов коррозии на эмалевых покрытиях труб при использовании морской воды "Энергетик" Москва, 2013 г, №5, С. 54-56.
3. Руднов Д.М., Сахобутдинов Р.З. Испытание физических методов предотвращения образования накипи. Москва. "Оборудования и технология для нефтегазового комплекса", 2012 г, №6, С. 26-30.
4. Петцольд А., Пешман Г. Эмаль и эмалирование. Москва "Металлургия". 1990 г. - 572 С.
5. Ибрагимов Н.Ю. Влияние шероховатости поверхности на перепад температуры в стеклоэмалированных покрытиях труб. Москва, "Промышленная энергетика", 2013 г, №4, С. 33-35.

## **STRESS STATE AND STRENGTH OF THE SILICATE COATING OF THE PIPE**

### **Nazim Ibrahimov**

Professor, "Materials Science and Processing Technologies", Azerbaijan State Oil and Industry University, E-mail: nazim.ibrahimov2015@mail.ru.

### **ABSTRACT**

The article deals with the stress state of the silicate coating of the pipe.



It has been established that the stresses on the surfaces of the pipe coating mainly depend on the temperature distribution, physical and mechanical properties, geometric dimensions and contact pressures between the coating and the pipe metal. A study of residual, thermal stress and strength on the surface of the silicate coating of the pipe was carried out.

**Keywords:** stress state, strength, silicate coatings, residual stresses, temperature distribution, and geometric dimensions.



## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА И РЕЖИМА ТРАВЛЕНИЯ НА СЦЕПЛЯЕМОСТЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ С ОСНОВНЫМ МЕТАЛЛОМ

<sup>1</sup>Ибрагим Габиров, <sup>2</sup>Агали Гулиев, <sup>3</sup>Эльман Алиев, <sup>4</sup>Айнур Шарифова,  
<sup>4</sup>Зохра Гараева

<sup>1</sup>Профессор, Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, д.т.н, Азербайджан. E-mail: h.ibo@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-3393-78123>

<sup>2</sup>Доцент, кафедра «Материаловедение и технологии обработки», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан.

<sup>4</sup>Ассистент, кафедра «Материаловедение и технологии обработки», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан.

E-mail: aynur.sh84@mail.ru

<sup>5</sup>Ассистент, кафедра «Промышленные машины», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. E-mail: zohra.abiyeva@asoiu.edu.az <https://orcid.org/0000-0001-8824-623X>

### АННОТАЦИЯ

В настоящей работе приводятся результаты исследования по оценки влияние концентрации раствора и продолжительность травления в электролите оптимального состава на прочность сцепления железного покрытия с металлической основой.

Установлено что, наиболее эффективным является электрохимическое анодное травление. Максимальную прочность сцепления осадков железа с основой обеспечивает анодное травление в фосфорно-серном электролите.

**Ключевые слова.** Железнения, металлическая основа, анодное травление, сцепления.

### Актуальность работы

В нефтяном секторе Азербайджана применяется широкий ассортимент нефтегазопромыслового оборудования (НГПО), одним из которых является фонтанная арматура [1,2]. В состав конструкции включена трубная обвязка и фонтанная елка, представляющих сочленение задвижек, тройников, крестовиков и других деталей [3].

Анализом основных причин отказов фонтанной арматуры установлено, что как правило, они связаны с задвижками, в частности, узлом затвора (парой шибера-седла) и контактной зоной соединения шпинделя с гайкой.

Для повышения надежности и ремонтпригодности применяются различные методы и технологии. Одним из которых является способ применения рабочих поверхностей металлическим покрытием. Известно что, эффективность работы задвижек фонтанного оборудования во многом зависит от работоспособности отдельных его узлов, в том числе корпуса, седла, шибера и т (см.рис.1).





Рис. 2. Общий вид седла (а) и шибера (б).

Материалы деталей задвижек должны обладать достаточно высокими свойствами стойкости к общей коррозии и сероводородному растрескиванию, высокой технологичностью и износостойкостью. Для обеспечения указанных свойств применяются различные технологические методы, в том числе способ электролитического железнения, резко отличающий по сравнению с хромированием рядом технико-экономическими преимуществами [4].

На основании изученных материалов установлено, что вопрос обеспечения наилучшей сцепляемости металлического покрытия на металлическую основу и получения стабильных результатов необходимо глубоко исследовать влияние различных факторов на качества сцепления электролитических осадков железа с основным металлом.

### Цель исследования

Изучить влияние основных технологических факторов на прочность сцепления осадков электролитического железа с основным металлом, а именно:

1. Оптимальный состав электролита и режим электрохимического травления, обеспечивающий максимальную сцепляемость осадков железа с основным металлом.
2. Способ механической обработки и чистоту исходной поверхности основного металла перед железнением.
3. Влияние химического состава и термической обработки основного металла на прочность сцепления с электролитическим железом.

### Методическая база экспериментальных работ

Экспериментальная установка для проведения исследований была создана в лаборатории кафедры «Машиностроения и материаловедения» Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности (см.рис. 3). Установка состоит из следующих основных узлов и устройств

1. Ванна железнения с рабочим объемом 20 л, изготовленная из листового фаолита. Для ведения процесса электролиза ванна оборудовалась:

а) устройством для подогрева электролита, включавшего 4 кварцевых нагревателя мощностью 2,4 квт, соединенных с магнитным пускателем через первичное реле, и контактный термометр. Предложенная схема обеспечивала термостатирование температуры электролита в пределах  $+1^{\circ}\text{C}$ ;

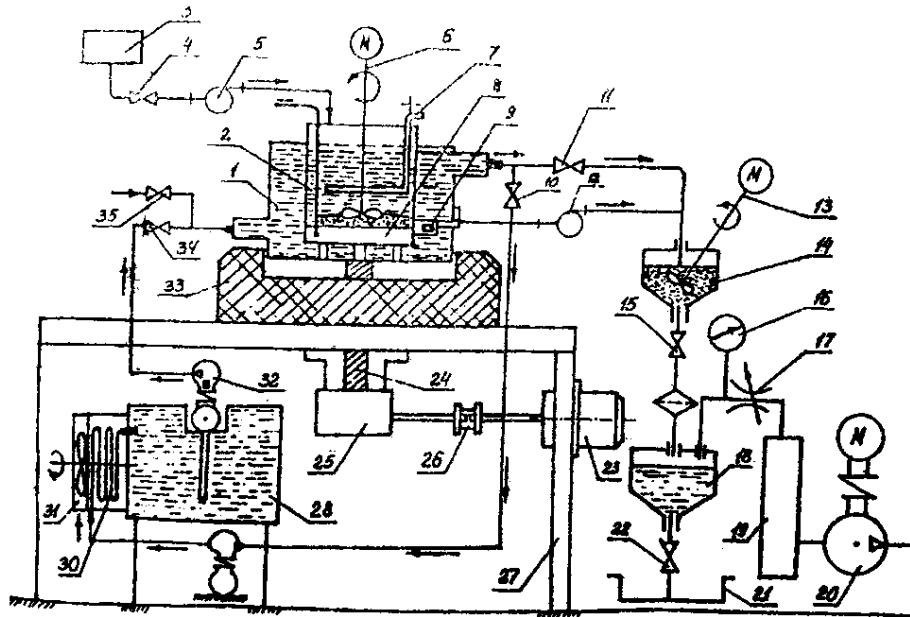


Рис. 3. Экспериментальная установка для проведения исследований.

- б) устройством питания постоянным током от низковольтного генератора.
- в) устройством для фильтрации электролита. В качестве фильтрующего материала применялась кислотостойкая стеклянная вата;
- г) устройством для поддержания постоянного уровня электролита;
- д) устройством для поддержания кислотности электролита путем добавления 2% раствора HCl;
- е) вытяжной вентиляцией бортового типа.

2. Ванна электрохимического травления объемом 10 л из листового фаолита, оборудованная бортовой вентиляцией и питанием постоянным током.

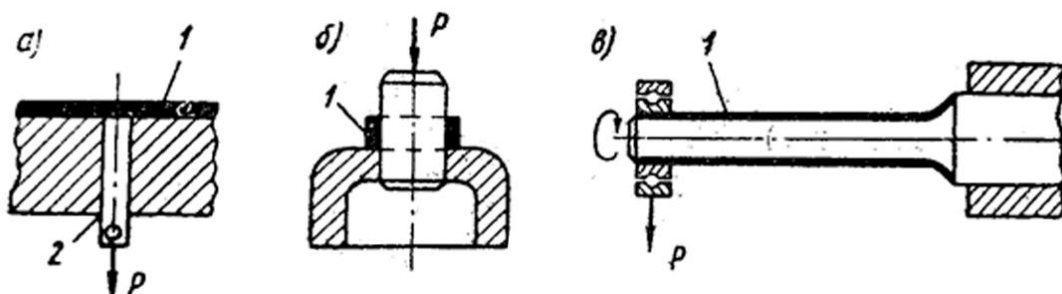
3. Ванна холодной мойки объемом 25 л с проточной водой.

4. Ванна нейтрализации объемом 3 л с 30-процентным содовым раствором.

5. Стенд для механических испытаний образцов.

При определении сцепляемости осадков железа с основным металлом применялись следующие методы механических испытаний (рис. 4), проверенные в ряде исследований:

1. Метод «отрыва штифтов» от слоя осажденного железа.
2. Метод «спрессования втулки» (на сдвиг).
3. Метод испытаний на усталостную прочность.



**Рис. 4.** Методы механических испытаний железных образцов: а-метод «отрыва штифтов»; б-метод «спрессования втулки» (на сдвиг); в-метод испытаний на усталостную прочность; 1-железное покрытие; 2-штифт

Испытания железных образцов на сдвиг («спрессование втулки») проводились на разрывной машине Р-10 и WDW-1000Е. Испытания на усталостную прочность проводились на машине УММ-10 и ИМК-30.

Осаждение электролитического железа осуществлялось в наиболее распространенном электролите следующего состава:

хлористое железо.....	380-400 г/л;
хлористый кальций.....	160-170 г/л;
хлористый марганец.....	6-8 г/л;
соляная кислота.....	1,2-1,5 г/л.

Электролиз проводился при экономически выгодном режиме: температура электролита  $T = 97 \pm 1^\circ\text{C}$ ; катодная плотность тока  $D_k = 18-20 \text{ а/дм}^2$ ; продолжительность электролиза  $T = 3,5$  часа.

Обезжиривание образцов разведенной и деталей из сталей 40, 40Х, 38Х2МЮА производилось разведенной в воде кальциево-магниевой известью при помощи волосяной щетки.

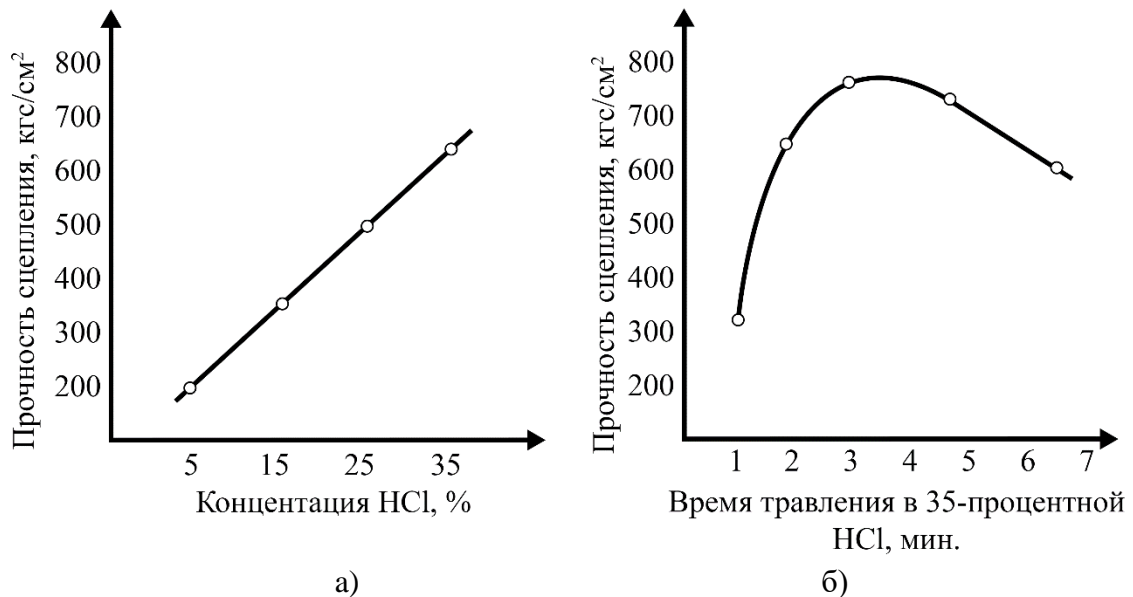
### Результаты исследования и их обсуждения

Поскольку на поверхности металла почти всегда имеются загрязнения, которые являются одной из основных причин низкой прочности сцепления электролитических осадков железа с основным металлом. По этому первоначально нами было принято технология химического взаимодействия (травления) на поверхности металла для очистки окисные, жировые и коллоидные пленки, а также адсорбированные пленки газов.

Первоначально был произведен подбор травителя, а также установлены оптимальная концентрация и продолжительность травления, обеспечивающие высокую сцепляемость железных покрытий с основным металлом.

На рис. 5 приведены результаты исследований по оценке зависимости прочности сцепления осадков железа с основным металлом от концентрации  $\text{HCl}$  и продолжительности травления.

Как видно из рис.5,а с увеличением концентрации соляной кислоте показало, что с увеличением ее концентрации сцепляемость с осадками железа возрастает.



**Рис. 5.** Зависимость прочности сцепления осадков железа с основным металлом от концентрации HCl при T=2 мин. (а) и продолжительности (б) травления

При исследовании микрошлифов образцов, травленных в HCl, на границе электролитического железа и основного металла видна «переходная зона» в виде черной прослойки (рис. 6). Наличие промежуточной прослойки между осаждаемым металлом и основой резко ослабляет силу их взаимного сцепления и является одной из основных причин отслоения электролитических железных покрытий.

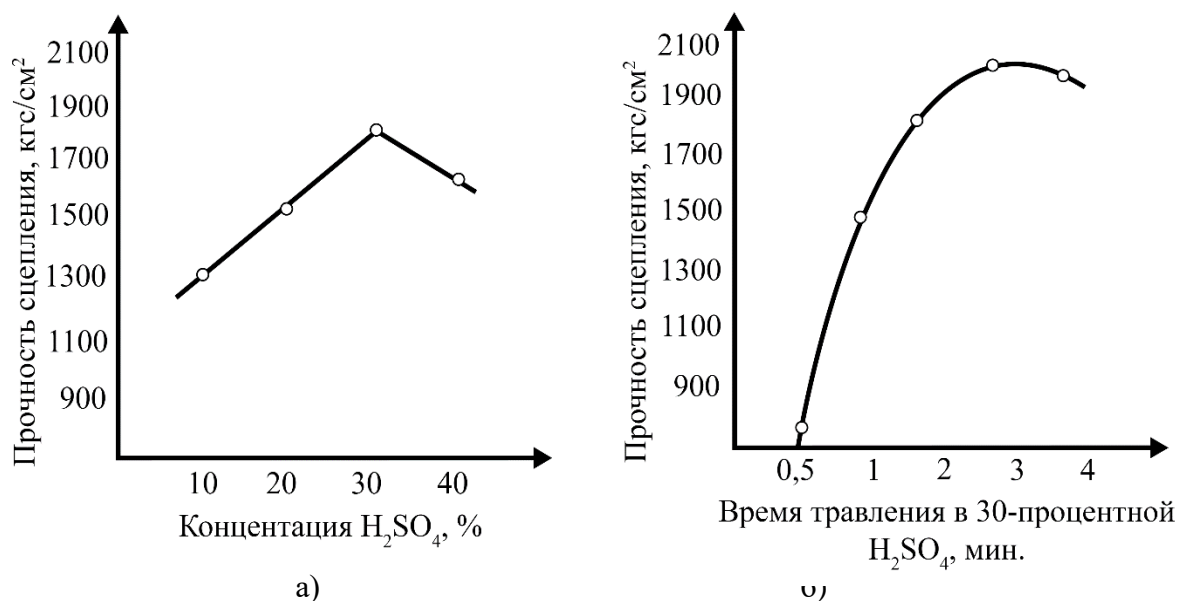


**Рис.6.** Характер «переходной зоны» между железным покрытием и основным металлом при травлении в HCl

Для сравнения химического травления исследовалось влияние концентрации серной кислоты и продолжительности травления в электролите оптимального состава на прочность сцепления с железными покрытиями. Результаты исследования представлены на рис. 7. Было установлено, что наиболее высокую прочность сцепления обеспечивает анодное травление в 30-процентном растворе серной кислоты при T= 3-4

мин. прочность сцепления основного металла с железным покрытием составляет 200-210 МПА кгс/см<sup>2</sup>.

При анодном травлении в сернокислом электролите образуется пассивная пленка, которая обладает высокими защитными свойствами и предохраняет металл от окисления на воздухе и в агрессивном электролите.



**Рис. 7.** Зависимость прочности сцепления осадков железа с основным металлом от концентрации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при  $D_a=20\text{а/дм}^2$  и  $T=2\text{мин.}$  (а) и продолжительности (б) травления.

В процессе железнения пленка растворяется, обнажая основной металл, и электролитическое железо вследствие кристаллохимического соответствия продолжает рост кристаллов основного металла. «Переходная зона» при этом способе и режимах травления отсутствует (рис. 8), что обуславливает высокую прочность сцепления.



**Рис. 8.** Характер «переходной зоны» между железным покрытием и основным металлом при травлении в 30-процентном растворе H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( $D_a=20-22\text{ а/дм}^2$  и  $T=3\text{ мин.}$ )

Прочность сцепления покрытия после отслаивания с основным металлом составляет 45-50 кгс/мм<sup>2</sup>, что не создает отслаивания покрытия даже при разрушении детали.



Для установления влияния термической обработки основного металла на сцепляемость с электролитическим железом образцы из сталей 20, 35, 45, 50, 40X подвергались закалке на мартенсит и отпуску. Исходная частота поверхности образцов - 8 класс по ГОСТ 2789-73. Электрохимическое травление осуществлялось в 30-процентном серноокислом электролите при  $D_a=20-22$  а/дм<sup>2</sup> в течение 3 мин.

Исследованиями было установлено, что при увеличении процентного содержания углерода в основном металле с 0,2 до 0,5% прочность сцепления с осадками железа падает в среднем на 36%. С увеличением содержания углерода в стали возрастает количество карбида, а истинная поверхность ферритной составляющей сплава уменьшается, что приводит к падению сцепляемости с осадками железа.

Хромированием и металлизацией. Она позволяет получить по твердости широкий диапазон покрытий от мягкого до твердого. Свойства покрытий находятся в прямой зависимости от режима электролиза, который легко легируется и контролируется.

### Выводы

В результате проведенных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. Прочность сцепления железных электролитических осадков с основным металлом является одной из важнейших характеристик, определяющих работоспособность покрытых и восстановленных железением деталей,
2. Увеличение процентного содержания углерода в основном металле снижает сцепляемость с осадками железа.
- 6 При испытаниях было установлено, что детали задвижек, восстановленные железением обладают надежной сцепляемостью железного покрытия с основным металлом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Nəbibov İ.Ə., Şamilov V.M., Hüseynova V.Ş., Şamilov F.V. Neftqazmədən avadanlıqlarının istismar göstəricilərinin yüksəldilməsində nanotexnologiyaların tətbiqinin müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri. ANT, 02, 2018, S.32-36
2. ГОСТ 13846-2003. «Арматура фонтанная и нагнетательная. Типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции». Минск: Бел ГИИС, 2009.
3. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Износостойкость затвора задвижек с уплотнением типа «металл-металл». Saarbrücken, Deutschland, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 101 с.
4. Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Триботехника. Краткий курс. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008.
5. Зенин Б.С. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий, Томск, ТПУ, 2012
6. Mustafayev S.M., Quliyev A.Ə., Qasimov S.Ə., Elektrokimyəvi metodla mis-qrafit ovuntusunun alınma texnologiyasının tədqiqi. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin xəbərləri, №4(20), Bakı-2002, səh.27-33

*The authors express gratitude to the Foundation for the Development of Science under the President of the Republic of Azerbaijan for financial support (Grant no. EIF -MQM-ETS-2020-1(35)-08\04\1-M-04*

## **INFLUENCE OF THE METHOD AND MODE OF ETCHING ON THE ADHERENCE OF IRON COATINGS TO THE BASE METAL**

**<sup>1</sup>Ibrahim Gabibov, <sup>2</sup>Agali Guliyev, <sup>3</sup>Elman Aliyev,  
<sup>4</sup>Aynur Sharifova, <sup>4</sup>Zohra Garayeva**

<sup>1</sup>Professor, Director of the design center "Engineer" ,Azerbaijan State Oil and Industry University, Doctor of technical sciences, Azerbaijan. E-mail: h.ibo@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-3393-7812>

<sup>2</sup>Dosent, department of "Materials science and processing technologies", Azerbaijan State Oil and Industry University, candidate of technical sciences, Azerbaijan.

<sup>3</sup>Assistant, department of "Materials science and processing technologies", Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: aynur.sh84@mail.ru

<sup>4</sup>Assistant, Department of Industrial Machines, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: zohra.abiyeva@asoiu.edu.az. <https://orcid.org/0000-0001-8824-623X>

### **ABSTRACT**

This paper presents the results of a study to assess the effect of the concentration of the solution and the duration of etching in the electrolyte of the optimal composition on the adhesion strength of the iron coating to the metal base.

It is established that electrochemical anode etching is the most effective. The maximum adhesion strength of iron deposits to the base is provided by anodic etching in phosphoric-sulfur electrolyte.

**Keywords:** Iron, metal base, anodic etching, couplings.



## RƏYÇİLƏR QRUPU

### Azərbaycan

**Cəmaləddin Aslanov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Kafedra müdiri "Sənaye maşınları" kafedrası. Texnika üzrə elmlər namizədi.

**Ələsgər Əliyev**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Kafedra müdiri "Mexanika" kafedrası. Texnika üzrə elmlər doktoru.

**Əli Hikmət Əhmədov**

Fakültə dekanı "Neft-mexanika" fakültəsi. Texnika üzrə elmlər namizədi.

**İbrahim Həbibov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Professor "Sənaye maşınları" kafedrası. 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 "Sənaye maşınları" kafedrası. Texnika üzrə elmlər doktoru.

**Tahir Cabbarov**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Kafedra müdiri "Materialşünaslıq və emal texnologiyaları" kafedrası.. Texnika üzrə elmlər namizədi.

**Züleyxa Eyvazova**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Dosent "Sənaye maşınları" kafedrası. Texnika üzrə elmlər namizədi.

**Əziz Əliyev**

"AZİNMAŞ" ASC (Neft Maşınqayırma İnstitutu) direktoru.

### Almaniya

**Xudaverdi Kərimov**

Direktor "IXUN Lasertechnik Gmb". Texnika üzrə elmlər doktoru.

### Türkiyə

**Şevket Levent Ergün**

Hacettepe Universiteti, Professor "Mədən Mühəndisliyi" Fakültəsi.

**Yunus Türen**

Karabük Üniversitesi, Professor. "Mühəndislik Fakültəsi" Metalurgiya və Material Mühəndisliyi, İstehsalat Metalurgiyası Şöbəsinin Müdiri.

### Rusiya

**İsgəndər Kuzeev**

Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Professor "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.

**Camaladdin Aslanov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department "Industrial Machines". PhD in Technical Sciences.

**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, Professor "Industrial Machines". Doctor of Technical Sciences.

**Maleyka Mammadova**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Professor Department "Industrial Machines". Doctor of Technical Sciences.

**Tahir Cabbarov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department "Materials science and processing technologies". PhD in Technical Sciences.

**Zuleykha Eyvazova**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Associate Professor "Industrial Machines". PhD in Technical Sciences.

**Aziz Aliyev**

"AZINMASH" OJ (Institute of Oil Mechanical Engineering) director.

### 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.

**Yunus Turen**

Karabük University, "Faculty of Engineering" Metallurgical and Materials Engineering, Head of Production Metallurgy Department.

### Russia

**Iskander Kuzeev**

Professor, Department of "Machines and devices of chemical production", Ufa State Petroleum Technical University.



## AIMS AND SCOPE

**IRETC MTÜ The Baltic Scientific Journals** publishes peer-reviewed, original research and review articles in an open access format. Accepted articles span the full extent of the social and behavioral sciences and the humanities.

ICRET MTÜ The Baltic Scientific Journals seeks to be the world's premier open access outlet for academic research. As such, unlike traditional journals, ICRET MTÜ The Baltic Scientific Journals does not limit content due to page budgets or thematic significance. Rather, ICRET MTÜ The Baltic Scientific Journals evaluates the scientific and research methods of each article for validity and accepts articles solely on the basis of the research. Likewise, by not restricting papers to a narrow discipline, ICRET MTÜ The Baltic Scientific Journals facilitates the discovery of the connections between papers, whether within or between disciplines.

ICRET MTÜ The Baltic Scientific Journals offers authors quick review and decision times; a continuous-publication format; and global distribution for their research via ICRET MTÜ The Baltic Scientific Journals Online. All articles are professionally copyedited and typeset to ensure quality.

Those who should submit to ICRET MTÜ The Baltic Scientific Journals include:

1. Authors who want their articles to receive quality reviews and efficient production, ensuring the quickest publication time.
2. Authors who want their articles to receive free, broad, and global distribution on a powerful, highly discoverable publishing platform.
3. Authors who want their articles branded and marketed by a world-leading social science publisher.
4. Authors who want or need their articles to be open access because of university or government mandates.



**NGO International Research, Education & Training Center (Estonia, Tallinn)** is publishing scientific papers of scientists on Website and in Referred Journals with subjects which are mentioned below:

© **The Baltic Scientific Journals**

ISSN: 2613-5817; E-ISSN: 2613-5825; UDC: 0 (0.034);  
DOI PREFIX: 10.36962/PIRETC  
Proceeding of The International Research Education & Training Center.  
<https://bsj.fisdd.org/index.php/piretc>

ISSN: 2674-4562, E-ISSN: 2674-4597, UDC: 620.9 (051) (0.034);  
DOI PREFIX: 10.36962/ENECO  
Proceedings of Energy Economic Research Center. ENECO  
<https://bsj.fisdd.org/index.php/eneco-peerc>

ISSN: 1609-1620, E-ISSN: 2674-5224; UDC: 62 (051) (0.034);  
DOI PREFIX: 10.36962/PAHTEI  
Proceedings of Azerbaijan High Technical Educational Institutions. PAHTEI  
<https://bsj.fisdd.org/index.php/pahtej>

ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055; UDC: 672, 673, 67.01-67.02  
DOI PREFIX: 10.36962/ETM  
ETM Equipment, Technologies, Materials  
<https://bsj.fisdd.org/index.php/etm>

ISSN: 2733-2713; E-ISSN: 2733-2721; UDC: 33  
DOI PREFIX: 10.36962/SWD  
SOCIO WORLD-SOCIAL RESEARCH & BEHAVIORAL SCIENCES  
<https://bsj.fisdd.org/index.php/swd>

E-ISSN: 2587-4713; UDC: 620.9 (051) (0.034)  
DOI PREFIX: 10.36962/ECS  
Economics  
<https://scia.website/index.php/ecs>



**Society of Azerbaijanis living in Georgia. NGO. (Georgia, Tbilisi)** is publishing scientific papers of scientists on Website and in Referred Journals with subjects which are mentioned below:

© **Southern Caucasus Scientific Journals**

ISSN: 2346-8068; E-ISSN: 2346-8181; UDC: 611-618

DOI PREFIX: 10.36962/ALISJMCS

Ambiance in Life-International Scientific Journal in Medicine of Southern Caucasus.

<https://scsj.fisdd.org/index.php/ail>

**Representation of the International Diaspora Center of Azerbaijan in Georgia. NGO (Georgia Tbilisi)** is publishing scientific papers of scientists on Website and in Referred Journals with subjects which are mentioned below:

© **Southern Caucasus Scientific Journals**

ISSN: 2298-0946, E-ISSN: 1987-6114; UDC: 3/k-144

DOI PREFIX: 10.36962/CESAJSC

The Caucasus-Economic and Social Analysis Journal of Southern Caucasus

<https://scsj.fisdd.org/index.php/CESAJSC>



Title of the Paper (14 point, Bold, Times New Roman)

**First Author's Name<sup>1</sup>, Second Author's Name<sup>2</sup>, Third Author's Name<sup>3</sup>, .....**

<sup>1</sup>Affiliation (Department, Faculty/College, Institution/University)

<sup>2,3</sup>Affiliation of other authors, if different (Department, Faculty/College, Institution/University)

Corresponding author's email:

(Affiliation<sup>1,2,3</sup> Times New Roman, 10)

Article Type: Refer to the section policy of journal for acceptable article types.

## **ABSTRACT**

(Times New Roman, 12)

The manuscript should contain an abstract within 300 words. The manuscript should have a self-contained, citation-free abstract and state briefly the purpose of the research, methodology, key results and major conclusions. Abstract should be in a single paragraph with running sentences. Do not use any subheading or point list within the abstract. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

**Keywords:** Authors are advised to write 3-5 keywords related to the article, separated by comma. These keywords will be used for indexing purpose.

## **Introduction (Times New Roman, 12)**

Mostly Papers start with introduction. It contains the brief idea of work, requirement for this research work, problem statement, and Authors contribution towards their research. Sufficient recent reference citation [1] from last 2 years should be included for showing the existing challenges and importance of current work. This section should be succinct, with no subheadings unless unavoidable [2, 3]. State the objectives of the work and provide an adequate background related to your work, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

## **Research Methodology (Times New Roman, 12)**

This part should contain sufficient detail to reproduce reported data. It can be divided into subsections if several methods are described. Methods already published should be indicated by a reference [4], only relevant modifications should be described. Methodology should be written concisely in detail by maintaining continuity of the texts.

## **Theory and Calculation (Times New Roman, 12)**

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis. Do not add extensive basic definitions or well-known theories, instead highlight theoretical background and its specific usages in view of your work only.

## **Mathematical Expressions and Symbols (Times New Roman, 12)**



Mathematical expressions and symbols should be inserted using **equation tool** of Microsoft word. References may be added for used equations to support its authenticity, e.g. this result has been analysed using Fourier series [5].

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (1)$$

**Results and Discussion (Times New Roman, 12)**

This section may each be divided by subheadings or may be combined. A combined Results and Discussion section is often appropriate. This should explore the significance of the results of the work, don't repeat them. Avoid extensive citations and discussion of published literature only, instead discuss recent literature for comparing your work to highlight novelty of the work in view of recent development and challenges in the field.

**Preparation of Figures and Tables (Times New Roman, 12)**

Authors are supposed to embed all figures and tables at appropriate place within manuscript. Figures and tables should neither be submitted in separate files nor add at the end of manuscript. Figures and Tables should be numbered properly with descriptive title. Each Figure/Table must be explained within the text by referring to corresponding figure/table number. Any unexplained or unnumbered Figure/Table may cause rejection of the paper without being reviewed.

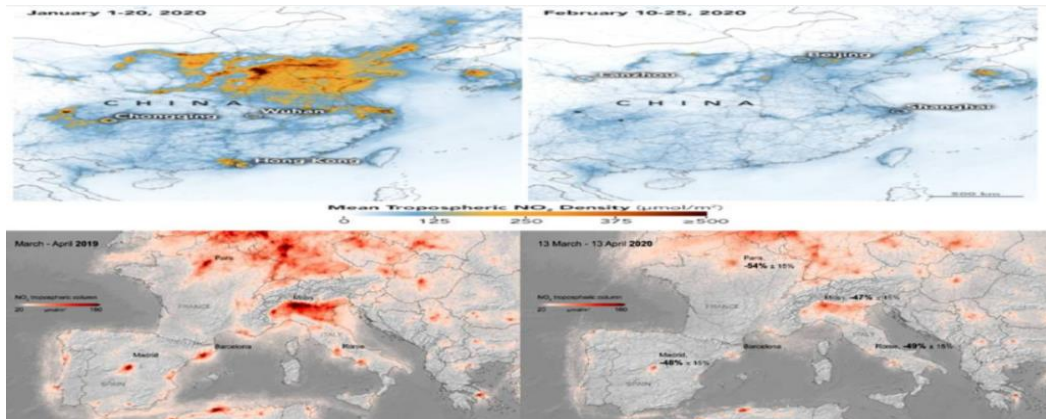
**Formatting Tables (Times New Roman, 12)**

Table should be prepare using table tool within the Microsoft word and cited consecutively in the text. Every table must have a descriptive title and if numerical measurements are given, the units should be included in the column heading. Formatting requirement has been summarized in the Table 1.

**Table 1:** Summary of formatting requirement for submitting paper in this journal. (Times New Roman, 12)

Layout	<b>Size</b>	<b>Margin (Normal)</b>	Header	Footer	
Single column	A4 (8.27" X 11.69")	Top=1" Bottom=1" Left=1" Right=1"	Do not add anything in the header	So not add anything in the footer	
Font	<b>Article Title</b>	<b>Headings</b>	<b>Subheadings</b>	<b>Reference list</b>	<b>Text</b>
	Times New Roman, 16 pt, Bold, centred	Times New Roman, 11 pt, Bold, Left aligned	Times New Roman, 10 pt, Bold, Left aligned	Times New Roman, 8 pt, Justified	Garamond, 11 pt, Justified
Line Spacing	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Page number	We will format and assign page numbers				

(Times New Roman, 10)



**Figure 1:** Logo of the AIJR Publisher (Times New Roman, 12)

### Formatting Figures (Times New Roman, 12)

All figures should be cited in the paper in a consecutive order, author may be asked to provide separate files of the figure. Figures should be used in bitmap formats (TIFF, GIF, JPEG, etc.) with 300 dpi resolution at least unless the resolution is intentionally set to a lower level for scientific reasons. If a bitmap image has labels, the image and labels should be embedded in separate layer. Figure 1 shows the logo of AIJR Publisher.

### Conclusions (Times New Roman, 12)

Each manuscript should contain a conclusion section within 250-450 words which may contain the major outcome of the work, highlighting its importance, limitation, relevance, application and recommendation. Conclusion should be written in continuous manner with running sentences which normally includes main outcome of the research work, its application, limitation and recommendation. Do not use any subheading, citation, references to other part of the manuscript, or point list within the conclusion.

### Declarations (Times New Roman, 12)

### Study Limitations (Times New Roman, 12)

Provide all possible limitation faced in the study which might significantly affect research outcome, If not applicable write, none.

### Acknowledgements (Times New Roman, 12)

All acknowledgments (if any) should be included in a separate section before the references and may include list of peoples who contributed to the work in the manuscript but not listed in the author list.

### Funding source (Times New Roman, 12)

Provide funding source, supporting grants with grant number. The name of funding agencies should be written in full, if no funding source exist, write, none.

**Competing Interests (Times New Roman, 12)**

Declare any potential conflict of interest exist in this publication.

**Human and Animal Related Study (Times New Roman, 12)**

If the work involves the use of human/animal subjects, each manuscript should contain the following subheadings under the declarations section-

**Ethical Approval (Times New Roman, 12)**

Provide ethical approval authority name with the reference number. If ethical approval is not required, provide an ethical exemption letter of not required. The author should send scan copy (in pdf) of the ethical approval/exemption letter obtained from IRB/ethical committee or institutional head.

**Informed Consent (Times New Roman, 12)**

Write a statement of informed consent taken from the participants to publish this research work. The editor may ask to upload scan copy if required.

**References (Times New Roman, 12)**

Author(s) are responsible for ensuring that the information in each reference is complete and accurate. **Do not use grey literature (unauthentic website, news portal, social media, Wikipedia etc) as reference, only scholarly literature (Journal, online books, proceedings, patents, authentic websites with permanent archival policy) are acceptable references.** Author should include sufficient recent (last 2 years) references in the article. All references must be numbered consecutively and citations of references in the text should be identified using numbers in square brackets (e.g., “as explained by AIJR [1]”; “as discussed in many reports [2]-[6]”). All references should be cited within the text correctly; do not add only list of references without citation within the text. All cited references should be listed after declarations section in the following style-

1. W. S. Author, “Title of paper,” Name of Journal in italic, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abbrev. Month, year. <https://doi.org/10.21467/ajgr>
2. Bahishti, “Peer Review; Critical Process of a Scholarly Publication”, J. Mod. Mater., vol. 2, no. 1, pp. 1.1-1.2, Oct. 2016. <https://doi.org/10.21467/jmm.2.1.1.1-1.2>
3. Bahishti, “A New Multidisciplinary Journal; International Annals of Science”, Int. Ann. Sci., vol. 1, no. 1, pp. 1.1-1.2, Feb. 2017. <https://journals.aijr.in/index.php/ias/article/view/163>
4. W. S. Author, “Title of paper,” Name of Journal in italic, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abbrev. Month, year. Access online on 20 March 2018 at <https://www.aijr.in/journal-list/advanced-journal-graduate-research/>
5. W. S. Author, “Title of paper,” Name of Journal in italic, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abbrev. Month, year. Access online on 5 March 2018 at <https://www.aijr.in/about/publication-ethics/>
6. M. Ahmad, “Importance of Modeling and Simulation of Materials in Research”, J. Mod. Sim. Mater., vol. 1, no. 1, pp. 1-2, Jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.21467/jmsm.1.1.1-2>



Main features of citation style are given as-

- The author name format is, "first name (Initial), middle name (Initial) and last name". This differs from other styles where author's last name is first.
- The title of an article (or chapter, conference paper, patent, etc.) is in quotation marks.
- The title of the book or journal is in italics.
- Online link of the original paper. If any reference is not available online, it should be modified with available online reference

### **Название статьи (14 пунктов, полужирный шрифт, Times New Roman)**

**Имя первого автора<sup>1</sup>, Имя второго автора<sup>2</sup>, Имя третьего автора<sup>3</sup>, .....**

**(Times New Roman, 12)**

<sup>1</sup>Принадлежность (кафедра, факультет/колледж, институт/университет)

<sup>2,3</sup>Аффилиация других авторов, если отличается (кафедра, факультет/колледж, институт/университет)

Электронная почта ответственного автора:

**(Times New Roman, 10)**

Тип статьи: Информацию о допустимых типах статей см. в политике раздела журнала.

### **АННОТАЦИЯ (Times New Roman, 12)**

Рукопись должна содержать аннотацию в пределах 300 слов. Рукопись должна иметь самодостаточный реферат без цитирования и кратко излагать цель исследования, методологию, основные результаты и основные выводы. Аннотация должна быть в одном абзаце с предложениями. Не используйте подзаголовки или список точек в аннотации. Кроме того, следует избегать нестандартных или необычных сокращений, но, если они необходимы, они должны быть определены при их первом упоминании в самом реферате.

Ключевые слова: Авторам рекомендуется указывать 3-5 ключевых слов, относящихся к статье, через запятую. Эти ключевые слова будут использоваться для целей индексации.

### **Məqalənin adı (14 punkt, Qalın, Times New Roman)**

**Birinci Müəllifin Adı<sup>1</sup>, İkinci Müəllifin Adı<sup>2</sup>, Üçüncü Müəllifin Adı<sup>3</sup>, (Times New Roman, 12)**

<sup>1</sup>Afiliyasiya (Departament, Fakültə/Kollec, Müəssisə/Universitet)

<sup>2, 3</sup>Əgər fərqlidirsə, digər müəlliflərin məsubiyyəti (Departament, Fakültə/Kollec, Müəssisə/Universitet)

Savabdeh müəllifin e-poçtu:

**(Times New Roman, 10)**

Məqalə növü: Məqbul məqalə növləri üçün jurnalın bölmə siyasətinə baxın.

**XÜLASƏ** (Times New Roman, 12)

Əlyazmada 300 sözdən ibarət abstrakt olmalıdır. Əlyazma öz məzmunlu, sitatsız bir referat olmalıdır və tədqiqatın məqsədini, metodologiyasını, əsas nəticələrini və əsas alınmış nəticələri qısa şəkildə ifadə etməlidir. Xülasə davam edən cümlələrlə bir paragrafda olmalıdır. Xülasədə heç bir alt başlıq və ya nöqtələr siyahısından istifadə etməyin. Bundan əlavə, qeyri-standart və ya qeyri-adi abbreviaturalardan qaçmaq lazımdır, onlara ehtiyac olduqda, onlar xülasədə qeyd edilməklə yerləri təyin olunmalıdır.

**Açar sözlər:** Müəlliflərə məqaləyə aid 3-5 açar sözü vergüllə ayıraraq yazmaları tövsiyə olunur. Bu açar sözlər indeksləşdirmə məqsədilə istifadə olunacaq.

## Complete Detail of Each Author

Provide complete detail of each author in the following format as well as add each author with complete detail during online submission (step 3) in the same order as appears in the manuscript.

First Author's Full Name: (Times New Roman, 12)

Highest Qualification:

Department:

Post/Rank (If a student, provide course name and course year):

Affiliation (College/University/Institute) with postal address:

email id:

ORCID:

Mobile:

Second Author's Full Name: (Times New Roman, 12)

Highest Qualification:

Department:

Post/Rank (If a student, provide course name and course year):

Affiliation (College/University/Institute) with postal address:

email id:

ORCID:

Mobile:

Third Author's Full Name: (Times New Roman, 12)

Highest Qualification:

Department:

Post/Rank (If a student, provide course name and course year):

Affiliation (College/University/Institute) with postal address:

email id:

ORCID:

Mobile:



## JOURNAL INDEXING



© THE BALTIC SCIENTIFIC JOURNALS

ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055, DOI: 10.36962/ETM UDC: 62-44

©**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:** <https://bsj.fisdd.org/>

**E-mail:** 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 12 ISSUE 04 2022

CİLD 12 BURAXILIŞ 04 2022



Platform &  
workflow by  
**OJS/PKP**

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

<https://bsj.fisdd.org/index.php/etm>