

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

# EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS

AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERIALLAR

VOLUME 19 (06) ISSUE 01 2024

CİLD 19 (06) BURAXILIŞ 01 2024



<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

VOLUME 19 (06) ISSUE 01 2024

CİLD 19 (06) BURAXILIŞ 01 2024

CROSSREF

FREESIA ISDSJ

DISSEMINATION SCORES 2023 – 4.77

QUALITY FACTOR 2023 – 1.3

SCOPUS IF – 1.5 (2023)

AZERBAIJAN BAKU 2024



ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055

**ETM**

REFERRED & REVIEWED JOURNAL

VOLUME 19 (06) ISSUE 01 2024

Publisher Management Board Member: Ibrahim Habibov.  
Publisher Technical & Reviewer Team Member: Zuleykha Eyvazova.  
Publisher Technical & Reviewer Team Member: Zohra Garayeva.

Nəşriyyatın İdarə Heyətinin Üzvü: İbrahim Həbibov.  
Nəşriyyatın Texniki və Resəzənt Qrupun Üzvü: Züleyxa Eyvazova.  
Nəşriyyatın Texniki və Resəzənt Qrupun Üzvü: Zöhrə Qarayeva.

©Publisher: Azerbaijan State Oil and Industry University. I/C 1400196861 (Azerbaijan).  
Acting rector: Vazeh Asgarov. Doctor of Technical Sciences. Professor.  
Registered address: 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ1010.  
©Editorial office: 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ1010.  
©Typography: Azerbaijan State Oil and Industry University I/C 1400196861 (Azerbaijan).  
Registered address: 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ 1010.

©Nəşriyyat: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. VÖEN 1400196861 (Azərbaycan).  
RVIE: Vazeh Əsgərov. Texnika Elmləri Doktoru. Professor.  
Qeydiyyat ünvanı: Azadliq prospekti, 20. Bakı Azərbaycan, AZ1010.  
©Redaksiya: Azadliq prospekti, 20. Bakı Azərbaycan, AZ1010.  
©Mətbəə: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti VÖEN 1400196861 (Azərbaycan).  
Qeydiyyat Ünvanı: Azadliq prospekti, 20. Bakı Azərbaycan, AZ1010.

©Publisher: ICRET. MTÜ (Estonia, Tallinn), R/C 80550594.  
Director and Founder: Seyfulla İsayev (Azerbaijan).  
Deputy and Founder: Namiq İsayev. PhD in Business Administration. (Azerbaijan).  
©Editorial office / Redaksiya: Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Narva mnt 5, 10117  
Telephones / Telefonlar:; +994 55 241 70 12 (Whatsapp); +994 55 280 70 12 +994 51 864 88 94.  
Website/Veb səhifə: <https://bsj.fisdd.org/>; <https://bsj.fisdd.org/index.php/etm>  
E-mail: sc.mediagroup2017@gmail.com  
©Nəşriyyat: MTÜ Beynəlxalq Tədqiqat, Təhsil & Təlim Mərkəzi. Q/N 80550594.  
Direktor və Təsisçi: Seyfulla İsayev (Azərbaycan).  
Direktorun müavini və Təsisçi: Namiq İsayev. PhD. Biznesin İdarə Olunması. (Azərbaycan).

ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055, UDC: 62 (051) (0.034)  
EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS

Accepted for publication in this edition 25.02.2024



© LLC ASOİU, © MTÜ IRETC. 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 journal is published and is shared in soft copy only. Publishing the journal in hard copy is prohibited. 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 was published and issued by The Southern Caucasus Media.

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

## TABLE OF CONTENTS

<b>Zenfira Huseynli, Naiba Muradova</b> IMPROVING THE PERFORMANCE INDICATOR OF CENTRIFUGAL PUMPS .....	05
<b>Elmira Huseynova, Ulkar Shiraliyeva, Saida Nadjafova, Nurana Mardanova, Ziba Baghirova</b> ANTICORROSION PROTECTION OF PIPELINES AND KEY TRENDS IN THIS FIELD .....	15
<b>Rafail Mehdiyev, Alekber Mehdiyev, Vurgun Gakhramanov</b> DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION DURING OIL TRANSPORTATION .....	23
<b>Zuleikha Eyvazova, Andrey Luzhanski</b> RESEARCH ON IMPROVING THE GATE VALVE OF THE DRILLING MANIFOLD .....	43
<b>Natig Abbasov, Serdar Sabirli</b> IMPROVING THE RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY OF GAS AIR COOLING DEVICES BY USING A REPAIR AND RECOVERY COMPOUND .....	52
<b>Əmir Mustafayev, Məsumə Əhmədova</b> DƏYİŞƏN YÜKLƏRİN TƏSİRİ ALTINDA QAZMA QURĞULARININ RİYAZİ TƏDQIQI .....	59
<b>Nazim İbrahimov, Qənizadə İsmayıl</b> QASNAĞIN MATERIALI VƏ MEXANİKİ XARAKTERİKTİKASI .....	70
<b>Sevda Əliyeva, Bəhmən Əliyev</b> AZINMAŞ-BF-80 AQRƏQATININ SÜRƏTLƏR QUTULARININ ƏSAS PARAMETRLƏRİ VƏ SXEMLƏRİNİN NALİZİ .....	79
<b>Natig Abbasov, Fatima Jafarli</b> PREDICTING THE FLARE TEMPERATURE OF BINARY FUEL .....	87
<b>Əmir Mustafayev, Elmir Əhmədyanov</b> DİŞLİ ÇARX ÖTÜRMƏLƏRİNDƏ YEYİLMƏNİN İNKİŞAF MƏRHƏLƏLƏRİNİ TƏYİN EDƏN ALQORİTM .....	101
<b>Natig Abbasov, Araz Mesimov</b> MODELING AND OPTIMIZATION OF THE PROCESS HYDROTREATING OF DIESEL FUEL .....	112
<b>Fariz Qafarov, Məhluqə Rəhimova, Vəfa Paşayeva, Adil Cümşüdlü</b> KORROZİYA MÜHİTİNİN YÜKQALDIRICI MAŞIN LARIN ELEMENTLƏRİNİN TSİKLİK MÖHKƏMLİYİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI .....	117
<b>Nazim İbrahimov, Rauf Məmmədli</b> YÜKSƏK TEZLİKLİ CƏRƏYANIN TƏTBİQİ İLƏ DİŞLİ ÇARXLARIN MÖHKƏMLİYİNİN ARTIRILMA ŞƏRTLƏRİNİN TƏDQIQI .....	123
<b>Malik Abdullayev, Samirə Mansurova, Səbuhi Qurbanlı, Kənan Babayev, Məhəmməd İsmayilov</b> LAYIN QUYUDİBİ ZONASINA TƏSİR ÜSULLARININ SƏMƏRƏLİLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ...	130
<b>Salmanova Nazila, İsmayilov Farhad, Huseynova Elmira, Shiraliyeva Ulkar Shiraliyeva</b> THE IMPACT OF SOIL POLLUTION BY OIL ON THE CONTENT OF HUMIC SUBSTANCES .....	138



<b>Məhəmməd Şirinov , Zəhra Əzizova</b> İDARƏ OLUNAN ROTOR SİSTEMLƏRİ (İRS) TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQ PERSPEKTİVLƏRİ .	145
<b>Maleyka Mammadova, Elshan Aliyev</b> RHEOLOGICAL FEATURES OF LIQUID IN MICROCRACKED CHANNELS WITH THE “MICROCRACK-LIQUID” EFFECT DISPLAYED .....	154
<b>Əmir Mustafayev, Murad Əlizadə</b> SIXILMA DEFORMASIYASINA MƏRUZ QALAN BÖYÜK ELASTİKLİ TERMOELASTİK TƏRKİBLİ İNTERMETAL ƏRİNTİLİ MONOKRİSTALLARDA YÜKSƏK TEMPERATURLARIN YARANMA XÜSUSİYYƏTLƏRİ .....	163
<b>Azer Gasimli, Elshan Aliyev</b> WELL TO INCREASE SLUDGE OIL PRODUCTION ABOUT THE APPLICATION OF WAVE TECHNOLOGY THROUGH THE SYSTEM .....	171
<b>Саида Мусави, Лала Алиева</b> ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПЕРСПЕКТИВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....	177
<b>Нурлан Нурмаммедов</b> ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УСТЬЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ШТАНГОВОГО НАСОСА .....	187

## IMPROVING THE PERFORMANCE INDICATOR OF CENTRIFUGAL PUMPS

Zenfira Huseynli<sup>1</sup>, Naiba Muradova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Associate professor, Doctor of Philosophy in Technology, Azerbaijan State Oil and Industry University.

Email: huseynli\_z@rambler.ru

<sup>2</sup>Master, Faculty of Oil Mechanical Engineering, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.

E-mail: naibemuradova53@gmail.com

### ABSTRACT

This article is devoted to the research and development of methods to improve the performance of centrifugal pumps. Centrifugal pumps are key elements in various industrial and technical systems, ensuring efficient transportation of liquids. This article reviews the operation of centrifugal pumps, shows the scheme of the pumping part of the centrifugal type equipment, the scheme of the cantilever type centrifugal pump and describes their main components. Further, the factors affecting pump performance, including fluid viscosity and operating conditions, are analyzed, and methods for improving performance are described in detail, including design optimization, the use of new materials and modern technologies, as well as speed control and monitoring of pump condition. The advantages and disadvantages of centrifugal pumps are noted, the concept of what the operation of this equipment is based on is given, and the fields of application of centrifugal pumps are considered. In order to improve the operation of pumps, the article includes a table showing the existing problems in the operation of the pumps described by the author, the correction of which will lead to positive results, namely, an increase in quantitative and qualitative performance indicators. Further, in the article, a color diagram is shown, which shows the share distribution, that is, the percentage of damage to the structural elements of centrifugal pumps. To improve the reliability and efficiency of operation of centrifugal pumps, the article discusses in detail two ways to solve this task. The first way to solve the problem is the development and manufacture of new, namely more advanced pumps in design, which most often requires significant financial costs, and the second way was noted the modernization of already functioning equipment, which allows you to reduce your own costs and thereby ensure the implementation of energy saving programs. Based on the analysis and the examples considered, it is concluded that an increase in the performance of centrifugal pumps can lead to a significant improvement in efficiency and cost reduction.

**Keywords:** centrifugal pump, productivity, performance indicators, optimization, materials, control.

### Introduction.

A centrifugal pump is a pump in which the movement of a liquid and the necessary pressure are created due to the centrifugal force that occurs when the impeller blades act on the liquid. Their role in ensuring uninterrupted technological processes, cooling systems and liquid pumping simply cannot be overestimated. The efficiency and reliability of centrifugal pumps are critical for productivity and economic efficiency.

However, in the face of constantly changing technical requirements and growing environmental expectations, there is a constant need to improve centrifugal pumps. Increasing operational



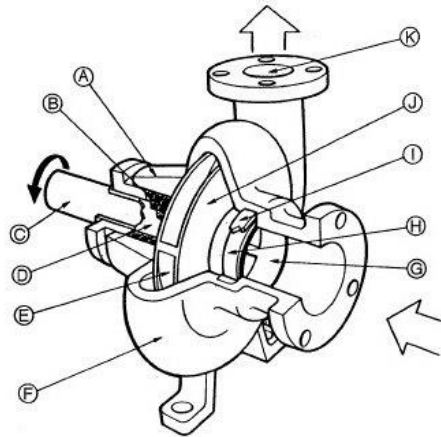


performance, such as efficiency, reliability, and service life, is becoming a key challenge for engineers and businesses in all industries.

The purpose of this article is to explore various aspects of improving the performance of centrifugal pumps. We will start with an overview of the basic principles of centrifugal pumps and their role in various fields. Next, we will look at the factors that affect performance and how to improve it, including design optimization, the use of new materials and technologies, as well as monitoring and maintenance measures.

### The main part

The centrifugal pump belongs to the group of vane equipment, since the liquid is pumped under the influence of centrifugal forces. They are created by rotating the pump blades. Most often, the devices are made of cast iron, but there are models made of aluminum or other materials. The centrifugal pumps are running quietly. Depending on the type of liquid to be pumped, the material of the working chamber, impeller and mechanical seal also depends. Manufacturers focus on materials that are able to resist chemicals. The materials from which the pump is made determine not only the durability of the device, but also the efficiency of its operation. As centrifugal pumps are rapidly gaining popularity, the range of materials used for their manufacture has expanded. Durable metals with a high level of corrosion resistance remain a priority for manufacturers. However, in the design of centrifugal pumps, parts such as thermoplastics for seals may occur.

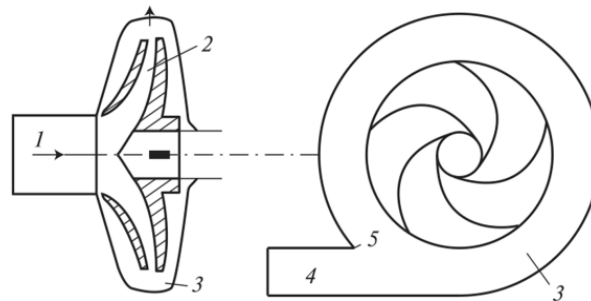


**Figure 1:** The device of the pumping part of the centrifugal type equipment: A - oil seal; B - stuffing; C - shaft; D - shaft sleeve; E - blade; F - body; G - the receiving space of the paddle wheel; H - impeller; I - o-ring; J - impeller; K - exhaust pipe.

The production of this pump commenced in the 19th century, and the operational principle of the centrifugal pump has endured unchanged for centuries, underscoring its enduring popularity among buyers. Each year, its design has undergone slight modifications, continually enhancing its sophistication. Centrifugal pumps may feature either a single impeller or multiple impellers, earning them the designation of multistage centrifugal pumps. The latter, renowned for superior performance at equivalent engine power, owes its popularity to a more advanced and versatile structure.

Examining the centrifugal pump's components, the following elements stand out in its construction:

- The electric motor serves as the driving force in the centrifugal pump. The section housing the drive motor is meticulously sealed, a crucial measure to shield the power unit from contact with the pumped liquid medium.
- The pump shaft transmits rotational motion from the electric motor to the impeller.
- An essential component, the impeller, is integral to the centrifugal pump's design. The outer cylindrical surface of the impeller features blades that propel the liquid medium through the device's inner chamber.
- Bearing units facilitate the smooth rotation of the shaft, which carries the impeller.
- Sealing elements act as protective barriers, preventing the pumped fluid medium from coming into contact with the internal parts of the hydraulic machine.
- Regularly molded like a snail, the pump body is prepared with two spouts – suction and weight.



**Figure 2:** Diagram of a cantilever type centrifugal pump: 1 - supply; 2 - impeller; 3 -withdrawal; 4 - diffuser; 5 - clap

The operation of centrifugal pumps (see figure 2) is based on the conversion of the energy of a moving flow, turning it into both kinetic energy and potential pressure energy. These centrifugal pumps improve the process of suction and pumping out liquids thanks to the centrifugal force that causes the blades to rotate inside the volute casing of the pump.

The impeller blades establish channels for liquid passage. Before turning on the centrifugal pump, its cavity is filled with the pumped liquid. The pressure that a single stage pump can reach can be up to 50 meters. Consequently, to achieve high pressure on one shaft, several pumps are used or, more precisely, impellers are installed in series within a single housing. The pressure of a multistage pump directly depends on the number of impellers, usually their number does not exceed five. Centrifugal pumps are widely favored in diverse industries and applications due to several advantages. One primary benefit lies in their capability to efficiently disperse and move liquids with minimal noise. Additionally, their versatility is evident in the various versions available, allowing adaptation to different conditions and liquids. The straightforward and dependable design of centrifugal pumps contributes to low maintenance costs and an extended service life [2].

However, it is essential to consider certain drawbacks when selecting and utilizing centrifugal pumps. Notably, their elevated cost and substantial weight can pose challenges in specific



applications. Limited resistance to pollutant together with particles is another drawback, potentially at the bottom of harm to the rotor and other components of the pump. Regular servicing and replacement of wear elements are necessary, incurring additional financial and time expenditures [1].

The centrifugal pumps find application across various functions in thermal power plants, including:

1. Supplying condensate to the system and regenerative heating feed water.
2. Powering boilers for steam generation.
3. Providing circulating water to turbine condensers.
4. Supplying mains water in heating systems.

Moreover, they are utilized in pipelines and systems for transporting water and oil over long distances. It's noteworthy that all public water supply systems rely on the deployment of centrifugal pumps.

Adherence to operational regulations and maintenance practices is crucial during the operation of pumping units. Prior to initiating the pump, it is essential to verify the closure of the valve on the pressure line and ensure the pump is adequately filled with water. Before activating the electric motor, conduct checks on the oil level in the bearings, open the filling valve, suction valve, and pressure gauge valve, and subsequently start the engine.

A study conducted by the Finnish Research Center in 1996, titled "Expert Systems for the Diagnosis and Operation of Centrifugal Pumps," revealed that the average pumping efficiency of 1,690 pumps across 20 different enterprises, spanning various market segments, was below 40%. Remarkably, 10% of the examined pumps operated at an efficiency level of less than 10%. As a consequence of this investigation, it became evident that there was substantial room for improvement in pump efficiency.

**Table 1.** Possible problems in the operation of centrifugal pumps and ways to eliminate them.

What are the problems	Possible causes of problems	What needs to be done to troubleshoot
<b>1. Refusal to work after start-up</b>	1) Leakiness of the suction line.	Eliminate leaks in the suction line
	2) The presence of air in the pump housing.	Repeat the filling
	3) Corking of the hydraulic gland tube.	Inspect and clean the tubes
<b>2. Reduced productivity during operation</b>	1) Reducing the number of revolutions.	Check the engine
	2) Air seepage into the suction lineage or into the pump housing through the gland.	Check the pipeline, tighten or change the stuffing box
	3) Increased resistance in the pressure pipeline	Check all valves and possible pipeline blockages
	4) Increase the suction height	Check with a vacuum gauge; inspect the suction pipeline
	5) Clogging of the impeller	Inspect and clean the wheel
<b>3. Engine overload</b>	1) The number of revolutions is higher than the calculated one	Check the engine
	2) The pump capacity is higher than	Close the valve on the pressure

	the permissible one, the pressure is less than the calculated one	pipeline
	3) Mechanical damage to the engine or pump	Check the engine and pump

Upon the pump's delivery to its designated location, it is imperative to exercise caution and conduct a thorough inspection to ensure compliance with the order and the absence of any damage. In instances where the pump has been stored for less than six months, it suffices to store it in a clean, dry room, free from the risk of contamination, overheating, and vibration to maintain optimal condition. However, if the storage period exceeds six months, adherence to the same guidelines is recommended. Additionally, it is advisable to manually rotate the shaft at least once every three months to prevent the formation of dents on the bearing surfaces, as outlined in the manual [6].

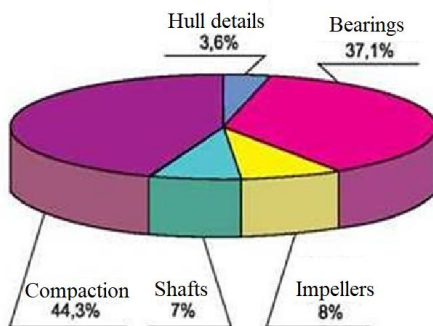
**Improving the reliability of operation of centrifugal pumps.**

Addressing the challenge of enhancing the reliability and efficiency of centrifugal pumps necessitates consideration at both the development and production stages, as well as during operation. Two primary approaches to resolving this issue are identified: the development and production of new, more advanced pumps, or the modernization of existing operational equipment. Opting for the first approach often entails substantial financial investments to yield results, with profitability contingent on factors such as production scale, duration, operational features, market competition, and the constraint of limiting price increases despite improved efficiency or reliability.

The second approach, involving the modernization of pumps, allows for a relatively swift and cost-effective implementation of measures to enhance the efficiency and reliability of pumping equipment. This modernization is particularly attractive to operational organizations, offering a means to reduce their own costs and facilitate the realization of energy-saving programs.

When designing centrifugal pumps, significant emphasis is placed on sealing the pump's working components. During operation, the contact surfaces of the seals experience wear, leading to a notable deterioration in the pump's key parameters, including efficiency, pressure, and reliability.

To bolster the reliability and efficiency of pump operation, a comprehensive modernization of the centrifugal pump's design elements is imperative. Damage primarily affects almost all the principal elements of pumping units, with issues such as damage to the housing, bearings, impellers, shaft, and seals categorized into distinct groups.



**Figure 3:** Chart of damage distribution by pump elements.

Figure 3 illustrates a diagram depicting the distribution of damage among the pump design elements. The personnel of the thermal power plant play a crucial role in eliminating the causes of these damages, with a primary goal of reducing the accident rate of pumping equipment and enhancing its operational reliability.

To make informed decisions during operation, it is essential to assess the operability of the pump unit. The pump's condition at any given time is defined by an available resource, ensuring reliable failure-free operation of the pumping unit until significant repairs are required. Throughout these repairs, the main technical parameters and characteristics specified in the passport should remain within established tolerances.

The evaluation of pumping unit operability involves the creation of physical and mathematical models describing processes occurring in the flow part and the primary nodes of the pump. These models consider the mutual influence of pump parameters or a group of pumps on each other and their interaction within the specific technological cycle. The primary objective of this analysis is to identify limitations and permissible effects on the studied pump unit, along with determining the real resource, accounting for increased loads experienced during abnormal operating conditions [5].

In his study titled "Enhancing the Efficiency of Centrifugal Pumps through Alterations in the Hydrodynamic Interaction of the Working Flow with Flow Part Elements," Sergey Alexandrovich Chernyshev demonstrated that the key to improving the performance of centrifugal pumps lies in enhancing the hydrodynamic characteristics of the flow part. This improvement is directed at minimizing losses during the transfer of mechanical energy to the working flow. Of particular interest is the application of a modification that alters the hydrodynamic interaction between the surfaces of the flow part elements and the working flow, all without altering the pump's design.

The author suggests that such an approach is feasible through the hydrophobization of streamlined surfaces. Hydrophobization serves to reduce hydraulic losses, which have a substantial impact on centrifugal pump efficiency. A significant portion of hydraulic losses, stemming from hydraulic friction, is generated during the flow within the impeller (RC), where surfaces interact with the flow under conditions of the highest flow velocities. The hydrophobic coating provides additional protection against corrosion processes, thereby enhancing reliability during operation. Consequently, the adjustment of the hydrodynamic interaction between the flow and the flow part elements, based on hydrophobization of streamlined surfaces, ensures an improvement in the efficiency and reliability of centrifugal pump operation. This form of modernization enables operating organizations to implement energy-saving programs [3].

In his dissertation titled "Investigation of the Impact of Surface Hydrophobicity on the Performance and Specific Losses of Centrifugal Pumps," G.P. Khovanov established the technological foundation for enhancing the efficiency of centrifugal pumps through the hydrophobization of flow element surfaces. The author identified a correlation between the increase in efficiency and the hydrophobization of these flow elements in centrifugal pumps.

According to Khovanov, the key to improving the reliability and efficiency of centrifugal pumps lies in enhancing the hydrodynamic qualities of the flow elements to minimize losses during the transfer of mechanical energy to the working flow. Modifications that alter the hydrodynamic interaction between the surfaces of the flow elements and the working flow, without altering the

pump's design, are of significant interest to operational organizations. This approach can be implemented by altering the properties of the functional surfaces of centrifugal pumps using structured coatings to reduce losses [4].

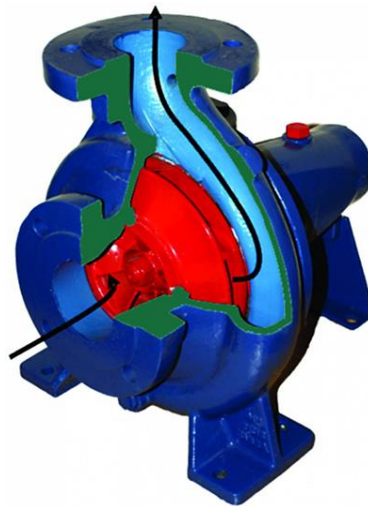
Through an analysis of the primary operational challenges, standards for manufacturing pumping units were developed. These standards aim to standardize equipment requirements and establish a common basis for reliability indicators.

### **The latest centrifugal pump in the industry.**

Today's centrifugal pumps have complex structures and are made from modern materials, including synthetic materials. The efficiency achieved by this type of pump is typically between  $\eta = 0.65$  for small pumps and  $\eta = 0.89$  for large units.

Therefore, one of the important points when choosing a pump is to consider not only the cost, but also the cost of repair and maintenance over the lifecycle of the device.

Pumps manufactured today have mechanical seals and high-strength bearings and are typically designed to require no regular maintenance and to be fully autonomous.



**Figure 4:** Centrifugal pump.

Pumps are present in almost all industrial facilities, in some they perform the main technical function, in others they perform auxiliary functions. Energy consumption is an important cost factor for companies.

All advances in pump technology are useless if you choose the wrong device. Each unit has a range of acceptable parameters within which it must operate. If work is carried out outside this range due to incorrect selection, this will not only increase energy consumption, but also reduce the time to repair. This is because operating the device at an unacceptable operating point increases vibrations, which can damage bearings and seals [7].

### **Result**



The article offers a comprehensive examination of this subject from both scientific and literary perspectives. It delves into the advantages and disadvantages of centrifugal pumps, exploring ways to enhance their operational reliability. Achieving improved performance in centrifugal pumps necessitates a holistic approach encompassing design advancements, technological upgrades, and efficient management. Committing resources to optimization efforts and staff training is crucial for ensuring the sustained and effective operation of the system over an extended period.

### **Declarations**

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### **Study Limitations**

There are no limitations that could affect the results of the study.

### **Acknowledgment**

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### **REFERENCES**

1. Aslanov C.N., Eyvazova Z.E., Bayramov F.H., Hüseyinli Z.S. Maşın, qurğu və avadanlıqların layihələndirilməsi”, ADNSU-nun mətbəəsi, 2020, 224 səh.
2. A.H. Mirzajanzade, M.A. Iskandarov, M.A. Abdullayev, R.G. Agayev, S.M. Aliyev, A.J. Amirov, A.F. Gasimov Exploitation and development of oil and gas fields, Baku 2010, p. 434-437.
3. Aliyev V.İ. “Shtanqli darinlik nasos quyularında qum tıxajlarının hundurluyunun tayini usulu”. ANT, №11, 2014, sah.16-20
4. Volkov, A. V. Povysheniye effektivnosti raboty tsentrobezhnykh nasosov, nakhodyashchikhsya v ekspluatatsii / A. V. Volkov, A. G. Parygin, G. P. Khovanov, A. V. Naumov // Novosti teplosnabzheniya. – 2010. №10. – S 122.
5. Chernyshev, Sergey Aleksandrovich Povysheniye ekspluatatsionnykh kachestv tsentrobezhnykh nasosov na osnove izmeneniya gidrodinamicheskogo vzaimodeystviya rabocheho potoka s elementami protochnoy chasti: dissertatsiya... kand. tekhn. nauk : 05.03.08 – Moskva, 2008.
6. Khovanov, G. P. Issledovaniye vliyaniya gidrofobnosti poverkhnostey elementov protochnoy chasti na ekspluatatsionnyye kachestva i otdel'nyye vidy poter' tsentrobezhnykh nasosov: dissertatsiya ... kand. tekhn. nauk: 05.04.13 / Khovanov Georgiy Petrovich. – M., 2012. – 350 s.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

**Зенфира Гусейнли<sup>1</sup>, Наиба Мурадова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, Доктор философии по технике, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности. Эл. адрес: huseynli\_z@rambler.ru

<sup>2</sup>Магистрант, Нефтемеханический факультет, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. Эл. адрес: naibemuradova53@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

Данная статья посвящена исследованию и разработке методов для повышения эксплуатационных показателей центробежных насосов. Центробежные насосы являются ключевыми элементами в различных промышленных и технических системах, обеспечивая эффективный транспорт жидкостей. В данной статье рассматривается обзор работы центробежных насосов, показана схема устройства насосной части оборудования центробежного типа, схема центробежного насоса консольного типа и описываются их основные компоненты. Далее анализируются факторы, влияющие на производительность насосов, включая вязкость жидкости и условия эксплуатации, подробно описываются методы повышения эксплуатационных показателей, включая оптимизацию дизайна, применение новых материалов и современных технологий, а также управление скоростью и мониторинг состояния насосов. Отмечены преимущества и недостатки центробежных насосов, дано понятие на чем основана работа данного оборудования, а также рассмотрены области применения насосов центробежного типа. В статью, в целях улучшения работы насосов, включена таблица, показывающая имеющиеся неполадки при работе описываемых автором насосов, исправление которых, приведёт к положительным результатам, а именно к увеличению количественных и качественных эксплуатационных показателей. Далее в статье показана цветная диаграмма, на которой видно доленое распределение, то есть процентное соотношение повреждений по элементам конструкции центробежных насосов. Для повышения надежности и эффективности эксплуатации центробежных насосов, в статье подробно рассмотрены два пути решения этой поставленной задачи. Первым путем решения проблемы является разработка и изготовление новых, а именно более совершенных по конструкции насосов, в котором чаще всего, требуются значительные финансовые затраты. Вторым путем было отмечено модернизация уже функционирующего оборудования, которое позволяет снижать собственные затраты и тем самым обеспечивать выполнение программ по энергосбережению. На основе проведенного анализа и рассмотренных примеров делается вывод о том, что повышение эксплуатационных показателей центробежных насосов может привести к существенному улучшению эффективности и снижению затрат.

**Ключевые слова:** центробежный насос, производительность, эксплуатационные показатели, оптимизация, материалы, контроль.



## MƏRKƏZDƏNQAÇMA NASOSUN İSTİSMAR GÖSTƏRİCİLƏRİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

Zenfira Hüseynli<sup>1</sup>, Наиба Мурадова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent. Email: huseynli\_z@rambler.ru

<sup>2</sup>Neft-Mexanika fakültəsi, magistrant, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: naibemuradova53@gmail.com

### XÜLASƏ

Bu məqalə mərkəzdənqaçma nasoslarının əməliyyat göstəricilərini artırmaq üçün metodların öyrənilməsinə və inkişafına həsr edilmişdir. Mərkəzdənqaçma nasosları mayelərin səmərəli nəqlini təmin edən müxtəlif sənaye və Texniki sistemlərdə əsas elementlərdir. Bu məqalədə mərkəzdənqaçma nasoslarının işinə ümumi baxış nəzərdən keçirilir, mərkəzdənqaçma tipli avadanlıqların nasos hissəsinin cihazının diaqramı, konsol tipli mərkəzdənqaçma nasosunun diaqramı göstərilir və onların əsas komponentləri təsvir olunur. Bundan əlavə, mayenin özlülüyü və iş şəraiti daxil olmaqla nasosların işinə təsir edən amillər təhlil edilir, dizaynın optimallaşdırılması, yeni materialların və müasir texnologiyaların tətbiqi, həmçinin sürətin idarə edilməsi və nasosların vəziyyətinin monitorinqi daxil olmaqla əməliyyat göstəricilərinin artırılması üsulları ətraflı təsvir olunur. Mərkəzdənqaçma nasoslarının üstünlükləri və mənfi cəhətləri qeyd edildi, bu avadanlıqların işinin nəyə əsaslandığı anlayışı verildi və mərkəzdənqaçma tipli nasosların tətbiqi sahələri də nəzərdən keçirildi. Məqalədə nasosların işini yaxşılaşdırmaq üçün müəllif tərəfindən təsvir olunan nasosların işində mövcud problemləri göstərən bir cədvəl daxil edilmişdir ki, bunların düzəldilməsi müsbət nəticələrə, yəni kəmiyyət və keyfiyyət performans göstəricilərinin artmasına səbəb olacaqdır. Məqalədə, pay bölgüsünü, yəni mərkəzdənqaçma nasoslarının dizayn elementlərinə görə zərərin faizini göstərən rəngli bir diaqram göstərilir. Mərkəzdənqaçma nasoslarının etibarlılığını və səmərəliliyini artırmaq üçün məqalədə bu problemi həll etməyin iki yolu ətraflı müzakirə olunur. Problemi həll etməyin ilk yolu, ən çox əhəmiyyətli maliyyə xərcləri tələb olunan Yeni, yəni dizaynda daha inkişaf etmiş nasosların inkişafı və istehsalıdır. İkinci yol, öz xərclərini azaltmağa və bununla da enerji qənaət proqramlarının icrasını təmin etməyə imkan verən artıq işləyən avadanlıqların modernləşdirilməsi qeyd edildi. Təhlil və nəzərdən keçirilmiş nümunələr əsasında mərkəzdənqaçma nasoslarının əməliyyat göstəricilərinin artmasının səmərəliliyin əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşmasına və xərclərin azalmasına səbəb ola biləcəyi qənaətinə gəlinir.

**Açar sözlər:** mərkəzdənqaçma nasosu, performans, performans, optimallaşdırma, materiallar, nəzarət.

### Publication history

Article received: 15.01.2024

Article accepted: 05.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-05

## ANTICORROSION PROTECTION OF PIPELINES AND KEY TRENDS IN THIS FIELD

**Elmira Huseynova<sup>1</sup>, Ulkar Shiraliyeva<sup>2</sup>, Saida Nadjafova<sup>3</sup>,  
Nurana Mardanova<sup>4</sup>, Ziba Baghirova<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Leading researcher, Science Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry", Baku Azerbaijan. Email: elmira2167elmira@gmail.com

<sup>2</sup>Scientist, Science Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry", Baku Azerbaijan. Email: ushiraliyeva@gmail.com

<sup>3</sup>Scientist, Science Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry", Baku Azerbaijan. Email: iman.1981.81@mail.ru

<sup>4</sup>Scientist, Science Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry", Baku Azerbaijan. Email: alesgerovanurana@gmail.com

<sup>5</sup>Scientist, Science Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry", Baku Azerbaijan. Email: ziba.b84@gmail.com

### ABSTRACT

This study examines the significance of protective coatings for pipelines in hydropower and thermal power plants. It covers the role of primers in establishing strong bonds and explores the use of various coatings, including bituminous, epoxy, vinyl, and chlorinated rubber coatings. Key findings include the impact of environmental factors on coating durability, the adaptability of epoxy resins, and the efficacy of vinyl coatings in marine atmospheres. The study provides valuable insights for selecting appropriate coatings based on specific conditions and requirements.

**Keywords:** Protective coatings, pipelines, hydropower, thermal power plants, epoxy coatings, vinyl coatings

The protection of metals from corrosion through coatings is based on their barrier, passivating, or protector actions. Coatings of the barrier type merely restrict the access of substances that induce electrochemical reactions on the metal surface [1]. Coatings whose action is based on the passivation of the metal surface contain chemical agents with oxidizing properties, causing inhibition of the corrosion process. Passivation of the metal surface can also be achieved through phosphating and nitriding. Organic coatings acquire passivating properties by introducing appropriate pigments or special groups into the composition of the film-forming macromolecules. Under the influence of these passivators, a phase film forms on the metal surface, physically isolating the metal from the aggressive action of the electrolyte. Thanks to this film, coatings maintain their protective properties even after losing their insulating properties.

Protector coatings either contain fillers that act towards the protected metal as anodes (e.g., zinc dust), providing "internal cathodic protection," or they act as anodes with the same effect (zinc metallization coatings and, under certain conditions, aluminum). In modern corrosion protection practices for pipelines, all these coatings are used.

In Austria, Germany, the United Kingdom, and Australia, these enamels are also applied to protect steel structures located in underwater and coastal areas, ship bottoms, the inner surfaces of pipelines in contact with seawater, pipes of treatment plants, and sewage systems. In some cases, epoxy-coal tar enamel is applied over epoxy-zinc primer or a thin layer of sprayed zinc. In the United Kingdom and the USA, epoxy coatings are widely used for the protection of drinking



water pipelines. In Italy, combined metallization-paint coatings have been successfully applied to protect the internal surface of cooling water supply pipelines in power plants. The first layer is a sprayed zinc with a thickness of 20  $\mu\text{m}$ , the second layer is a high-viscosity epoxy composition of 200  $\mu\text{m}$ , and the third layer is an epoxy lacquer of 30  $\mu\text{m}$ . [2]

In Germany and Switzerland, two-component zinc-filled epoxy paints and chlorinated rubber paints are used for the protection of pipelines in hydroelectric power plants (HEPs). They are applied over epoxy-zinc primer or lead-pigmented chlorinated rubber. The coatings have a thickness of 240-260  $\mu\text{m}$ . In Switzerland, chlorinated rubber coatings protect distribution pipelines, turbines of various systems, gates of turbine penstocks, and other metal structures of HEPs exposed to rapidly moving water. Turbine blades are coated with thixotropic chlorinated rubber paints. In the United Kingdom and Australia, pipelines operated in conditions of high humidity, in acidic and alkaline environments, are protected by chlorinated rubber coatings. They are recommended for the protection of bridges and metal structures operating in the atmosphere, in fresh and saltwater, while in the USA, they are used for steel structures located in coastal areas. Cyclo-rubber coatings are used in Germany to protect the internal surface of pipelines in HEPs and chemical equipment. Neoprene coatings are used in the United Kingdom to protect the steel linings of pressure tunnels and pipelines of HEPs and nuclear power plants. [3]

The turbine penstocks and spiral chambers of the HEP in Indonesia are protected by a coating with a thickness of 0.6-0.8 mm, consisting of 7 layers of neoprene and 3 layers of chlorosulfonated polyethylene. In Australia, vinyl coatings in combination with zinc silicate primers are used to protect the external surface of penstock pipelines (Tumut-3 HEP), steel structures of hydraulic engineering facilities, and industrial structures erected in coastal areas of the country. [4]

In Switzerland, Germany, and Sweden, vinyl coatings are applied to protect the internal surface of pipelines for conveying chemically aggressive liquids. At the Rance HEP (France), six-layer coatings based on vinyl resins were used to protect penstock pipelines and pipelines of various purposes in contact with seawater. The coatings included 1 layer of primer, 3 intermediate layers of vinyl paint containing zinc chromate, and 2 top layers - either finishing or containing copper oxide paint to combat fouling. There is information about the use of coal tar enamels (hot application) on HEPs located in areas with mild climatic conditions, such as Tasmania (Australia). [5]

Coal tar-polyurethane coatings with primers containing zinc dust or zinc chromate are used in Germany to protect metal structures of hydraulic engineering facilities, marine vessels, and chemical equipment. Coatings based on petroleum bitumen are used in the USA, Germany, and the UK to protect the internal surface of water supply system pipes. Hot asphalt mastics and enamels based on bitumen, cold-applied mastics from plasticized coal tar resins or petroleum bitumen with the addition of natural asphaltite, and coatings applied hot from microcrystalline paraffin are used in many countries to protect the external surface of pipelines for various purposes. [6]

Powder coatings made of thermoplastic and thermosetting resins, sprayed in an electric field, are gaining increasing popularity. In the USA and Germany, polyethylene is most widely used for protecting the external surface of steel pipelines. Underground pipeline sections laid in rocky soils in the USA, Italy, and the Netherlands are protected by thick-layer (3 mm) coatings of sprayed polyethylene powder. In France, England, Australia, and Germany, the internal surface of water

supply system pipelines is protected by powder coatings based on epoxy resins. [16] In the USA, a two-layer coating with a thickness of 275-400  $\mu\text{m}$ , obtained by spraying epoxy-phenolic and then epoxy compositions, is widely used for protecting the external surface of pipelines for various purposes. [7] In recent years, many new wrapping materials have appeared on the world market designed to protect the external surface of gas, oil, and water pipelines. Combined wraps, such as those made of polyethylene, polyvinyl chloride, and bituminous materials, have become widespread. [3] Gravity method lining has been done for water pipelines (Luxembourg), (Australia), and Austria, while the separate concreting method is used for lining penstock pipelines of HEPs (Canada), (Austria). [8] Cement coatings are used in many countries to protect the external surface of aboveground penstock pipelines and underground water supply system pipelines. In Japan, pipes with cement coatings are used in water supply networks for the transfer of hot water. Cement coatings in the USA, the UK, Australia, Spain, and other countries protect the internal surface of water supply system pipelines. For the same purpose, ceramic and zinc silicate paint coatings developed in Australia are used in the USA and Japan. [9]

When choosing a protective coating system, significant importance is given to the primer, the purpose of which is to ensure the adhesion of the coating to the metal surface and protect it from corrosion. The high demands on the anticorrosive properties of the primer are justified by the fact that, when using paint coatings, corrosion protection is based not only on their barrier action (although efforts are made to make the coating salts from the least water-permeable materials), but also on the action of pigments contained in the primers. Another essential requirement for the primer is high adhesion to the steel surface, which persists during prolonged contact with water. The adhesive properties of the primer depend mainly on the film-forming material. The wettability of the steel surface by the primer also plays a significant role.

Primers with anticorrosive pigments are mainly used when it is necessary to protect the surface of the pipeline before it is put into operation. Most often, primers containing iron oxide and zinc chromate are used, and in cases of less thorough surface preparation and exposure to aggressive industrial-marine atmospheres, primers containing lead oxide are used. Phosphating primers, which form a practically insoluble layer of metal phosphate and polymer material on the metal surface with a total thickness of 8-12  $\mu\text{m}$ , are widely used. Phosphating primers are applied by spraying, dipping, or brushing. Such primers enhance the adhesion of most bubbles in coatings made of zinc-containing paints.

In recent years, primers with protector action - zinc-filled systems on organic or inorganic binders - are becoming more widely used. They are capable of self-healing and maintaining protective properties with small film damage. Organic binders in zinc-filled primers include epoxy and epoxy-polyamide resins, chlorinated rubber, ethyl silicates, and inorganic binders - alkali metal silicates. If the pipeline is operated in not very harsh conditions, leaving a uniformly painted surface ahead. In recent years, another direction has emerged - the development of underwater painting methods. One of the devices used in the UK consists of a nylon brush, a device for supplying paint by airless spraying, and vibration cushions. In another device, paint application is carried out using a hollow waterproof profiled visor in the form of a rectangular trumpet, at the upper narrow end of which a nozzle with a flat nozzle and rollers regulating the thickness of the applied coating is placed. To obtain high-quality anticorrosive coatings, in-process control of the process is carried out. Portable, easy-to-maintain devices are used for conducting anticorrosive



works on construction sites. In factory serial production of pipes with anticorrosive coatings, control is carried out automatically.

The continuity of the coating is determined using ultrasonic and spark testing devices. Penetrant composition methods are used in laboratory research.

Materials for applying bitumen coatings include solutions of pitches, coal tar resins, petroleum bitumens, and various modifying additives in organic solvents, upon evaporation of which the coatings are formed. The resulting coatings are quite porous, explaining their low protective ability. They dry slowly, are prone to destruction under the influence of solar radiation (especially coal tar), and are characterized by low heat and frost resistance (at temperatures above +60 °C, they melt, and at low temperatures, they become brittle and crack). However, satisfactory water resistance, low requirements for surface preparation, availability, and low cost have determined their wide application.

In Australia, at the Tully Falls hydro plant, the internal surface of the inclined section of the pressure pipeline was coated with "Inertol" bituminous paint, while the horizontal section was coated with coal tar enamel. However, upon inspection after 6.5 years of operation, both coatings exhibited significant damage, with complete delamination in certain areas, exposing the metal to corrosion products. Coal tar enamels were also used on the pressure pipelines of the Tumut-1, Tumut-2, Murray-1, and Murray-2 hydroelectric power plants. Coatings on pipelines embedded in concrete and put into operation a few months after painting remained in satisfactory condition. In contrast, coatings on the Murray-1 and Murray-2 hydroelectric power plants, with construction lasting about 3 years, deteriorated due to abrupt temperature fluctuations. Coatings based on coal tar resins modified with polyurethanes are of interest. These coatings, applied in thicknesses ranging from 0.1 to 0.5 mm, can be single-component or two-component compositions. Single-component coal tar-polyurethane compositions cure through the interaction of isocyanates with water, allowing them to be applied to both dry and wet surfaces. Cured coatings exhibit resistance to water, diluted mineral acids, alkalis, soda, and oil, low flammability, and high resistance to abrasive wear. However, their drawback is low adhesion to metal surfaces, which is sometimes addressed by incorporating various additives into the composition. Coatings from two-component coal tar-polyurethane compositions form through the interaction of isocyanates with hydroxyl or epoxy groups. These coatings possess excellent adhesion properties, hardness, and resistance to abrasive wear. The combination of properties such as water and chemical resistance, waterproofing, elasticity, good adhesion, dielectric properties, high dynamic strength, impact viscosity, resistance to abrasive wear, atmospheric resistance, and frost resistance make them widely applicable in hydraulic and industrial construction. Vinyl coatings, containing iron oxide, after 14 years of operation, remained in good condition on dam gate structures exposed to water flow, small stones, and ice. These coatings, applied in 4-5 layers with a total thickness of 150-200  $\mu\text{m}$ , are being considered for future use in less multi-layered vinyl abrasive-resistant coatings, including thixotropic ones. Vinyl paints used as topcoats over zinc silicate primers are characterized by a high film-forming content, allowing the application of a single layer with a thickness of 125  $\mu\text{m}$  and more. However, drawbacks of vinyl coatings include their multi-layer structure, determined by the small dry residue in vinyl paints, and a high solvent content, requiring the use of powerful ventilation devices and fire prevention measures. These drawbacks are partially mitigated by using high-viscosity paints and airless application methods. Over 20 years of global experience with vinyl coatings has shown that their use does not require



significant expenses to protect structural steel. In terms of protective ability in a marine atmosphere, vinyl coatings are rated in the USA on par with epoxy-coal tar and epoxy-polyamide coatings. [10]

In corrosion protection technology, epoxy resins rank among the most well-known synthetic materials. They possess high adhesive capability, strength, water resistance, chemical resistance at elevated temperatures, and excellent electrical insulation properties. Their high versatility allows the imparting of new properties through the use of various modifying additives, hardeners, and curing regimes. Epoxy resins can be modified with polyamide and novolac resins, as well as polyurethanes, coal tar materials, petroleum bitumen, etc. Additionally, epoxy resins are technologically advanced and do not require scarce raw materials in their manufacturing. Epoxy varnishes and paints contain up to 50% solid content. A recent trend involves using more viscous compositions containing up to 90% solid content or completely solvent-free compositions.

For pipeline permeability improvement, epoxy coatings with a thickness of 37-50  $\mu\text{m}$  are applied, while for corrosion protection, thicknesses of 200-250  $\mu\text{m}$  and more are used. Two-layer epoxy coatings are employed as topcoats over zinc silicate primers for protecting coastal metal structures and in shipbuilding. Coatings made of epoxy-coal tar enamels, combining the properties of both components, are of particular interest. Epoxy resins provide high adhesion, chemical resistance, and resistance to abrasive wear, while coal tar imparts water resistance. The performance of these properties is determined by the quality and quantity of coal tar resin, epoxy resin grade, and physical state, and the amount and type of hardener, pigments, fillers, and thixotropic additives. The content of coal tar resin in the composition usually does not exceed 50-60%, but even this addition results in a significant reduction in the cost of protective coatings.

Epoxy-coal tar coatings are primarily applied using the airless spray method for both solvent-containing and solvent-free compositions. Aluminum powder is often introduced to enhance the surface's reflective ability and give it a lighter shade. These coatings are applied over epoxy or zinc-epoxy primers. The thickness of the primer layer ranges from 15-50  $\mu\text{m}$ , determined by the durability requirements of the coating. Sometimes they are applied without a primer in 2 layers, each with a thickness of 20  $\mu\text{m}$ . The most effective coatings, with a thickness of 300  $\mu\text{m}$ , are achieved by applying three layers of enamel with layer-by-layer drying over 1-3 days. Prolonged intervals between applying individual layers can deteriorate interlayer adhesion. A drawback of epoxy-coal tar coatings is their slow curing at temperatures below 10  $^{\circ}\text{C}$  (practically no curing below 4.5  $^{\circ}\text{C}$ ).

The resulting coating exhibits water and chemical resistance, resistance to abrasive wear, dynamic loads, and sharp temperature fluctuations. Despite the significant manual labor and complex joint sealing technology, it is still widely used where long-lasting and reliable protection is required.

Chlorinated rubber and cyclo rubber coatings find extensive application in Russia, England, the USA, Germany, Yugoslavia, Australia, Switzerland, and other countries. In Northern Europe and certain regions of the USA, the use of epoxy and vinyl coatings poses some difficulties due to the damp cold climate, leading to their replacement with chlorinated rubber coatings. Chlorinated rubbers dissolve well in aromatic and chlorinated hydrocarbons, and certain ketones, and can combine with various natural and synthetic resins, allowing for a wide range of variations in the properties of protective coatings. [11]

Among all organic coatings, chlorinated rubber coatings have the lowest water and gas permeability. They demonstrate resistance to inorganic and organic acid solutions, alkalis, salts,





seawater, freshwater, marine, and industrial atmospheres, as well as plant and mineral oils. Chlorinated rubber coatings are wear-resistant, possess good electrical insulation and adhesive properties, and can be used for extended periods at temperatures up to 75-100 °C and up to 60 °C in the presence of diluted acids. They can be applied at temperatures ranging from -20 °C to +50 °C, pigmented with various pigments, and produce coatings of desired colors. Chlorinated rubbers act as excellent binders in thixotropic paints and primers filled with zinc or lead dust.

With the development of the airless application method, it became possible to obtain coatings with thicknesses up to 100 µm from high-viscosity chlorinated rubber compositions. The addition of iron oxides, mica, and aluminum powder to these compositions imparts high resistance to polluted atmospheres and underwater conditions.

Chlorinated rubber coatings are non-toxic, odorless, and tasteless, making them suitable for protecting drinking water pipelines. Cyclo rubber is obtained through the catalytic isomerization of rubber. The presence of double bonds in cyclo rubber determines the mechanism of coating formation, with the primary process being oxidation by atmospheric oxygen, resulting in a reticulated structure.

In conclusion, there is a wide range of coatings suitable for protecting hydroelectric and thermal power plant pipelines. However, for a reasoned choice of coating, it is essential to know not only the working conditions of the protected structure but also the fundamental properties of anti-corrosion coatings and the methods of their application. The main trends in the development of pipeline corrosion protection technology will be discussed later. The effectiveness of a protective coating is determined not only by its chemical nature but also by the quality of surface preparation, the method of coating application, strict adherence to the technology at all stages, and careful quality control of the finished coating. Surface preparation aims to provide the greatest strength of adhesion to the coating, which should persist for an extended period (ideally, throughout the designed service life of the protected structure). Adhesion strength is influenced by the cleanliness and roughness of the surface. The greatest adhesion strength of the coating to the metal surface is achieved when polymer molecules are in direct proximity to the atoms of the metal's surface layer, creating the most favorable conditions for the action of electrical, mechanical, and chemical forces.

### **Declarations**

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### **Study Limitations**

There are no limitations that could affect the results of the study.

### **Acknowledgment**

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### **REFERENCES**

1. Farh H. M. H., Seghier M. E. A. B., Zayed T. A comprehensive review of corrosion protection and control techniques for metallic pipelines //Engineering Failure Analysis. – 2023. – Т. 143. – С. 106885.
2. Ijaola A. O., Farayibi P. K., Asmatulu E. Superhydrophobic coatings for steel pipeline protection in oil and gas industries: A comprehensive review //Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2020. – Т. 83. – С. 103544.
3. Bai H. Mechanism analysis, anti-corrosion techniques and numerical modeling of corrosion in energy industry //Oil & Gas Science and Technology–Revue d’IFP Energies nouvelles. – 2020. – Т. 75. – С. 42.
4. Solovyeva V. A., Almuhammadi K. H., Badeghaish W. O. Current Downhole Corrosion Control Solutions and Trends in the Oil and Gas Industry: A Review //Materials. – 2023. – Т. 16. – №. 5. – С. 1795.
5. Aljibori H. S., Alamiery A., Kadhum A. A. H. Advances in corrosion protection coatings: A comprehensive review //Int J Corros Scale Inhib. – 2023. – Т. 12. – С. 1476-1520.
6. Chen C. et al. Safety and security of oil and gas pipeline transportation: A systematic analysis of research trends and future needs using WoS //Journal of Cleaner Production. – 2021. – Т. 279. – С. 123583.
7. Wang X. et al. Enhanced protective coatings based on nanoparticle fullerene C60 for oil & gas pipeline corrosion mitigation //Nanomaterials. – 2019. – Т. 9. – №. 10. – С. 1476.
8. Kiselev V. G. et al. Main trends in increasing technical and economic efficiency of underground power pipelines cathodic protection //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 288. – №. 1. – С. 012098.
9. Jin H. et al. Recent advances in emerging integrated antifouling and anticorrosion coatings //Materials & Design. – 2022. – Т. 213. – С. 110307.
10. Faccini M. et al. Environmentally friendly anticorrosive polymeric coatings //Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 8. – С. 3446.
11. Zhao Z. et al. Safety evaluation of comprehensive dynamic for the external anti-corrosive system of long-distance pipeline //Proceedings of the International Petroleum and Petrochemical Technology Conference 2020. – Springer Singapore, 2021. – С. 312-326.

## **АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ И КЛЮЧЕВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ**

**Эльмира Гусейнова<sup>1</sup>, Улькяр Ширалиева<sup>2</sup>, Саида Наджафова<sup>3</sup>,  
Нурана Марданова<sup>4</sup>, Зиба Багирова<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Ведущий научный сотрудник, Научно-Исследовательский Институт "Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия" Баку, Азербайджан. Email: elmira2167elmira@gmail.com

<sup>2,5</sup>Научный сотрудник, Научно-Исследовательский Институт "Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия" Баку, Азербайджан. Email: ushiraliyeva@gmail.com ziba.b84@gmail.com

<sup>3,4</sup>Младший научный сотрудник, Научно-Исследовательский Институт "Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия" Баку, Азербайджан. E-mail: iman.1981.81@mail.ru, alesgerovanurana@gmail.com

## **РЕЗЮМЕ**



В данном исследовании рассматривается важность защитных покрытий для трубопроводов в гидро- и теплоэлектростанциях. Оно охватывает роль грунтовок в формировании прочных связей и исследует использование различных видов покрытий, включая битумные, эпоксидные, виниловые и хлорированные резиновые покрытия. В ходе исследования оцениваются их производительность, свойства адгезии и долговечность в различных условиях окружающей среды. Ключевые результаты включают влияние факторов окружающей среды на долговечность покрытий, адаптивность эпоксидных смол и эффективность виниловых покрытий в морских условиях. Исследование предоставляет ценные идеи для выбора подходящих покрытий в зависимости от конкретных условий и требований.

**Ключевые слова:** Защитные покрытия, трубопроводы, гидроэнергетика, теплоэлектростанции, грунтовки, эпоксидные покрытия, виниловые покрытия.

## BORU KƏMƏRLƏRİNİN KORROZİYAYA QARŞI QORUNMASI VƏ BU SAHƏDƏ ƏSAS TENDENSIYALAR

Elmira Hüseynova<sup>1</sup>, Ülkər Şirəliyeva<sup>2</sup>, Səidə Nəcəfova<sup>3</sup>, Nuranə Mərdanova<sup>4</sup>,  
Ziba Bağırova<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Aparıcı elmi işçi, "Neft, qaz və kimyanın geotexnoloji problemləri" Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Bakı Azərbaycan.  
Email: elmira2167elmira@gmail.com

<sup>2,5</sup>Elmi işçi, "Neft, qaz və kimyanın geotexnoloji problemləri" Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Bakı Azərbaycan  
Email: ushiraliyeva@gmail.com, ziba.b84@gmail.com

<sup>3,4</sup>Kiçik elmi işçi, "Neft, qaz və kimyanın geotexnoloji problemləri" Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Bakı Azərbaycan.  
Email: iman.1981.81@mail.ru, alesgerovanurana@gmail.com

### XÜLASƏ

Tədqiqat hidro və istilik elektrik stansiyalarında boru kəmərləri üçün qoruyucu örtüklərin əhəmiyyətini araşdırır. Güclü bağların formalaşmasında astarların rolunu əhatə edir və bitum, epoksid, vinil və xlərli rezin örtüklər də daxil olmaqla müxtəlif növ örtüklərin istifadəsini araşdırır. Tədqiqat onların performansını, yapışma xüsusiyyətlərini və müxtəlif ətraf mühit şəraitində davamlılığını qiymətləndirir. Əsas nəticələrə ətraf mühit faktorlarının örtüklərin davamlılığına, epoksi qatranların uyğunlaşmasına və dəniz şəraitində vinil örtüklərin effektivliyinə təsiri daxildir. Tədqiqat, xüsusi şərtlərə və tələblərə əsasən uyğun örtüklərin seçilməsi üçün dəyərli fikirlər təqdim edir.

**Açar sözlər:** qoruyucu örtüklər, boru kəmərləri, hidroenergetika, istilik elektrik stansiyaları, astarlar, epoksid örtüklər, vinil örtüklər.

### Publication history

Article received: 15.01.2024

Article accepted: 05.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-15

## DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION DURING OIL TRANSPORTATION

Rafail Mehdiev<sup>1</sup>, Alekber Mehdiyev<sup>2</sup>, Vurgun Gakhramanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Azerbaijan State Oil and Industry University. E-mail: rafail60mehtiyev@mail.ru

<sup>2</sup>Research institute "Geotechnological Problems of Oil, Gas and Chemistry" E-mail: mehdiyevalekber@mail.ru

<sup>3</sup>Baku Engineering University, Ph. D in Engineering, Associate Professor. E-mail: vqahremanov@beu.edu.az

### ABSTRACT

When oil and gas wells are ready for operation, when drilling is carried out at the bottom of the well to establish contact with the formation, it is considered that the degree of crushing of the rocks is proportional to the speed of application of the load. As a result of the stresses created by them, the degree of fragmentation is higher. In the article, it is proposed to take into account the quality of crushing of the necessary rock by using some empirical coefficients in the calculation formulas. The dynamics of the rock dispersion process is studied on the basis of the hydrodynamic hypothesis. Here, the solution of the system of differential equations is given based on the fundamental laws of conservation of mass, energy and momentum. Based on the strength properties of mountain rocks, broken lines are found in the continuum of the whole environment, which determines the final effect of rock crushing. However, the accepted assumptions about the incompressibility of the rock and the transfer of the explosive impulse to the immediate environment significantly reduce the practical value of the results. It should be noted that in the immediate area directly adjacent to the load, the mountain rock is under uneven volume compression. In this case, the largest tangential stresses occur mainly in planes oriented at an angle of  $45^{\circ}$  to the radial direction. Thanks to this, a system of spiral sliding lines breaks the rock into small blocks. Outside this zone, a system of radial cracks is formed as a result of the expansion of the massif. When the pressure in the gas cavity decreases and the mass moves back in the direction of the load, tangential cracks appear. The combination of the volume compression zone and the reach zone constitutes the controlled crushing area. When the compression wave reaches the bare surface, it becomes a stress wave. As this wave travels from the surface to the load, it forms a system of jump cracks. The high explosive effect of explosive gases with sufficient explosion energy causes the release of such shattered rock. Obviously, this concept is very important for the development of the theory of explosive disintegration of mountain rocks. Because there is no unequivocal relationship between the nature of the dissolution of the rock and the acoustic hardness. One of the first to clearly describe the mechanism of shock wave formation and its transformation into a more explosive and seismic wave when detonation reaches the boundary of the charge cavity. In rocks, shock waves are formed during the entire time of expansion of the gas cavity. It explains in detail the mechanism of cracking phenomena by considering the cracks as a source of multiple reflections of the stress wave.

**Keywords:** rock strength, constant material, scale effect, rocks, destruction probability, fractured, robustness theory, microcrack, mineral, experience constant, density of defects, displacement, compression.

### Introduction



Perforation is the creation of holes in the casing at the level of the productive formation to ensure inflow into the well. Perforators connected in garlands are lowered into the well using a logging cable. A charge of gunpowder and a fuse are placed in the chambers of the perforator. When current is applied through a cable from the surface, the gunpowder ignites and the bullet is pushed out of the gun barrel at high speed. During 1 descent and ascent, the hammer drill shoots 6-12 holes with bullets with a diameter of 11-11.5 mm. There are various methods for perforating and torpedoing wells.

After drilling an oil or gas well, its walls are secured with casing pipes; in the intervals of occurrence of productive (oil and gas-bearing) and aquiferous formations, the column is cemented. In this case, oil-bearing and gas-bearing formations are blocked by casing pipes and a cement ring, and the flow of fluid into such a well is impossible until conditions are created for connecting the productive formation with the well. To create the possibility of the influx of oil and gas from the formation, a number of channels (holes) are created in the casing and the surrounding cement ring against the oil-bearing (gas-bearing) formation, providing communication between the formation and the well: through these channels, oil and gas enter the well.

As a rule, holes in the column and cement ring are created by shooting. This process is called column perforation, and the devices used to shoot through are called perforators. They are lowered into the well using a logging cable. Perforation is also used for opening flooded formations in injection wells, for carrying out isolation work and after them: when moving to other horizons, etc.

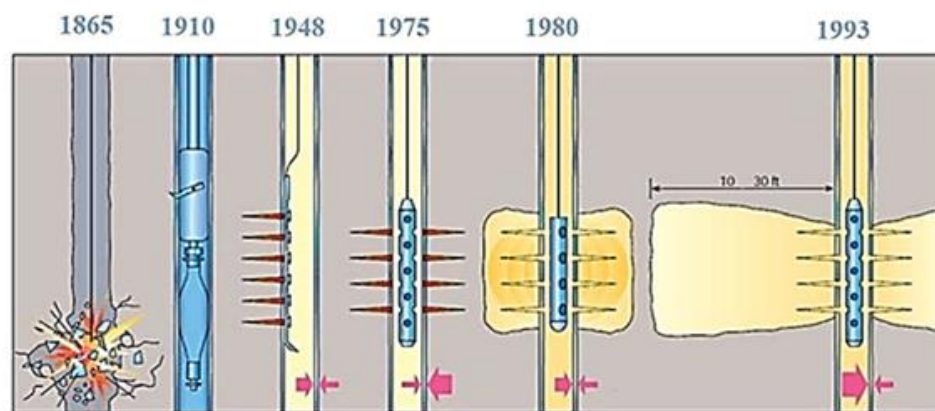
It is related to the formation and development of the energy concept of rock blasting when the oil and gas wells are ready for operation and perforation works are carried out at the bottom of the well to establish contact with the formation. According to this concept, the process of crushing rocks by blasting is determined by the maximum energy density possible for a given rock. The process of crushing rocks by blasting is determined by the maximum energy density possible for a given rock. At this time, surface waves (Rayleigh waves) in the scattered volume are observed at a speed close to the uniform and constant propagation speed of the cracks. This regime corresponds to the limiting rate of elastic energy transfer to crack surface energy. The concepts of limiting energy intensity and the role of rock fragmentation allow to significantly expand the understanding of the mechanism of rock fragmentation by explosion. In this case, it is assumed that the  $P_0$  stresses caused by the impact of the explosive charge are evenly distributed throughout the dispersed volume, and the state of the environment remains stable. Disintegration criterion  $\sigma_p$  is determined from the condition of equality of effective stresses and strength of the rock in tension.

### **Statement of the issue.**

In addition to the wave mechanism, the pressure of detonation products plays an important role in the collapse of mountain rocks. Based on G.I. Pokrovskii's scheme, the dynamics of the impact of explosive gases during the development of radial cracks and their role in the mechanism of spall events were studied in detail. At this time, the formation of cracks was studied based on the classical scheme. Crack growth occurs due to the expansion of the gas gap in the predisintegrated medium. This allows us to argue that gas pressure is the main factor in the disintegration of rocks due to an explosion. At the same time, disintegration is understood as the process of complex

internal reconstruction of the environment under the influence of its loads. The description is carried out from the point of view of the mechanism of defect nucleation and development at different scale levels.

Blasted rock is presented as a quasi-continuous, quasi-homogeneous, and quasi-isotropic medium, with the relationship between stresses and strains defined by generalized Hooke's law. All this is connected with the further development of the wave concept. It describes in detail the mechanism of bedrock disintegration along helical fault lines in the zone closest to the load. At this time, the effect of the direct compression wave is considered the main destructive factor. The stress wave reflected from the free surface interacts with the compression wave, further developing the cracks caused by the direct wave alone. Perforated drill information is given in the introduction of the article and an overview of “the method of perforation of wells” is given in figure 1.



**Figure 1:** The method of perforation of wells.

### Formulation of the Problem.

Using the complex strength characteristics of rock under dynamic loading, calculation formulas are given to estimate the radius of the small crushing zone and the radial crack zone.

Historically, the first concept of the crushing effect of an explosion can be called volume. The explosion volume is related to the specific consumption of these explosives and it is determined that the volume of the crushing cone is proportional to the weight of the charge and to calculate the load weight is determined by the following formula:

$$Q = qW^3 f(n), \quad (1)$$

where  $q$  is the specific consumption of explosives;  $W$  is the smallest resistance line;  $f(n)$  a function of the waste indicator; When  $f(n) = 0,4 + 0,6n^3$ , the expression takes the form known as Boreskov's formula.

$$Q = q_1S + q_2V, \quad (2)$$

where  $q_1$  and  $q_2$  are the corresponding specific costs of explosives.

Formula (2) does not explicitly take into account the quality of rock crushing. It is postulated that during the explosion, primary fragmentation of the massif occurs in the volume of the ejection crater. It is believed that the degree of rock crushing is proportional to the speed of application of





the load, i.e., the greater the loading speed, “the greater the accelerations it creates, the greater the inertial forces that arise and the stresses caused by them, and therefore, the greater the degree of crushing.” In the calculation formulas, it is proposed to take into account the required quality of crushing using a certain empirical coefficient.

The quasi-static destruction hypothesis considers the explosion effect from the point of view of the classical theory of elasticity. It is assumed that the effect of the explosion of an explosive charge is similar to the effect of gas pressure for a thick-walled tube with an infinite outer diameter. In this case, the stresses  $P_0$  caused by the action of explosives are evenly distributed throughout the destroyed volume, and the state of the environment is stable. The collapse criterion is determined from the condition of equality of the effective stresses of the tensile strength of the rock  $\sigma_p$ . In this case, the value of the line of least resistance is determined by the following formula:

$$W = kr \sqrt{\frac{P_0}{\sigma_p}}, \quad (3)$$

where  $r$  is the radius of the load;  $k$  is the coefficient of explosion conditions.

It is determined that a quasi-static stress field is formed in mountain rocks quite quickly. The process of formation of radial cracks in mountain rocks practically does not affect the distribution of stresses.

In addition to the wave mechanism, the pressure of detonation products plays an important role in the collapse of mountain rocks. It completes the classic scheme of the crack's formation during an explosion. Thus, because of the reflected wave, freely oriented radial cracks are formed, the surfaces extend towards the filling cavity, and "break" cracks appear at their ends. The latter is related to the "swelling" of detonation products in the last stages of disintegration (V.K. Filippov). The explosion is divided into two stages - before the collapse, where the main role is played by the wave mechanism and the main process under the influence of explosive gases.

During the explosion of strong rocks, radial deformations predominate over tangential ones. It follows from this those rocks do not behave as expected from the perspective of hydrodynamic theory, when the deformations do not differ and we can limit ourselves to considering only changes in the density of the medium. Moreover, the occurrence of tensile stresses does not yet mean the appearance of radial cracks. They can form during the return movement of the gas cavity.

At low stresses, the envelope of Mohr's stress limit circles can be considered linear with sufficient accuracy for calculations. With an increase in normal stresses  $\sigma$  on the wave front, the limiting tangential stresses  $\tau$  remain practically constant. In this case, a state is observed when the shear stress reaches the maximum value  $\tau_{cr}$  for a given rock, and failure does not occur until the shear strain reaches  $\gamma_{cr}$ . Thus, in addition to  $\tau_{cr}$ , when studying an explosion, it is necessary to know the value of the critical shear strain  $\gamma_{cr}$ .

This is one of the reasons why the passage of a stress wave only causes initial cracks near the load. Further growth of cracks occurs due to the expansion of the gas layer in the previously cracked medium. This allows him to argue that gas pressure is the main factor in the explosive destruction of rocks.

Based on the energy concept, let us present the concept of a dynamic coefficient, which characterizes a multiple increase in the static strength of rocks in the near-explosion zone under complex dynamic load, in the form of the following formula:

$$K_D = \left( \frac{\rho C_2}{\sigma_{s_j}} \right)^{\frac{1}{4}}. \quad (4)$$

where  $C_2$  is the empirical coefficient (material constant);  $\sigma_{s_j}$  – compressive strength of rocks;  $\rho$  – rock density.

Equation (4) provides calculation formulas for estimating the radius of the fine crushing zone and the radial crack zone using the complex strength properties of rocks under dynamic loading.

The diversity of the above concepts and hypotheses indicates the absence of a single workable theory of explosion. This is due to the extreme complexity of the process. The fact that there is not even a unified theory of strength suggests that in the foreseeable future the creation of a comprehensive theory that describes the patterns of all aspects of rock crushing by explosion should not be expected. In this regard, the phenomenological approach predominates in research.

Using the complex strength characteristics of mountain rocks under dynamic loading, calculation is carried out for estimating the radius of the small crushing zone and radial crack zone.

The development of this approach is based on the periodization of the rock blasting process and the experimental study of individual stages of the process. Thus, they divide the process of rock disintegration into three stages:

- the formation of radial cracks under the influence of a shock wave;
- formation of individual events when the wave enters the free surface;
- the development of radial cracks from the pressure of detonation products and the ejection of rock.

It is proposed to divide the process of rock blasting into the following stages:

- disintegration of mountain rocks in the immediate vicinity of the load during  $x \leq 15d_{\text{charge}}$ ;
- destruction of components in the rock mass as a result of collision under the influence of blast waves (at  $x \leq 40d_{\text{charge}}$ );
- movement of the broken rock mass - scattering of pieces, sediment formation, etc.;
- formation and propagation of air shock waves in the atmosphere;
- formation and propagation of seismic waves in a rock mass.

Quasi-static wave theory is proposed to describe the first stage (disintegration of rocks in the immediate vicinity of the explosive charge). The name of the theory is defined as follows. By phenomenological, it is intended to use phenomenological (technical) criteria for the strength of rocks in the theory. The second part of the name refers to the approach of the author, according to which rock collapse is completely determined by the quasi-static stress field, formed by detonation products and blast waves generated in rocks (Bezmaternykh V.A., Simanov V.G.).

The complexity and danger of conducting full-scale rock blasting studies has led to the widespread use of modeling techniques. The most commonly used physical models are based on the method of equivalent materials. At the same time, the adequacy of the model and nature is ensured by strict fulfillment of the similarity conditions.

Therefore, research methods based on the use of a deep analogy of the results of rock crushing by impact and explosion are becoming more widespread. The granulometric compositions of the rocks destroyed by impact and explosion have general regularities and can be described by a uniform distribution law. This analogy is related to the fact that impact and explosion have many common features:

- high initial pressure on the body;
- short duration of the effect ( $10^{-2}$ - $10^{-5}$ s);
- deformations exceeding the limit of elasticity and speed of particles;
- disintegration due to intersecting cracks leading to the formation of separate fragments.

The great variety and heterogeneity of the structure of real mountain rocks led to the extensive development of the statistical concept of studying the decomposition laws. Based on the study of the property values of the rocks, fracture and blockiness, as well as the distribution regularities of the fractional composition of the disintegration products, calculation formulas are found that relate the characteristics of the rocks and the blasting conditions with the parameters determining the quality of crushing. Preparing such formulas, should be based on the already known theoretical laws of the rock crushing process.

The determining factor in the breakdown of mountain rocks is the presence and geometry of cracks. A large number of works have been devoted to the study of the influence of rock cracks on their dynamic (explosive) disintegration process. At the same time, both accepted theoretical models and the results obtained using them are ambiguous and often contradictory.

Analyzing the results of the explosion from thermokinetic and thermodynamic points of view. In addition to the surface of the fragments formed during the explosion, new surfaces of unmelted cracks are also formed inside them, which consumes a lot of explosion energy. To take this into account, it is proposed to use the concentration criterion proposed below:

$$K = \sqrt[3]{\frac{1}{\sum n_i l_i}}, \quad (5)$$

where  $n_i$  is the concentration per unit volume of unmixed cracks of length  $l_i$ .

Expression (5) is used for the physical interpretation of the parameters of the logarithmic normal distribution of the granulometric composition of rocks destroyed by an explosion.

A simplified model of crack development and fusion was considered and the following assumptions were made.

1. Due to the material decomposition between successive and randomly located defects, the result of combining  $n$  defects are called a chain.

2. The chain has two states-active, forming a chain of  $n \neq 1$  failures, and inactive, when a developing crack meets another crack, which can be interpreted as the formation of a fragment.

The probability of crack growth stoppage (lack of energy at  $dt$  or absence of an adjacent defect) is expressed by the following equation:

$$P = 1 - K\gamma dt, \quad (6)$$

where  $K$ -is the mountain rock constant;  $\gamma$ -is the concentration of Griffiths defects per unit length.

Combining all possible possibilities for crack growth and completion and using expression (6), we obtain the following expression for the size of the crack zone during rock destruction:

$$R(t) = b \left[ 1 + \frac{K\gamma}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t}) \right], \quad (7)$$

where  $b$  is the average distance between Griffiths defects;  $\lambda$  - distribution parameter. If we denote the average time of crack formation in a given process by  $T$ , then  $\lambda = 1/T$  will also mean a measure of frequency. Taking  $\exp(-\lambda t) \approx 1$  with  $t$  equal to the total time of formation of the destruction zone, from expression (7) we obtain the following expression (8)

$$R = b \left( 1 + \frac{K\gamma}{\lambda} \right), \quad (8)$$

can be considered an average fragment size. The parameters of the equation obtained by experiment (by analyzing the granular composition) have the following order:

$$\lambda = 10^4 \frac{1}{c}; \quad \gamma = 10^2 \frac{1}{sm}; \quad b = 10^{-3} sm; \quad K \sim \gamma.$$

The nature of the crushing of the massif's rock-block structure. In this article, we prove that the size distribution of massive blocks obeys the Weibull law is noted. During explosive rock crushing, the average particle size will be proportional to the average distance between the microcracks, which can be determined by the following formula.

$$b = \sqrt{\frac{a^2}{n}}$$

where  $a$  is the size of the cubic sample,  $m$ ;  $n$  - the total number of cracks on the working surface.

It is proposed to estimate the breakdown voltages during an ambient explosion using the following expression:

$$[\sigma] = \sigma_p - C_2 \sqrt{kA}, \quad (8^*)$$

where  $\sigma_p$  - strength of homogeneous defect-free rock;  $C_2$  - empirical coefficient (material constant);  $k$  - coefficient of heterogeneity, proportional to the concentration of microcracks in the rock;  $A$  is the specific work of deformation per unit volume of rock.

It is proposed to estimate the coefficient  $k$  by the ratio of the deformation energy of the cracked rock  $A_1$  to the deformation energy of the ideal homogeneous rock  $A_0$  by the following formula:

$$k = \frac{1}{3} \left( \frac{A_1}{A_0} - 1 \right).$$

In a simple case, we can take  $A = \sigma_p^2 / 2E$ , then the equation (8\*) becomes the following form:

$$[\sigma] = \sigma_p \left( 1 - C_2 \sqrt{\frac{k}{2E}} \right).$$



Thus, the most important task of predicting and managing the quality of crushing rocks is to establish a connection between the patterns of distribution of cracks in the original massif and the distribution parameters of pieces of destroyed rock at various blasting parameters.

The Griffiths failure criterion can be written as:

$$k = \sigma_p \sqrt{l}, \quad k = \sqrt{\frac{2Ee_s}{\pi}}$$

where  $l$  is the half-length of the crack;  $e_s$  is the specific surface energy of the body.

If the number of cracks in the rock is large and they are distributed independently and randomly, the distribution density of the crack size can be determined by the following formula:

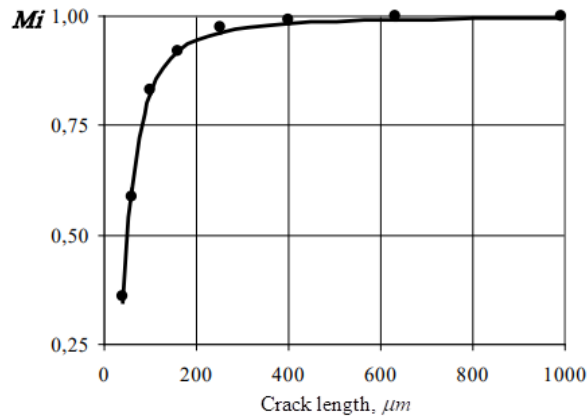
$$F(l) = \exp\left\{-\left(\frac{l}{U}\right)^{-\alpha}\right\},$$

where  $U$  and  $\alpha$  are distribution parameters.

Then the rockfall probability is determined by the following equation

$$P(\sigma) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{k^2}{\sigma U}\right)^{-\alpha}\right\},$$

The statistical analysis of the experimental results made it possible to determine the distribution parameters of the cracks according to the Cauchy equation for the studied rocks. As an example, the crack distribution graph for some rocks is shown in figure 2.



**Figure 2:** Distribution of cracks in rock

The most important task for the experiment is to evaluate the explosiveness of rocks. The main parameters of the passport of drilling and blasting—the number and type of explosives, the number of holes and their depth, methods and means of explosion are determined primarily by the specific consumption of explosives. Correlating the selection of the specific consumption of explosives with the field conditions of the explosion is determined by the following formula (M.M. Protodyakonov):

$$q = 0.5 \sqrt{0.2f - \frac{1}{S'}} \quad (9)$$

where  $f$  is the strength coefficient of the rock;  $S$  is the cross-sectional area of the work.

Another development of this approach is its widespread use in the construction of mines. Having made some transformations in expression (9), we obtain the following expression (10).

$$q = q_1 f_1 \vartheta \cdot e, \quad (10)$$

where  $q_1 = 0.1f$  is the normal specific consumption of explosives;  $f_1$ -coefficient of rock structure;  $\vartheta = 7(l_{jp})^{\frac{1}{3}} \cdot S^{1/2}$ -rock compression coefficient;  $(l_{jp})$ -average depth of pits;  $e$  - efficiency coefficient of explosives.

Formula (10) and their numerous well-known modifications are used only for estimation calculations with subsequent adjustment to real mining and geological conditions, using the strength coefficient as the main criterion. Using the collapse index  $V_{\max}$  as a criterion for calculation methods of the same category, we obtain the following expression (11):

$$q = 0.678 \exp(-0.0647V_{\max}) \quad (11)$$

To calculate the specific consumption of explosives, methods that take into account the energy intensity of explosive destruction seem preferable. Thus, based on expression (11), the following expression is obtained.

$$q = \frac{e}{A^{(1+\eta)}}, \quad (12)$$

where  $A$  is the specific potential energy of the explosive substance, kC/kg;  $\eta = 0.04 - 0.06$  – coefficient of energy efficiency of explosives; where  $e$  – the specific energy consumption for crushing and transporting rock mass and is calculated using the following formula:

$$e = \frac{\sigma_p^2 \lg D}{2Ed_{cp}} + \frac{\rho u_0^2 \ln K_p}{2}, \quad (13)$$

where  $D$ –average size of the piece before explosion;  $d_{sre}$ –is the average size of fragments after shredding;  $\rho$ –rock density;  $u_0$  is the initial speed of expansion of rock pieces;  $K_p$ –discharge coefficient.

The advantages of expressions (11) and (12) include the fact that the specific consumption of explosives is related to the degree of crushing  $D/d_{sre}$  and the consumption coefficient, taking into account the characteristics of rocks. For the same reasons, taking into account the quality of crushing, the following equation is proposed:

$$q = \frac{K}{0.427} \frac{\sigma_{cj}^2}{2E} \frac{6}{d_{cp}}, \quad (14)$$

where  $K$  is the charge form factor.



The optimal load value during hydraulic fracturing of a well is related to the value of the line of least resistance and is determined by the following formula:

$$q = \frac{G_1}{nW^2}, \quad (15)$$

where  $G_1$  is the weight of the explosive charge associated with the length of the well;  $n$ -is the impact indicator of the explosion.

Using the above-mentioned formula, they propose the following formula (16) to determine the specific work of rock blasting.

$$e = \frac{k[\sigma_p^2 + 2(1 + \vartheta)\tau_{sdv}^2]}{2E}. \quad (16)$$

The total number of holes in the surface is determined by the condition of placement of the explosive charge and the value of the line of least resistance. In the first case, the number of holes is determined by the following formula

$$N = \frac{sl_{jp}q}{E}, \quad (17)$$

From formula (17) it is clear that  $q$  is directly proportional to the specific charge (where  $E$  is the hole capacity, kg). The analysis of dependencies used in field practice shows that the smallest resistance value is directly proportional to the crushing of rocks, and inversely proportional to strength ( $\sigma_p^{1/2}$ ), rock stiffness coefficient ( $f$ ) and specific charge of explosives ( $q^{1/2}$ ).

The probabilistic aspects of explosive rock destruction and, in particular, the development of activated faults are of great importance for understanding the physics of the process.. Based on the theory of brittle fracture, the following formula was first proposed to describe the distribution of fragments taking into account the presence of defects in the destroyed volume. The proposed formula is accepted as the cumulative Poisson distribution function:

$$F(x) = 1 - \exp(-Gx), \quad (18)$$

$$G = \gamma_1 L + \gamma_2 S + \gamma_3 V,$$

where  $L$ ,  $S$ ,  $V$  - are the length, area and volume of the object dispersed accordingly;  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\gamma_3$  - is the average concentration of linear, surface and bulk defects.

The main disadvantage of this approach is the assumption of an equal contribution and independence of the movement of different types of defects, which is clearly incorrect. Moreover, due to the fact that during a high-pressure explosion it acts for a short time, only a certain part of the defects, called "activated", and not all, can participate in the destruction process.

Developing Gilvari's ideas, the following integral function of the granulometric composition during rock blasting is proposed:

$$F(x) = 1 - \exp[-(\alpha_0 + \alpha)x], \quad (19)$$

where  $\alpha_0$  is a constant proportional to the average concentration of any type of activated disorder;  $\alpha = \beta \cdot I$ ; where  $I$  is the specific impulse of the explosion;  $\beta$  coefficient of explosion conditions. The studies made it possible to formulate a fundamentally new approach to consider the mechanism of rock bursting. The basic principles are called "probabilistic wave decay theory". According to this theory, the equations regarding the particle size distribution of blasted rock are explained by the following formula:

$$F(x) = \omega_1 F_1(x) + \omega_2 F_2(x), \quad (20)$$

$$\omega_1 + \omega_2 = 1.$$

The physical interpretation of this distribution from the point of view of irreversibility (increase of entropy) of the decay process allowed to determine the following. The probability function  $F_1(x)$  describes the distribution of crushed rock pieces formed by the direct impact of the blast wave according to the size  $x$ . The function  $F_2(x)$  characterizes the distribution of fragments formed under the influence of a wave reflected from a free surface. Factors  $\omega_1$  and  $\omega_2$  quantitatively characterize the share of the first and second mechanisms during rock crushing. It is clear that for different explosion conditions these fractions can vary significantly and a purely unimodal distribution can be obtained for  $\omega_1$  or  $\omega_2$  close to zero.

The existence of a two-modal distribution of fragments after the explosion is explained by the characteristics of the block structure of the initial mass. The first peak is associated with the predominant part of the crushed mountain rock fragments, the second is a residual block in the collapse of the blasted rock.

In the case of a unimodal curve, a generalized Weibull–Rosin–Rammler distribution is proposed:

$$F(x) = \left( \frac{nx^{n-1}}{x_0^n} \right) \exp \left[ - \left( \frac{x}{x_0} \right)^n \right]; \quad (21)$$

where  $n$  and  $x_0$  are distribution parameters.

In the case of a bimodal distribution, the following formula is proposed

$$F(b, x) = \frac{\left( \frac{nx^{n-1}}{x_0 b^n} \right) \exp \left[ - \left( \frac{x}{x_0 b} \right)^n \right]}{\left[ 1 - \exp \left( - \frac{b}{x_0 b} \right)^n \right]}, \quad (22)$$

where  $b$  is the size of the individual array;  $x_{0b}$  is a scale parameter, representing some function of the disintegrable rocks –  $x_{0b} = f(b)$ .

Then the probability density is:

$$f(x) = \alpha \int_{x_{\min}}^{\infty} f(b)F(b,x)db + (1-\alpha)f_1(x), \quad (23)$$

where  $\alpha$  – is the coefficient that determines which part of the massive is crushed, that is, at  $\alpha = 1$ , all natural parts are crushed, at  $\alpha = 0$ , the massive collapses into its natural blocks;  $0 \leq \alpha \leq 1$ ;  $x_{\min}$  block size;

The  $f_1(x)$ -primary blocking distribution is proposed to be described by the Rayleigh distribution:

$$f_1(x) = \left(\frac{2x}{b_0}\right) \exp\left[-\frac{x^2}{b_0^2}\right], \quad (24)$$

where  $b_0$  is the average size of the natural separation.

In the simplest case, if we assume that the cloud distribution density is uniform, then we have the following expression:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{a}{x_{\max} - x_{\min}} \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} F(b,x)db, & x < x_{\min} \\ \frac{a}{x_{\max} - x_{\min}} \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} F(b,x)db + \frac{1-\alpha}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x < x_{\max} \end{cases} \quad (25)$$

Scientific studies have also pointed out that the rock fragments dispersed as a result of the explosion show a bimodal distribution. Three modal size distributions of particles were obtained, which were compared to three crushing zones: overgrinded, active collapse, and collapse. Each zone corresponds to a lognormal distribution with its parameters. It is assumed that the dispersion of logarithms of fragment sizes as a distribution parameter is unchangeable for a given rock type, that is, it does not depend on blast parameters.

A large number of experimental studies, including those on the organization of mass explosions, have shown the effectiveness of the developed theory and a fairly accurate correspondence of the actual particle size distribution to the calculated values. Based on experimental studies, it has been established that the distribution of  $F_2(x)$  can have different analytical forms depending on the explosion conditions and the properties of rocks. The distribution of  $F_1(x)$  has an exponential distribution of the form below, regardless of these factors.

$$F_1(x) = 1 - \exp(-\gamma_1 x). \quad (26)$$

For limestone under conditions of blasting the free surface, we obtain the following expression:

$$F_2(x) = 1 - \exp\left(-\frac{\gamma_2^2 x^2}{2}\right) \quad (27)$$

From equations (26) and (27),  $\gamma_1$  and  $\gamma_2$  are parameters proportional to the density (per unit length) of explosively activated defects in the rock structure, which corresponds to this

destruction mechanism. Here  $\gamma_1$  corresponds to the density of activated linear defects, and  $\gamma_2$  corresponds to surface defects.

The weak point of the technique is the lack of a mechanism for a priori estimation of the density of activated violations and parameters  $\gamma_1$  and  $\gamma_2$ . It is proposed to estimate these values based on an analysis of the granulometric composition of rocks destroyed in a real explosion.

The procedure for determining the distribution parameters is as follows. To bring equation (22) to a standard form, its parameters are normalized:  $\sigma_1 = 1/\gamma_1$ ;  $\sigma_2^2 = 1/\gamma_2^2$ . Then equations (26) and (27) will be written as follows:

$$F_1(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\sigma_1}\right); \quad (28)$$

$$F_2(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_2^2}\right). \quad (29)$$

Compliance with the particle size density distribution is determined by the following expression

$$P(x) = \omega_1 P_1(x) + \omega_2 P_2(x), \quad (30)$$

$$\bar{\omega}_1 + \bar{\omega}_2 = 1,$$

here

$$P_1(x) = \frac{1}{\sigma_1} \exp\left(-\frac{x}{\sigma_1}\right), \quad (31)$$

$$P_2(x) = \frac{x}{\sigma_2^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_2^2}\right). \quad (32)$$

To estimate the distribution, it is necessary to know the values of  $\sigma_1, \sigma_2, \bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2$  for the given explosion conditions. They are determined using the moments of the distribution of crushed rock fragments:

$$M_1 = \frac{1}{100} \sum_i m_i x_i, \quad (33)$$

$$M_2 = \frac{1}{100} \sum_i m_i x_i^2, \quad (34)$$

$$M_3 = \frac{1}{100} \sum_i m_i x_i^3. \quad (35)$$

where  $m_i$  is the percentage of the  $i$ -th fraction.

According to the distribution law adopted below:



$$\left. \begin{aligned} M_1 &= \int_0^{\infty} x \cdot [\omega_1 dF_1(x) + \omega_2 dF_2(x)], \\ M_2 &= \int_0^{\infty} x^2 \cdot [\omega_1 dF_1(x) + \omega_2 dF_2(x)], \\ M_3 &= \int_0^{\infty} x^3 \cdot [\omega_1 dF_1(x) + \omega_2 dF_2(x)]. \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

A nonzero solution to the system of equations (36) has the following form

$$\sigma_1 = \frac{1}{3} \frac{M_3}{M_2}, \quad \sigma_2 = 1.06 \frac{M_3}{M_2}, \quad (37)$$

$$\omega_1 = \frac{4M_3 - 3M_2 \cdot M_1}{M_2}, \quad \omega_2 = 1 - \omega_1. \quad (38)$$

Based on experimental studies, the following conclusions can be noted.

1. With an increase in the specific impulse of the explosion, the granular composition of rocks is more accurately described by the distribution  $F_1(x)$ , i.e.,  $\omega_1 \rightarrow 1$ .
2. In any explosion conditions, the grain composition always contains a part (smallest) of fragments described by the Rozin-Rammler equation:

$$F_1(x) = 1 - \exp(-\gamma_l x) \quad (39)$$

3. The density of activated disturbances  $\gamma_l$  is related to the specific impulse of the explosion by the following relations:

$$\gamma_l = \gamma_{01} \cdot J - \text{for straight explosive charge;}$$

$$\gamma_l = \gamma_{02} \cdot J^{\frac{1}{2}} - \text{for cylindric explosive charge;} \quad (40)$$

$$\gamma_l = \gamma_{03} \cdot J^{\frac{1}{3}} - \text{for spheric explosive charge.}$$

where  $\gamma_{01}$ ,  $\gamma_{02}$ ,  $\gamma_{03}$  are some constants of rock and explosive charge constructions.

Thus, the quality of rock crushing, characterized by the granulometric composition of the destroyed rock mass, depends on the concentration of explosion-activated disturbances. In turn, the density of activated disturbances is determined by the blast blasting parameters, the main of which is the specific blast flow rate  $q$ .

$$\omega_2 = e^{-\alpha q}, \quad (41)$$

$$\omega_1 = 1 - \omega_2 = 1 - e^{-\alpha q}, \quad (42)$$

where  $\alpha$  is a parameter that depends on the properties of the rock and the type of explosive used. The number of activated defects depends on their total number in the collapsing rock  $\gamma_0$  and the specific consumption of explosives, and this dependence is determined by the following expression:

$$\gamma_l = \gamma_0 q^n. \quad (43)$$

Here, the exponent  $n$  depends on the type of blast wave. A cylindrical stress wave propagates through a single hole or well charge. Under the combined effect of several loads, the waves are superimposed and leave the free surface and turn into a plane stretching wave. With a sufficient number of holes or cavities in a row, they can be treated as a single flat (plane) charge. For such flat load  $n=1$ , for cylindrical load  $n=1/2$ .

The crushing effect of the explosion is determined by the characteristics of the explosive used (its amount from the density of the explosive  $\rho_{BB}$  and the radius of the charge  $r_0$ , the speed of the explosion  $D$ ) and the characteristics of the crushed rock (its density  $\rho$ , the speed of longitudinal  $C_M$  and transverse  $C_S$  waves). The most important characteristic of the conditions of the explosion impulse transfer to the rock is the mass velocity  $u_0$  at the boundary of the charge cavity. Consequently, all these factors also determine the number of rock faults activated by the explosion:

- for (flat) plane load

$$\gamma_1 = \gamma_{01} \left( \frac{\rho_{BB} D}{\rho C_M} \right) \left( \frac{u_0}{C_s} \right)^2 \frac{r_0}{R}, \quad (44)$$

- for cylindrical load

$$\gamma_1 = \gamma_{02} \left( \frac{\rho_{BB} D}{\rho C_M} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{u_0}{C_s} \right) \frac{r_0}{R}, \quad (45)$$

where  $r_0$  is the radius of the load;  $R$ -linear dimension of crushed rock;  $\gamma_{01}$  and  $\gamma_{02}$  mean the number of defects in the original rock per unit length.

In the general case, the values of  $\gamma_{01}$  and  $\gamma_{02}$  may not coincide because a plane wave forms near the free surface and a cylindrical wave form around the charges inside the massive.

The size distribution of fragments is the result of a complex process of rock blasting that depends on many independent factors. Therefore, it is not possible to unambiguously determine the quality of pre-grinding. It is possible to predict the outcome of a single explosion only with a certain degree of probability, which is carried out by a sufficiently large number of tests. In this case, the reliability function has the following form:

$$f_H = 1 - \exp(-\lambda). \quad (46)$$

Each confidence level corresponds to a certain value of the parameter  $f_H$   $\lambda$ . Thus, the most common engineering practice corresponds to the parameter  $\lambda=4.6$  with a confidence level of 95% ( $f_H = 0.95$ )  $\lambda = 3$ ,  $f_H = 0.99$ .

A typical free surface blast for field practice. In this case, the largest amount of damage is determined by the effect of the reflected wave, which forms the zone of spall events. The size distribution function of pieces is shown by equation (27). Then we get from the equality condition  $F_2(x) = f_H$ :

$$\gamma_1 x = (2\lambda)^{\frac{1}{2}}. \quad (47)$$





Here  $x$  is given reliability parameter  $\lambda$  is the required limiting size of the fabric (eg, oversized). This ratio can be used to design rational parameters of blast holes that provide the required rock quality with a given reliability.

### Conclusion

The diversity of the above concepts and hypotheses indicates the absence of a working theory of the explosion. This is due to the extreme complexity of the process. Even the absence of a unified theory of strength suggests that the creation of a comprehensive theory that describes the regularities of all aspects of rock fragmentation by explosion should not be expected soon. In this regard, the phenomenological approach prevails in the research.

In equations (26) and (27) and are parameters proportional to the density of blast-activated faults in the rock structure. This corresponds to the dispersal mechanism. We consider that corresponds to the density of activated linear defects and corresponds to the density of surface defects.

A computational method has been developed to predict and control the quality of blast rock fragmentation. A weakness of the technique is the lack of a mechanism for a priori estimation of the density of activated perturbations and the parameters and. It is proposed to estimate these values by analyzing the granulometric composition of the rocks destroyed during a real explosion. It also made it possible to determine the distribution parameters of cracks according to the Cauchy equation for the studied rocks.

### Declarations

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### Study Limitations

There are no limitations that could affect the results of the study.

### Acknowledgment

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### REFERENCES

1. Baron L.I. Mining and fluid management. The subject and methods of research. - M.: Hayka, p. 324.
2. Bezmaternykh V.A., Simanov V.G. 1981. The destruction of rock plates by impact // Izv. universities. Mountain magazine. - No. 11. pp. 82-87.
3. Bezmaternykh V.A., Simanov V.G. Symmetry and the criterion of fragility of fragments // Изв. universities. Mountain magazine. No. 12. 1978. pp. 40-45.
4. Hasanov I., Abbasov I., Gurbanov N. Stress-Deformed State of a Packing Ring with Eccentric Holes // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. No. 74. 2020. pp. 287-292.

5. Bezmaternykh V.A., Simanov V.G., Leschukov N.N. The process of formation of fragments during explosive destruction of solid rock//Izv. universities. Mountain magazine.No.4.1978. pp.47-51
6. Gurbanov N.A., Babanli M.B. Investigation of Effects of Graphene Nanoplatelets Addition on Mechanical Properties of 7075-T6 Aluminium Matrix Hybrid Fibre Metal Laminates // Metallofizika i Noveishie Tekhnologii. No 43. 2021. pp. 1589-1599.
7. Belaenko F.A., Bulia Yu.T. Study of waves affected and the process of fragmentation in rocks during an explosion // Drilling works in the mining industry. - M.: Gosgortekhnadzor, pp. 411-425.
8. Vinogradov Yu.I. Management of the granulometric composition of blasted rock mass at quarries of building materials with the goal of obtaining maximum profit // Explosive work. No. 92/49.- 1999. 1962. pp. 95-99. 29.
9. Mirsalimov V.M., Kalantarly N.M. Solution of an elastic-plastic problem for a massif weakened by a circular working under the action of tectonic and gravitational forces. News of TulGU. Earth Sciences. 2022. Issue. 1. p. 207- 216.
10. Bersenev G.P. Management of the quality of explosive crushing of rocks in non-metallic quarries: dissertation - Sverdlovsk, 1989. 1989. p.158.
11. Vlasov O.E., Smirnov S.S. Basis of calculation of rock crushing by explosion. - M.: Izd. AN USSR, 1962. 1962. p. 104.
12. Glazkov Yu.V. Development contour blasting with pre-tensioning of the massif in the construction of pits: dis. cand. technical Science – M.: 1988. p. 232.
13. Drukovany M.F., Komir V.M., Kuznetsov V.M. Effect of explosion in rocks. - Kiev: 1973. p.184.
14. Kochanov A.N. Some modern aspects of the problem of explosive rock destruction. // IV International Scientific Conference "Physical problems of rock destruction". - M., 2004. pp.214-217.
15. Kryukov G.M., Glazkov Yu.V. Model  $\Phi$ KCB of deformation and destruction of rocks by explosion of industrial explosive charges // IV International Scientific Conference, "Physical of rock destruction". - M., 2004. pp. 193-200.
16. Gurbanov N.A. Investigation of the effect of clay, gnp and SiO<sub>2</sub> nanoparticle additions on the mechanical properties of hybrid FMLs // Advanced Physical Research. No. 5. 2023. pp. 146-155.
17. Kryukov G.M., Glazkov Yu.V. Phenomenological quasi-static wave theory of deformation and destruction of materials by explosion of industrial explosive charges. -M.: Izd.MSGU, 2003. p. 67.
18. Kuznetsov V.M. Mathematical models of the explosive case. - Novosibirsk: Nauka, 1977. p. 263.
19. Kutuzov B.N. The destruction of rocks by an explosion. - M.: MGI, 1992. p. 516.
20. Latyshev O. G. Destruction of rocks. – M.: Teplotekhnika, 2007. 2007. p. 672.
21. Menzhulin M.G., Paramonov G.P., Shishov A.N. Analytical method of determining the parameters of the gross composition of the rock mass during the explosive destruction of rocks Explosive work. No. 92/49. 1999. pp. 88-94.
22. Mindeli E.O. Destruction of rocks. - M.: Nedra, 1975. p. 600.

23. Mosinets V.N., Abramov A.B. Destruction of fissured and disturbed rocks. - M.: Nedra, 1982. p. 248.
24. Savas S., Gurbanov N., Mehmed D. Effect of fiber type, fiber content, and compatibilizer on two-body abrasive wear performance of HDPE matrix composites // Journal of Composite Materials. No. 53. 2019. pp. 2743-2760.

## РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ

**Рафаил Мехтиев<sup>1</sup>, Алекбер Мехтиев<sup>2</sup>, Вургун Гахраманов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, кандидат физико-математических наук, Азербайджанский Государственный Университет нефти и промышленности. Электронная почта: rafail60mehtiev@mail.ru

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химии»  
E-mail: mehdiavalekber@mail.ru

<sup>3</sup>Бакинский Инженерный Университет, Доктор философии по технике, доцент.  
Электронная почта: vqahremanov@beu.edu.az

### РЕЗЮМЕ

При готовности нефтяных и газовых скважин к эксплуатации, когда бурение осуществляется на забой скважины для установления контакта с пластом, считается, что степень дробления горных пород пропорциональна скорости приложения нагрузки. В результате создаваемых ими напряжений степень фрагментации выше. В статье предлагается учитывать качество дробления необходимой породы путем использования в формулах расчета некоторых эмпирических коэффициентов. Динамика процесса диспергирования горных пород исследована на основе гидродинамической гипотезы. Здесь решение системы дифференциальных уравнений дается на основе фундаментальных законов сохранения массы, энергии и импульса. Исходя из прочностных свойств горных пород, в континууме всей окружающей среды обнаруживаются ломаные линии, определяющие конечный эффект дробления горных пород. Однако принятые предположения о не сжимаемости породы и передаче взрывного импульса в ближайшее окружение существенно снижают практическую ценность результатов. Следует отметить, что в непосредственной близости от нагрузки горная порода испытывает неравномерное объемное сжатие. При этом наибольшие касательные напряжения возникают преимущественно в плоскостях, ориентированных под углом  $45^{\circ}$  к радиальному направлению. Благодаря этому система спиральных линий скольжения разбивает породу на мелкие блоки. За пределами этой зоны в результате расширения массива образуется система радиальных трещин. При уменьшении давления в газовой полости и движении массы обратно в направлении нагрузки появляются тангенциальные трещины. Сочетание зоны объемного сжатия и зоны досягаемости образует зону контролируемого дробления. Когда волна сжатия достигает обнаженной поверхности, она становится волной напряжения. При распространении этой волны от поверхности к нагрузке она образует систему скачкообразных трещин. Фугасное действие взрывоопасных газов при

достаточной энергии взрыва вызывает выброс такой разрушенной породы. Очевидно, что эта концепция очень важна для развития теории взрывного разрушения горных пород. Потому что нет однозначной связи между характером растворения породы и акустической твердостью. Одним из первых четко описал механизм образования ударной волны и ее трансформацию в более взрывную и сейсмическую волну при достижении детонацией границы зарядовой полости. В горных породах в течение всего времени расширения газовой полости образуются ударные волны. Подробно объясняется механизм явления растрескивания, рассматривая трещины как источник многократного отражения волны напряжения.

**Ключевые слова:** прочность горных пород, постоянный материал, масштабный эффект, горные породы, вероятность разрушения, трещиноватость, теория устойчивости, микротрещина, минеральная, постоянный опыт, плотность дефектов, смещение, сжатие.

## NEFT DAŞINMASI ZAMANI PARTLAYIŞLA SÜXURLARIN) DAĞIDILIMASI

Rəfail Mehdiyev<sup>1</sup>, Ələkbər Mehdiyev<sup>2</sup>, Vurğun Qəhrəmanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, dosent, fizika-riyaziyyat elmləri namizədi. E-mail: rafail60mehtiyev@mail.ru

<sup>2</sup>"Neft, Qaz və Kimyanın Geotexnoloji Problemləri" Elmi-Tədqiqat İnstitutu E-mail: mehdiyevalekber@mail.ru

<sup>3</sup>Bakı Mühəndislik Universiteti, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent. E-mail: vqahremanov@beu.edu.az

### XÜLASƏ

Neft və qaz quyuları istismara hazır olduqda, layla əlaqə yaratmaq üçün quyunun dibində qazma işləri aparıldıqda, süxurların əzilmə dərəcəsinin yükün tətbiqi sürətinə mütənasib olduğu hesab edilir. Onların yaratdığı gərginliklər nəticəsində parçalanma dərəcəsi daha yüksək olur. Məqalədə hesablaşma düsturlarında bəzi empirik əmsallardan istifadə etməklə zəruri süxurun əzilmə keyfiyyətinin nəzərə alınması təklif olunur. Hidrodinamik fərziyyə əsasında süxurların dispersiya prosesinin dinamikası öyrənilir. Burada diferensial tənliklər sisteminin həlli kütlənin, enerjinin və impulsun saxlanması fundamental qanunlarına əsaslanaraq verilmişdir. Dağ süxurlarının möhkəmlik xüsusiyyətlərinə əsasən, bütün ətraf mühitin kontinuumunda qırıq xətlər aşkar edilir ki, bu da süxurların əzilməsinin son təsirini müəyyən edir. Bununla belə, süxurun sıxılmaması və partlayıcı impulsun yaxın mühitə ötürülməsi ilə bağlı qəbul edilmiş fərziyələr nəticələrin praktiki dəyərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Qeyd etmək lazımdır ki, birbaşa yükə bitişik ərazidə dağ süxuru qeyri-bərabər həcmli sıxılma altındadır. Bu zaman ən böyük tangensial gərginliklər əsasən radial istiqamətə 450 bucaq altında yönəldilmiş müstəvilərdə baş verir. Bunun sayəsində spiral sürüşmə xətləri sistemi qayanı kiçik bloklara parçalayır. Bu zonadan kənarında massivin genişlənməsi nəticəsində radial çatlar sistemi əmələ gəlir. Qaz boşluğunda təzyiq azaldıqda və kütlə yük istiqamətində geri doğru hərəkət etdikdə tangensial çatlar əmələ gəlir. Həcm sınıqlama zonası və çatma zonasının birləşməsi idarə olunan əzmə sahəsini təşkil edir. Sınıqlama dalğası çılpaq səthə çatdıqda, gərginlik dalğasına çevrilir. Bu dalğa səthdən yükə doğru hərəkət edərkən sıçrayış çatları sistemini əmələ gətirir. Kifayət qədər partlayış enerjisi olan partlayıcı



qazların yüksək partlayıcı təsiri belə parçalanmış süxurun sərbəst buraxılmasına səbəb olur. Aydındır ki, bu konsepsiya dağ süxurlarının partlayıcı parçalanma nəzəriyyəsinin inkişafı üçün çox vacibdir. Çünki süxurun ərimə xarakteri ilə akustik sərtlik arasında birmənalı əlaqə yoxdur. Zərbə dalğasının meydana gəlməsi mexanizmini və partlama yük boşluğunun sərhədinə çatdıqda daha partlayıcı və seysmik dalğaya çevrilməsini aydın şəkildə təsvir edən illərdən biri. Süxurlarda, qaz boşluğunun genişlənməsinin bütün vaxtı ərzində zərbə dalğaları yaranır. Çatları gərginlik dalğasının çoxsaylı əks etdirmə mənbəyi kimi nəzərə alaraq, krekinq hadisələrinin mexanizmini ətraflı izah edir.

**Açar sözlər:** süxur möhkəmliyi, sabit material, miqyas effekti, süxurlar, dağılma ehtimalı, sınıq, möhkəmlik nəzəriyyəsi, mikro çat, mineral, təcrübə sabiti, qüsurların sıxlığı, yerdəyişmə, sıxılma.  
Publication history

Article received: 15.01.2024

Article accepted: 05.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-23

## RESEARCH ON IMPROVING THE GATE VALVE OF THE DRILLING MANIFOLD

**Zuleikha Eyvazova<sup>1</sup>, Andrey Luzhanski<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Department "Industrial Machines", Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: zeyvazova@mail.ru

<sup>2</sup>Faculty of Oil Mechanical Engineering, undergraduate, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: luzhanski72@gmail.com

### ABSTRACT

The article considers the possibility of improving the design of the valve of the drilling manifold, which is used to cool the rock-crushing tool, as well as for the constant removal of drilled rock (sludge) from the well. Currently, in existing drilling manifolds designed for pressures up to 45 MPa, the most used are towed valves or valves with a quick-release connection (BRS) to the pipeline. At higher pressures, gate valves of the Z43Y type with a flanged connection are used, the design of which is like the design of direct-flow gate valves used for fountain fittings. Since these connections are used to reduce the time for changing gate valves in order to repair or clean them, there is a need to improve the design of the locking assembly of these valves, designed for higher pressures to increase the tightness of the gate and ensure a high degree of maintainability of the gate valve. In order to improve the gate valve of the drilling manifold, it is proposed to change the design of the locking unit, which provides reliable sealing, ensuring ease of installation of the gate assembly. In this case, the gate is assembled, consisting of two halves, in which slots are provided for installing disc springs in them. The ends of each of the gate halves have bevels for ease of assembly of the locking assembly.

**Keywords:** drilling pump, manifold, gate valve, quick-release connection, tow joint.

### Introduction

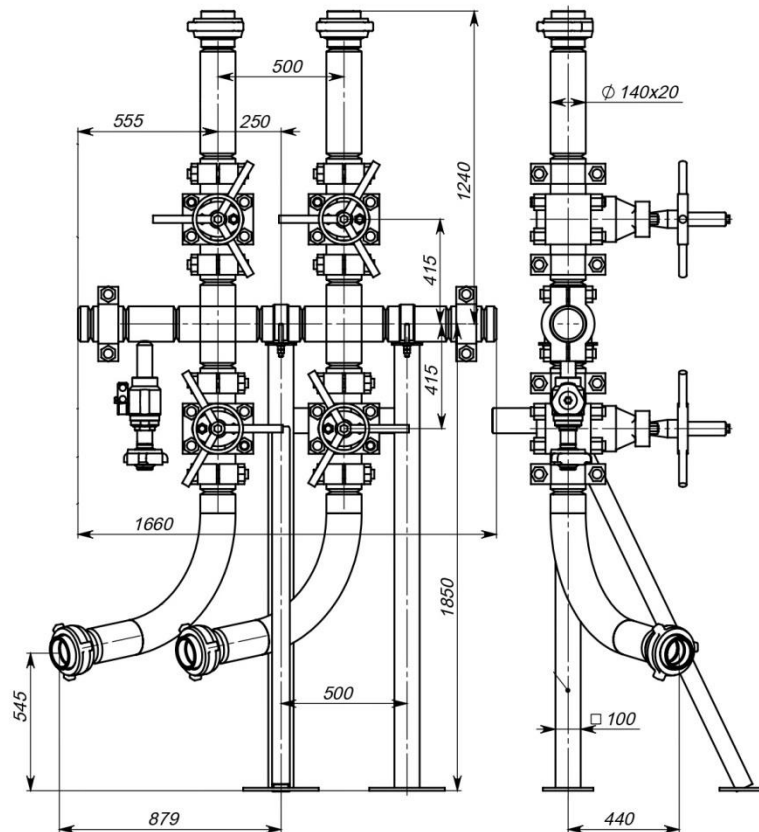
In recent years, due to an increase in the depth of oil wells of more than 5000 m, it is necessary to increase the pressure of pumping drilling mud into the well during drilling to bring the drilled rock (sludge) to the surface and cool the rock-destroying tool. In the circulation system of a drilling rig, when drilling for oil, as a rule, two drilling pumps are installed, working in parallel, i.e. feeding the solution into one common pressure manifold. In the event of a sudden stop of one of the pumps, the check valves installed on the discharge lines automatically close the liquid supply line of this pump. At the same time, the liquid supply to the well continues with the help of a second pump, which allows you not to stop the drilling process. When drilling deep wells, three or more pumps are installed. The number of pumps included in the rig kit depends on the required volume of liquid for flushing the well from the drilled rock. Taking into account the fact that several pumps are provided on the drilling rig, they are connected to the drilling sleeve by means of drilling manifolds to supply liquid to the well. The main elements of the drilling manifold of the circulation system are shut-off devices, which, depending on the pressure, come in two types - cranes and valves. The purpose of this article is to develop a drilling manifold valve designed to operate at high pressures and provide ease of installation and repair by changing the valve connection node with pipes, as well as increasing the tightness of its shut-off unit.





### The main part.

A drilling manifold is used to connect drilling pumps with a swivel or a top driver, through which the liquid flows through the drill string to the bottom of the well. The drilling pumps of the circulation system have individual suction lines and one common manifold of discharge lines. The drilling discharge manifold consists of taps that connect the drilling pumps to the swivel and supply drilling fluid to the well at a pressure of up to 70 MPa. The taps are designed to connect the pump discharge line to the distributor and consist of a set of pipe sections, transition elbows and gate valves, as well as pressure gauges. The taps are designed to connect the pump discharge line to the distributor and consist of a set of pipe sections, transition elbows and gate valves, as well as pressure gauges. The gate valves of the drilling manifold are used to block the drilling fluid supply line to the well in case of gate valve repair or pump replacement. The drilling manifold may have a backup line, which requires an additional block of gate valves to switch the flow from the main line to the backup one (figure 1).



**Figure 1:** The block of valves of the drilling manifold.

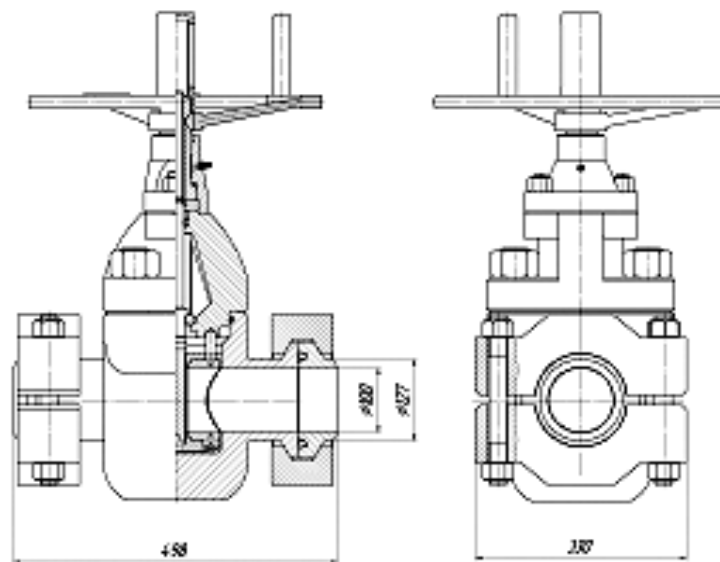
In existing drilling manifolds designed for pressures up to 45 MPa, the most commonly used are towed valves or valves with a quick-release connection (BRS) to the pipeline. Figure 2 shows the design of a 3ББМ-100×40 type slide gate valve manufactured by Tyumen Machine-Building

Company (Russia) [1], designed for installation on injection manifolds of drilling pumps. The main technical characteristics of these gate valves are as follows:

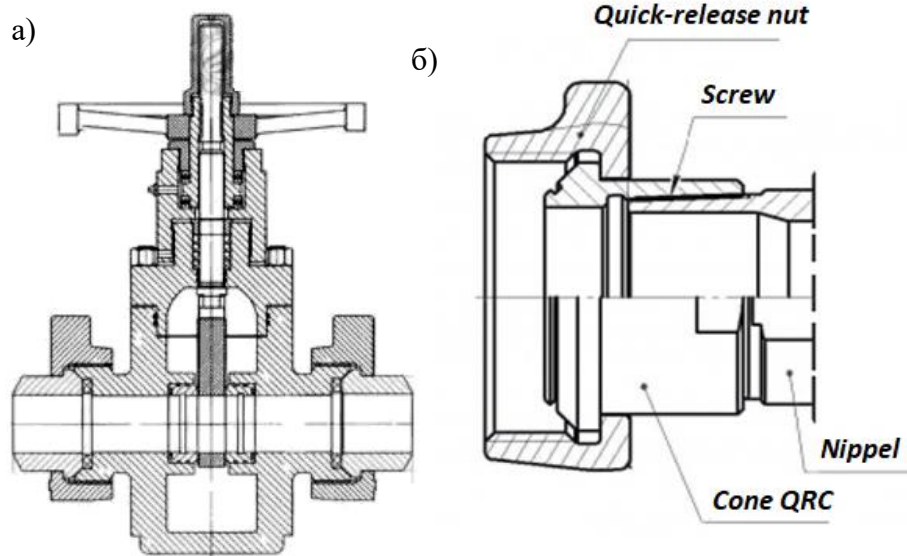
- maximum working pressure – 40 MPa;
- the nominal diameter of the passage is 100 mm;
- working environment temperature – up to + 120°C
- overall dimensions:
  - width – 300 mm;
  - height - 740 mm;
- weight with tow joints – 167 kg.

Figure 3, a shows a gate valve of the ЗБМ type (Z23Y, Z23X) manufactured by the «Комплектстройсервис» company (Russia) [2] with a quick-release connection (BRS), Fig.3, b is a bugle connection. The main technical characteristics of these valves are as follows:

- pressure – 35 MPa;
- nominal diameter of the passage – 50, 65, 80, 100 mm;
- connection size – Tr120x6; Tr130x6; Tr150x6; Tr180x8;
- length for type Z23Y – 230, 235, 270, 330 mm;
- length for type Z23X is 205, 235, 270, 330 mm.



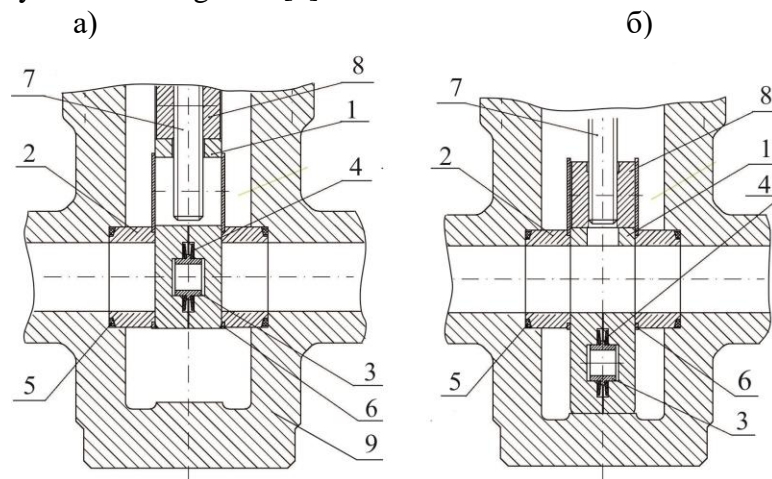
**Figure 2:** The yoke assembly gate valve of the drilling manifold



**Figure 3:** Gate valve with quick-release connection (a), gate valve assembly (b)

At higher pressures, valves of the Z43Y type with a flanged connection are used, the design of which is similar to the design of direct-flow gate valves used for fountain fittings.

Considering the fact that in recent years, the most commonly used for drilling manifolds are towed gate valves and gate valves with quick-release connections, necessary to reduce the time to change gate valves for repair or cleaning, there is a need to improve the design of the locking assembly of these gate valves, designed for higher pressures to increase the tightness of the gate and ensure a high degree of maintainability of the gate. For this purpose, it is proposed to use the gate valve assembly shown in Figure 4 [3].



**Figure 4:** The proposed shut-off unit of the yoke assembly gate valve (or gate valve with BRS) for the drilling manifold

The gate valve consists of a flat prefabricated gate 1 with a passage hole corresponding to the passage hole of the gate valve, and two seats 2. The gate consists of two flaps, each of which has hole at the place of their contact with each other, into which the bushing 3 is inserted. Disc springs 4 are installed inside the opening of each die, resting against the sleeve 3. The outer surfaces of the gate dies are in contact with the seats 2, which are located in the bores of the housing 9. Annular grooves are made at the ends of the saddles, in which self-sealing cuffs 5 are placed. The gate dies are limited by the cheeks 6 during assembly. A spindle 7 is screwed into the assembly gate, when rotating in the running nut 8 in one direction or the other, the valve is either closed (Fig.4, a) or open (Fig.4, b).

During the assembly of the locking assembly, the gate 3 is assembled together with two dies 1, a sleeve 3 and unclenched disc springs 4 is passed between the cheeks 6. During assembly, as the gate 3 is lowered into the seat, thanks to the bevels provided at the outer ends of the dies, the disc springs 4 are compressed. When the gate 3 moves along the dies and reaches the bottom of the valve body, the spindle 7 is screwed into the gate 3.

This position of the shut-off unit is the initial one at which the valve is open (see Fig.4, b). In this position, the opening of the prefabricated gate 1 is combined with the through hole of the valve body 9, and the liquid flow passes directly through the valve.

At the same time, due to the springy force of pressing the gate dies 1 to the seats 2 located in the bores of the valve body 9, the necessary tightness is created between the gate dies and the seats at the initial moment. Self-sealing cuffs 5 automatically provide a seal between the valve body and the seats under the pressure of the liquid flowing through the passage. This seal works well at high pressures, as the liquid tightly presses the whiskers of the self-sealing cuffs to the surfaces of the contacting parts and seals the gap.

When the gate valve is closed, the prefabricated gate 1 moves upwards due to the rotation of the spindle 7 and blocks the passage opening of the gate valve body (Fig.4, a). The flow of the medium, acting on the dies regardless of the direction of movement of the liquid flow, and creates a force equal to the force created by the disc springs 4. At the same time, even at high pressures, there is no gap between the contact surfaces of the gate dies and the seats, since for high pressure the disc springs are calculated for the required pressure, as a result of which the necessary material is selected, thereby ensuring the tightness of the valve when closing.

### **The method of calculating the elements of the locking device.**

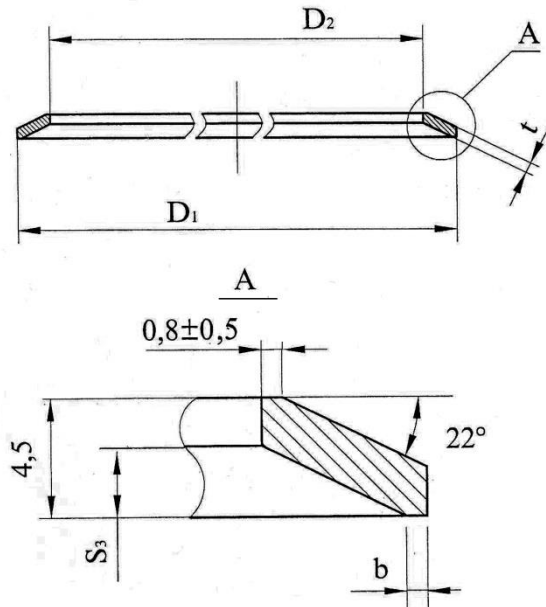
The poppet spring is calculated based on the provision of the necessary specific pressures on the sealing surfaces of the gate and seat (Fig.5). The calculation of a poppet spring with a contact surface at the top and bottom is carried out in accordance with the requirements and recommendations of ГOCT 3057-90 "Poppet springs, general mechanical conditions". The axial force Q is determined using the following formula:

$$Q = \frac{4EtS}{\gamma(1-\mu^2)(D_1-2b)^2} [(S_3 - S)(S_3 - 0,5S) + t^2]$$

Here  $D_1$ ,  $D_2$  are the outer and inner diameters of the spring, mm;  $S$  is the compression height of the spring, mm;  $S_3$  is the height of the maximum compression of the spring (height of the inner cone), mm;  $t$  is the thickness of the spring, mm;  $\mu$  is the Poisson's ratio,  $\mu = 0,3$ ;  $1 - \mu^2 = 0,91$ ;  
 $E$  – the modulus of elasticity of the spring,  $E = 2.1 \cdot 10^5$  MPa.

$$\gamma = \frac{6}{\pi \cdot \ln A} \left[ \frac{A-1}{A} \right]^2; \quad A = \frac{D_1 - 2b}{D_2 + 2b}$$

Here  $b$  is the width of the contact surface, mm;



**Figure 5:** The scheme for the calculation of the poppet spring

The required specific pressures on the sealing surfaces are calculated using the formula:

$$q_s = \frac{C + kP_w}{\sqrt{b_1}}$$

where  $C = 35$ ;  $k = 1$  – for steel materials;  $P_w$  – working pressure, MPa;  $b_1$  – width of the sealing surface.

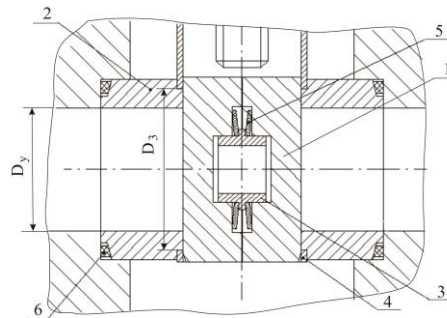
The value of the preliminary specific pressure at  $P_p = 0$ :

$$q_s = \frac{35}{\sqrt{b_1}}$$

The specific pressure created by the poppet spring is determined by the formula:

$$q = \frac{Q}{0,785(D_3^2 - D_n^2)}$$

where  $D_3$ ,  $D_n$  are, respectively, the outer diameter of the seat at the point of contact with the gate and the nominal diameter of the passage of the gate valve body (Fig.6).



**Figure 6:** The scheme for calculating the poppet spring: 1 – poppet spring; 2 – sleeve; 3 – cheeks. The tightness conditions are met if  $q_s > q$ .

### Conclusion

1. As a result of the conducted research, in order to improve the design of the gate valves of the drilling manifold, it was proposed to manufacture a gate consisting of two halves, each of which has grooves for installing disc springs in them, ensuring reliable sealing of the shut-off unit.
2. Bevels are provided at the lower side ends of the gate, which facilitate and accelerate the assembly of the gate valve assembly.
3. A method for calculating the tightness of the gate valve assembly is given, based on a comparison of the preliminary specific pressure on the sealing surfaces and the specific pressure created by the poppet spring.

### Declarations

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### Study Limitations

There are no limitations that could affect the results of the study.

### Acknowledgment

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### REFERENCES

1. <http://zavtmk.ru/katalog-produktsii/zapmanifold/zadvizhka-burovaya-bugelnaya-zbbm-100h40/>
2. [http://nppkss.ru/zadvizhki\\_z23y\\_z43y\\_z23y](http://nppkss.ru/zadvizhki_z23y_z43y_z23y)
3. Eyvazova Z.E., Karimova İ.A. Shiberlin duzaxınlı sıyirtmə. Patent İ 2023 0023. 2023, 11 s.



## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЗАДВИЖКИ БУРОВОГО МАНИФОЛЬДА

**Зулейха Эйвазова<sup>1</sup>, Андрей Лужанский<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Доцент, кандидат технических наук, кафедра “Промышленные машины”, Азербайджан. E-mail: zeyvazova@gmail.com

<sup>2</sup>Магистрант, Нефтемеханический факультет, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан. E-mail: luzhanski72@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается возможность совершенствования конструкции задвижки бурового манифольда, который используется для охлаждения породоразрушающего инструмента, а также для постоянного выноса из скважины выбуренной породы (шлама). В настоящее время в существующих буровых манифольдах, рассчитанных на давление до 45 МПа, наиболее часто применяются бугельные задвижки или задвижки с быстроразъёмным соединением (БРС) с трубопроводом. При более высоких давлениях используют задвижки типа Z43Y с фланцевым соединением, конструкция которых аналогична конструкции прямоочных задвижек, используемых для фонтанных арматур.

Учитывая тот факт, что эти соединения используются для сокращения времени на смену задвижек с целью их ремонта или очищения, появилась необходимость в совершенствовании конструкции запорного узла этих задвижек, рассчитанные на более высокие давления для повышения герметичности затвора и обеспечение высокой степени ремонтпригодности задвижки. С целью совершенствования задвижки бурового манифольда предложено изменить конструкцию запорного узла, обеспечивающая надёжную герметизацию, обеспечение легкости монтажа узла шиберов. При этом шибер выполняется сборным, состоящим из двух половин, в которых предусмотрены пазы для установки в них тарельчатых пружин. Концы каждой из половин шиберов имеют скосы для легкости сборки запорного узла.

**Ключевые слова:** буровой насос, манифольд, задвижка, быстроразъёмное соединение, бугельное соединение.

## QAZMA MANİFOLDUNUN SIYIRTMƏSİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ ÜZRƏ TƏDQİQATLAR

**Zuleyxa Eyvazova<sup>1</sup>, Andrey Lujanski<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosent, texnika elmləri namizədi, "Sənaye maşınları" kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan, E-mail: zeyvazova@mail.ru

<sup>2</sup>"Neft-Mexanika" fakültəsi, Magistrant, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan, E-mail: luzhanski72@gmail.com

### XÜLASƏ

Məqalədə süxurkəsici alətin soyudulması, eləcə də qazılmış süxurun (şlamın) quyudan daimi çıxarılması üçün istifadə olunan qazma manifoldu siyirtmələrin konstruksiyasının təkmilləşdirilməsi imkanlarından bəhs edilir. Hal-hazırda, 45 MPa-a qədər təzyiqlər üçün nəzərdə tutulmuş mövcud qazma manifoldlarında, buqelli siyirtmələr və ya boru kəməmindən tez ayrılan siyirtmələr ən çox istifadə olunur. Daha yüksək təzyiqlərdə, dizaynı fontan armaturlarda istifadə olunan konstruksiyaları düzaxınlı siyirtmələrə bənzəyən flanslı Z43Y tipli siyirtmələr istifadə olunur.

Bu birləşmələrin onların təmiri və ya təmizlənməsi üçün siyirtmələrin dəyişdirilməsi vaxtını azaltmaq və yüksək səviyyədə təmirini təmin etmək üçün istifadə edildiyini nəzərə alaraq, kiqliyi artırmaq üçün daha yüksək təzyiqlərə nəzərdə tutulmuş bu siyirtmələrin bağlayıcı düyünün konstruksiyasının təkmilləşdirilməsinə ehtiyac var. Qazma manifoldu siyirtməni yaxşılaşdırmaq üçün etibarlı kiqliyi təmin edən və quraşdırılmasının asanlıqını təmin edən şiberin dizaynını dəyişdirmək təklif edilmişdir. Bu vəziyyətdə, iki yarıdan ibarət olan şiberin içərisində ninçəvari yaylarının quraşdırılması üçün yivlər verilir. Şiberin hər yarısının ucları bağlayıcı düyünün quraşdırılmasının asanlıqı üçün əyilmişdir.

**Açar sözlər:** qazma nasosu, manifold, siyirtmə, tez ayrılan birləşmə, buqel bağlantısı.

#### Publication history

Article received: 15.01.2024

Article accepted: 05.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-43



# IMPROVING THE RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY OF GAS AIR COOLING DEVICES BY USING A REPAIR AND RECOVERY COMPOUND

**Natig Abbasov<sup>1</sup>, Serdar Sabirli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate professor, "Industrial machinery" Department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Candidate of technical sciences, Azerbaijan. E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Magistr, "Industrial machinery" Department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: ssabirli@std.beu.edu.az

## ABSTRACT

Over the last two decades, different gas transportation companies has placed significant emphasis on the issues of energy efficiency and energy conservation. The allocation of electrical energy for the operation of air-cooling mechanisms for gas in a compressor station equipped with gas turbine pumping units ranges from 22% to 48%. The primary aim of this study is to improve the durability of the bearings in the electric motor of the gas air cooling device. This will be achieved by investigating various approaches to reduce friction. The objective will be accomplished by the use of advanced surface technology with enhanced strength properties. The use of the Repair and Recovery Compound (RRC) inside the lubrication system or its direct application onto the friction pairs' surface is contingent upon the unique characteristics and design of the particular unit undergoing treatment. The objects undergoing processing included the use of specialist lubricants. The items in question are primarily the ball bearings that are located inside the drive electric motors of air-cooling fans used in gas compressor stations. The results obtained from the study examining the effectiveness of using serpentine-based compositions on electric motor bearings demonstrate a noticeable impact on the outermost layers of the metal surfaces that come into contact. This impact enables beneficial modifications in the operating characteristics of the device.

The effectiveness of repair and restoration chemicals mostly depends on the manufacturer responsible for their creation. A comprehensive economic assessment is essential when choosing a compound for the processing of rubbing components in equipment. This assessment should include several factors such as the cost of the compound, processing expenditures, and the time necessary for cost recuperation.

**Keywords:** gas air cooling devices, bearings, reliability, energy efficiency, energy saving, repair and recovery compound.

## Introduction.

In the contemporary gas transportation system, the optimization of gas air coolers (ACUs) entails not only the timely execution of maintenance and repair activities, but also the systematic use of advanced techniques for rejuvenating deteriorated components, assemblies, and interfaces. [1].

In order to achieve cost reduction, minimize expenses related to spare parts, optimize labor allocation for workers, enhance operational efficiency of machines and equipment, and extend their service life, it is essential to promptly diagnose and fix worn-out components of the devices. According to sources [2, 8], a significant portion of the power used at a compressor station

equipped with gas turbine pumping units is allocated to gas air cooling devices, ranging from 22% to 48%.

**Table 1:** Results of measured parameters.

Object of control, electrical type. Engines	Vibration level of bearing motors	Noise level	Power consumption	ACA gas fan shaft run-out
ACA gas st. No. 1, eex-diibt3, Control	148% increase in vibration	Increased noise level 93.2 dba	Decreased by 28.5% before bearing failure	Increased by 7.76%
ACA gas st. No. 2, eex-diibt4, Treated with composition of company 2	Vibration reduction by 42%	Reduction in noise level from 88.6 to 87.8 dba (1%)	Decreased by 1.08%	Increased by 3.17%
ACA gas st. No. 3, eex-diibt3, Treated with composition of company 1	77% increase in vibration	Increase in noise level from 88.6 to 92.6 dba (4.5%)	Increased by 0.6%	Increased by 1.07%

The focus of this research is a compressor station located in the Bashkortostan. The station was used as a testing site for a repair and restoration composition, which is a finely dispersed multicomponent combination consisting of minerals, additives, and catalysts. [3].

In alignment with technological advancements, repair and restoration compounds are introduced into the carrier substance, namely lithol, which already contains friction products, rather than introducing new ones [4].

The use of RRC entails a series of continuous procedures that may be categorized into three distinct phases, as seen in Figure 1. The fusion of RRC particles with the crystal lattice of the surface layer of steel occurs due to the friction process and the subsequent rise in temperature between the friction pairs (refer to Figure 1a).

Subsequently, the formation of novel crystals occurs inside the border area, resulting in the creation of a unified metallic structure (refer to Figure 1b). Following this, the crystals align themselves along the surfaces that experience rubbing in the friction pairs and amalgamate, resulting in the formation of an uninterrupted sequence of solid solutions or individual crystals that span the whole of the parts' surface (refer to Figure 1c). All of the aforementioned processes occur in close temporal proximity.

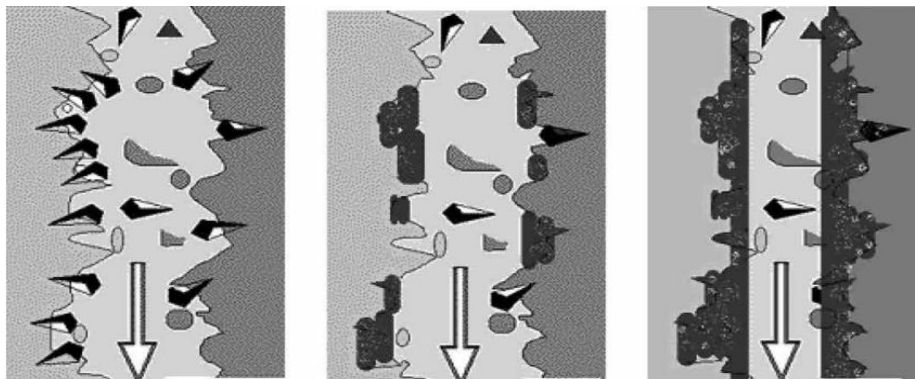
Upon application of RRC at the contact locations, the friction between the metal surfaces transitions from "metal-metal" to a "metal-modified layer" interaction. This altered pairing exhibits a notably reduced friction coefficient and is distinguished by its enhanced resistance to wear. The fundamental characteristics and measures of the resultant altered stratum [5, 6]:

- coefficient of linear thermal expansion varies from 13.6 to 14.2;
- friction coefficient is approximately 0.007;
- surface microhardness ranges from 690 to 710 HB;
- impact strength is 50 kg/mm<sup>2</sup>;
- corrosion resistance – high;
- wear resistance – increased.

The examination of intricate friction phenomena and the rejuvenation of deteriorated surfaces of components via the use of RRC technology necessitates the consideration of mechanical, physical, and chemical processes that transpire at the atomic-molecular scale inside the surface layers of these components when subjected to friction [7].

The present study aims to outline the methodology used in conducting experimental research. During the course of the study, the researchers used a mineral composition for the purpose of manufacturing bearings, which was derived from serpentines obtained from two distinct firms (hence referred to as Company 1 and Company 2). The ball bearings of the driving electric motors of ACA gas compressor fans were subjected to treatment using specialized lubricating solutions.

- two bearings from electric motor No. 3, type EExdIIBT3, treated with composition from company 1;
- two bearings from electric motor No. 2, type EExdIIBT4, treated with composition of company 2.



**Figure 1:** The process of formation of a modified layer on the surfaces of friction pairs: *a* – the beginning of the influence of the surface layer of steel; *b* – formation of new metal crystals; *c* – formed surface layer.

For a control comparison, we selected the ACA gas electric motor No. 1, type EEx-dIIBT3, with similar bearings (closed-type bearings packed with lithol-type grease for the entire service life). To process the bearings, the electric motors were dismantled from the gas cooler and processed at the production facilities of the operating organization. The first measurements of the parameters of the gas air cooler electric motors began after installation. Four days after the bearings were treated, electric motors No. 2 and 3 operated for 797 hours, controlled No. 1 – 403 hours (until bearing failure).

Before measuring the operating parameters of the gas air cooler, the angles of attack of the gas air cooler fan blades were determined. Due to the fact that this parameter determines the load on the gas air cooler fan drive, the initial values of the operational parameters depend on this characteristic. Next, the following types of measurements were taken to assess the condition of the bearings:

- measuring the level of vibration of the electric motor housing at the lower bearing of the gas air cooler;
- noise level measurement;

- measuring the current strength of the gas air cooler electric motor, determining the consumed electricity;
- measuring the run-out of the ACA gas fan shaft.

Methodologically, the equipment efficiency assessment was carried out in three stages - before treatment with the compounds and periodically after treatment - for a month. Parameters affecting the operation of the equipment were also monitored: ambient air temperature, atmospheric air pressure.

### **Discussion of experimental results.**

The experimental findings are shown in Table 1. Based on the provided data, it can be inferred that the application of treatment to the bearings of electric motor ACA gas No. 3, using the composition from business 1, resulted in a 1.07% increase in run-out after one month of operation, equivalent to 797 hours. Positive dynamics have not been attained for other parameters. No discernible decrease in the total levels of vibration was noticed, despite the aforementioned circumstances. During the first period of operation, vibration decreased at some points, and then it began to increase. The noise level and power consumption per drive also increased by 4.5 and 0.4%, respectively. Treatment of ACA gas bearings No. 2 with composition of company 2 made it possible to achieve improved technical characteristics in all respects within a month (797 hours) of operation:

- reduction in the level of root-mean-square vibration velocity by 42%;
- reduction in noise level from 88.6 dB to 87.8 dB (by 1%);
- reduction in power consumption by 1.08%;
- increase in fan rotor run-out by 3.17%.

The gas control electric motor No. 1 had a failure during the testing period, which may be attributed to the wear-related failure of one of its bearings. Prior to the occurrence of failure, adverse changes in the parameters of electric motor No. 1 in the gas air cooler were observed. These changes included a significant increase in vibration by 148%, accompanied by a rise in noise level up to 93.2 dB. Additionally, there was a temporary decrease in electricity consumption and an increase in the fan rotor run-out. Consequently, this treatment method holds the potential to bring about favorable alterations in the operational characteristics of the equipment.

### **Conclusions.**

1. The use of RRC technology, in conjunction with conventional planned maintenance practices, has the potential to decrease the expenses associated with maintenance and repairs.
2. The efficacy of using these components (compositions) is mostly contingent upon the manufacturer, with an additional factor being the duration required for cost recovery.
3. The choice to use a composition for the treatment of frictional components in machinery should be predicated upon an economic evaluation encompassing the cost of the treatment composition, associated processing expenses, and the duration required for cost recovery.

### **Declarations**

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.



### Study Limitations

There are no limitations that could affect the results of the study.

### Acknowledgment

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### REFERENCES

1. Rubtsova I.YE., Mochalin D.S., Kryukov O.V. Osnovnyye napravleniya i zadachi energosberezheniya pri rekonstruktsii KS. Energosberezheniye i avtomatizatsiya elektrooborudovaniya kompressornykh stantsiy [Main directions and tasks of energy saving during compressor station reconstruction. Energy saving and automation of electrical equipment of compressor stations]. Nizhniy Novgorod, Vektor TiS Publ., 2012. 572 p.
2. Mochalin D.S., Titov V.G. Estimation and forecasting of energy consumption of the air gas apparatus at the compressor station. Truboprovodnyy transport [teoriya i praktika], 2015, no. 1(47), pp. 16-20.
3. Verkholtantsev A.A., Suslov A.N., Filippov M.YU. CIP technology for restoration of the technical resource of mining equipment. Gornaya promyshlennost', 2015, no. 2, pp. 46-48.
4. Borozna A.A., Salminen E.O., Pushkov D.V. The use of nanotechnology to reduce energy consumption and improve the reliability of machinery and equipment in the timber industry. Lesnoy vestnik, 2013, no. 1(93), pp. 16-19.
5. Mashkov YU.K. Tribofizika metallov i polimerov [Tribo physics of metals and polymers]. Omsk, OmGTU Publ., 2000. 105 p.
6. Drozdov YU.N. Voprosy treniya i problemy smazki [Friction issues and lubrication problems]. Moscow, Nauka Publ., 2008. 231 p.
7. Tarasenko B.F., Shapiro YE.A. Physical foundations of innovative technology for processing machines and mechanisms with repair and recovery compositions. Nauchnyy zhurnal KubGAU, 2013, no. 2(86), pp. 80-103.
8. Alimov S.V., Pifanov V.A., Miatov O.L. Physical foundations of innovative technology for processing machines and mechanisms with repair and recovery compositions. Gazovaya promyshlennost', 2006, no. 6, pp. 54-57.

## TƏMİR-BƏRPA TƏRKİBLİ QARIŞIĞININ İSTİFADƏSİ İLƏ QAZ-HAVA SOYUTMA APARATLARININ ETİBARLIĞI VƏ ENERJİ SƏMƏRƏLİYİNİN ARTIRILMASI

### Natiq Abbasov<sup>1</sup>, Sərdar Sabirli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosent, "Sənaye maşınları" kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: natiq.abbasov@asoju.edu.az

<sup>2</sup>Magistr, "Neft-Mexanika" fakültəsi, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: ssabirli@std.beu.edu.az

## XÜLASƏ

Son iyirmi ildə müxtəlif qaz nəqli şirkətləri enerji səmərəliliyi və enerjiyə qənaət məsələlərinə çox diqqət yetirmişlər. Qaz-turbin nasos qurğuları ilə təchiz olunmuş kompressor stansiyasında qazın hava ilə soyutma mexanizmlərinin işləməsi üçün elektrik enerjisinin sərfiyyatı 22% - dən 48% - ə qədərdir. Bu tədqiqatın əsas məqsədi qaz-hava ilə soyutma cihazının elektrik mühərrikindəki yastıqlarının dayanıqlığını artırmaqdır. Burada sürtünməni azaltmaq üçün müxtəlif yanaşmaları araşdırılır. Məqsəd inkişaf etmiş möhkəmlik xüsusiyyətlərinə malik qabaqcıl səth emalı texnologiyasından istifadə etməklə olunur. Yağlama sistemi daxilində təmir-bərpa tərkibinin istifadəsi və ya sürtünmə cütlərinin səthə birbaşa tətbiqi xüsusi emal olunan qurğunun unikal xüsusiyyətlərindən və dizaynından asılıdır. Baxılan hissələr sürtkü yağlarının istifadəsini əhatə edirdi. Sözügedən məhsullar ilk növbədə qaz nasos stansiyalarında istifadə olunan hava soyutma fanlarının elektrik mühərriklərinin daxilində yerləşən bilyalı yastıqlara aiddir. Elektrik mühərriklərinin yastıqlarında serpentin əsaslı kompozisiyaların istifadəsinin effektivliyinin öyrənilməsi zamanı əldə edilən nəticələr təmasda olan metal səthlərin ən xarici təbəqələrinə nəzərə çarpan təsir göstərir. Bu təsir cihazın işini müsbət şəkildə dəyişdirməyə imkan verir.

Təmir və bərpa üçün kimyəvi maddələrin effektivliyi əsasən onların yaradılmasına məsul olan istehsalçıdan asılıdır. Sürtünən avadanlıq hissələrinin emalı üçün bir kompozisiya seçərkən hərtərəfli iqtisadi qiymətləndirmə lazımdır. Bu qiymətləndirmə kompozisiyanın dəyəri, emal xərcləri və xərclərin ödənilməsi üçün lazım olan vaxt kimi bir neçə amili əhatə etməlidir.

**Açar sözlər:** qaz-hava ilə soyutma aparatları, sürtünmə yastıqları, etibarlılıq, enerji səmərəliliyi, enerji qənaəti, təmir və bərpa tərkibli qarışıq.

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ ГАЗОВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТАВА

**Натиг Аббасов<sup>1</sup>, Сердар Сабирли<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, кафедра “Промышленные машины”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Магистр, Нефтемеханический факультет, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан. E-mail: ssabirli@std.beu.edu.az

## РЕЗЮМЕ

За последние два десятилетия различные газотранспортные компании уделяли значительное внимание вопросам энергоэффективности и энергосбережения. Распределение электрической энергии для работы механизмов воздушного охлаждения газа на компрессорной станции, оснащенной газотурбинными насосными установками, составляет от 22% до 48%. Основной целью данного исследования является повышение долговечности подшипников в электродвигателе устройства газоздушного охлаждения. Это будет достигнуто путем изучения различных подходов к снижению трения. Цель будет достигнута за счет использования передовой технологии обработки поверхностей с



повышенными прочностными свойствами. Использование ремонтно-восстановительного состава внутри системы смазки или его непосредственное нанесение на поверхность пар трения зависит от уникальных характеристик и конструкции конкретного обрабатываемого узла. Объекты, подвергшиеся обработке, включали использование специальных смазочных материалов. Рассматриваемые изделия в первую очередь относятся к шарикоподшипникам, которые расположены внутри приводных электродвигателей вентиляторов воздушного охлаждения, используемых на газоперекачивающих станциях. Результаты, полученные в ходе исследования эффективности использования композиций на основе серпентина в подшипниках электродвигателей, демонстрируют заметное воздействие на самые внешние слои соприкасающихся металлических поверхностей. Это воздействие позволяет выгодно изменить рабочие характеристики устройства.

Эффективность химикатов для ремонта и реставрации в основном зависит от производителя, ответственного за их создание. При выборе состава для обработки трущихся деталей оборудования необходима всесторонняя экономическая оценка. Эта оценка должна включать несколько факторов, таких как стоимость состава, затраты на обработку и время, необходимое для возмещения затрат.

**Ключевые слова:** устройства газовоздушного охлаждения, подшипники, надежность, энергоэффективность, энергосбережение, ремонтно-восстановительный состав.

#### Publication history

Article received: 16.01.2024

Article accepted: 05.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-52

## DƏYİŞƏN YÜKLƏRİN TƏSİRİ ALTINDA QAZMA QURĞULARININ RİYAZİ TƏDQIQI

Əmir Mustafayev<sup>1</sup>, Məsumə Əhmədova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosent, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. E-mail: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Magistr, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

E-mail: ehmedovamesume123@gmail.com

### XÜLASƏ

Baxılan məqalədə müxtəlif növ yüklərin təsiri altında işləyən qazma qurğusu modelinin riyazi tədqiqi aparılmışdır. Aparılan çoxsaylı tədqiqatlar göstərdi ki, sistem tarazlıq nöqtəsinə malikdir, yuxarı və aşağı disklər sabit bucaq sürəti ilə fırlanmaqla xarakterizə olunur. Qurğunun bu vəziyyəti onun arzuolunan şəraitdə işləməsinə təmin edir. Buna baxmayaraq, yerin dərin qatlarında mühtdən və süxurun keçiriciliyinin dəyişməsindən asılı olaraq qurunt suları və süxurun qeyri-bircinsliliyi sistemdə arzuolunmaz gizli rəqsi hərəkətlərin (titrəmələrin) yaranmasına səbəb olur. Rəqsi hərəkətlər periodik dəyişməklə sistemdə tarazlıq vəziyyəti yarada bilmir.

Məqalədə qazma qurğusunun idarəetmə sistemində, sistemin dayanıqlı asimptotik funksiyasının təmin edilməsi üçün aşağı diske təsir edən sürütmə momentinin zərərli təsirlərini nəzərə almadan sistemin sabit işləməsinə təmin edən qazma qurğusunun idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsi üçün ilkin şərtlər verilmişdir.

Bu məqalədə həm də özüqaldıran qazma qurğularının zəif qurunt sularında möhkəmliyinin təmin edilməsi məsələlərinə baxılır. Bu qurğuların həm özləri, həm də ətraf mühitə təsir riski öyrənilmişdir. Bunları nəzərə alaraq qurğularda və ətraf mühitdə riskləri azaltmaq üçün tədbirlər təklif olunmuşdur. Hal-hazırda enerji resurslarının təmin edilməsi dünya ölkələrinin qarşısında duran çox saylı problemlərdən biridir. Bu problemlər yalnız karbohidrogen ehtiyatları ilə zəngin olan dövlətlərin deyil, həm də öz yataqlarını işlədən ölkələrə aiddir. Son onilliklərdə dəniz şelfində karbohidrogen ehtiyatlarının mənimsənilməsinə baxmayaraq, belə hasilat quruya nisbətən 5-8 dəfə baha başa gəlir. Hal-hazırda dənizdən neft və qaz hasilatı dünya karbohidrogen ehtiyatlarının 35-40%-ni təşkil edir. Dənizdə neft və qaz hasilatı materikdə çıxarılan yataqlardan xeyli dərəcədə fərqlənir. O, çətin aradan qaldırılıla bilən çoxsaylı xüsusiyyətlərə və problemlərə malikdir. Karbohidrogen ehtiyatlarının axtarışı və çıxarılması dəniz yataqlarında xüsusi qurğulardan, dəniz platformalarından istifadə etməklə yerinə yetirilir.

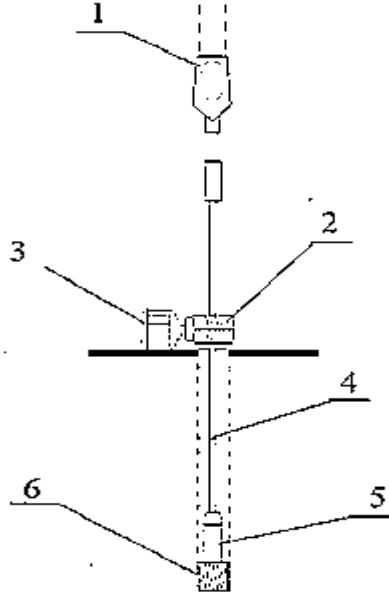
**Açar sözlər.** qazma qurğusu, riyazi model, asimptotik dayanıqlıq, fırlanma, disk, süxur, rəqsi hərəkətlər.

### Giriş

Qazma qurğularından neft və qaz hasilatı sənayesində geniş istifadə olunur. Neft və qaz sənayesində neftin və qazın istehsalında texnoloji proseslərin dayanmasının əsas səbəblərindən biri də qazma avadanlığının sıradan çıxmasıdır. Aparılan tədqiqat işləri göstərir ki, qazma qurğusunun təmiri külli miqdarda xərc tələb edir. Aparılan elmi araşdırmalar göstərir ki, qəzaların və xərclənən məsrəflərin sayının azaldılması, neft-qaz sənayesinin səmərəliliyinin artırılması, qəzaları yaradan səbəblərin zəruri tədqiq olunmasını tələb edir. Tədqiq olunan qazma qurğusu (şək. 1): qaldırıcı sistemdən (1), qazma rotoru stolundan (2), mühərrikdən (3), qazma kəməridən (4), uzadıcıdan (5) və kəmər başlığından (6) ibarətdir.



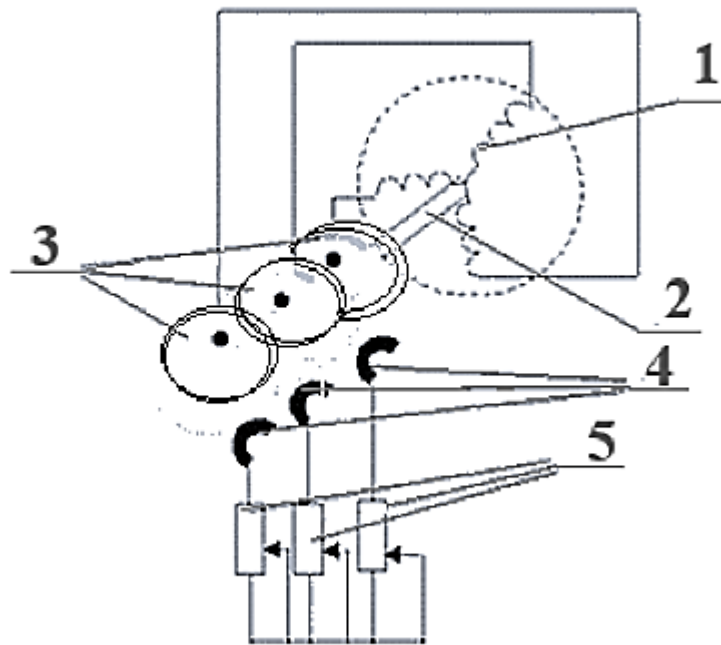
Qazma kəmərinə aşağıdakı elementlər daxildir: qazma borusu, uzadıcı və kəmər başlığı. Qazma qurğusu quyunun sərbəst ucunda qazma başlığı olan kəsici elementləri yaradır. Qazma kəmərinin fırlanma hərəkəti momenti transmissiya yolu ilə qazma rotoru masasına bağlanan mühərrik tərəfindən ötürülür. Qazma zamanı qazma kəməri borusu rəqsi hərəkətlərin baş vermə xüsusiyyətindən asılı olaraq rəqsi hərəkətlərə (vibrasiyalara), burulmadan yaranan titrəyişlərə, oxboyu titrəyişlərə və eninə istiqamətdə yaranan titrəyişlərə məruz qalır.



**Şəkil 1:** Qazma qurğusu: 1 – qaldırıcı sistem, 2 – qazma rotorunun masası, 3 – mühərrik, 4 – qazma kəməri, 5 - uzadıcı, 6 – qazma başlığı.

Baxılan məqalə qazma borusunun burulma zamanı məruz qaldığı titrəyişlərdən bəhs edir. Bu növ titrəmələr qazma qurğusu üçün ən təhlükəli və dağıdıcı hesab olunur. Burulmadan yaranan titrəmələr təkcə qazma borusunun deyil, həm də bütün qazma qurğusunun dağılmasına səbəb olur. Bu cür hallar öz növbəsində qazma qurğusunun bərpasında xeyli dərəcədə xərclərin yaranmasına və texnoloji prosesin kifayət qədər uzun müddət dayanmasına səbəb olur. MDB ölkələrində bu məsələləri araşdıran tədqiqatçı alimlər [1,2,3,4] və xarici [5] alimlər qazma qurğularında titrəyişlərlə bağlı problemləri öyrənmiş və bu sahədə öz fikirlərini bildirmişdir. Qazma qurğusu ilə bağlı tərtib olunan modellər haqqında da kifayət qədər məlumat verilmişdir [5,6]. Qazma qurğusunun qısa şəkildə riyazi modeli haqqında məlumatlar daha çox [6]-da verilmişdir. Bu modelin tərkibinə sabit cərəyanla işləyən mühərrik və qurğunu hərəkətə gətirən mürəkkəb konstruksiyalı elementlər daxildir. Bu elementlər baxılan mühərriklərdə əlavə xərclərin yaranmasına və ona göstərilən xidmətdə müəyyən çətinliklər yaradır. Faza rotorlu asinxron mühərriklərdə yuxarıda qeyd olunan neqativ hallara rast gəlinmədiyindən, qazma qurğularında bu mühərriklərdən daha çox istifadə olunur [1]. Dəyişən yük altında işləyən fazalı rotorlu asinxron mühərrikli qazma qurğusunun modelinə baxmaq tələbi yaranır. Asinxron mühərrikin əsas hissəsi -

stator və fırlanan rotordur. Üç fazlı asinxron mühərrikin statoru tökmə üsulu ilə hazırlanmış, çərçivəyə preslənmiş maqnit tellərdən ibarətdir. Statorun üç fazlı zolağı üçün maqnit tellərinin daxili səthində keçiriciləri yerləşdirməkdən ötrü pazlar açılır. Üç fazlı asinxron mühərrikin rotoru silindrə oturulmuş valdan ibarət olub, ucları üç kontaktlı halqaya birləşdirilmiş üç fazlı bir ulduzla birləşdirilir və silindrin valına oturdulur və halqalar öz aralarında və valdan elektrikle izolyasiya olunur (şək.2). Rotorlu asinxron mühərrik fazlı dolabdan(1), valdan(2), kontakt halqalardan(3), fırçalardan(4), tənzimləyici reostatlardan(5), qazma başlığından(6) ibarətdir. Fazlı rotorlu asinxron mühərrik daha yaxşı işədüsmə(sıçrayış) və tənzimlənmə xüsusiyyətlərinə malik olsalarda, lakin rotorlu fazlı asinxron mühərrikin çəkisi, ölçüləri və qiyməti qısa qapanmalı asinxron mühərriklərə nisbətən daha yaxşı olur [3].



**Şəkil 2:** Fazlı rotorlu asinxron mühərrikin sxemi (1 – faza dolabı, 2 – val, 3 –kontakt halqaları, 4 – fırçalar, 5 – tənzimləyici reostatlar, 6 – qazma başlığı)

### Məsələnin qoyuluşu

Qazma qurğusunun yuxarı və aşağı disklərinin fırlanma rejimini təyin edən diferensial tənliklərin çıxarılışı [1]:

$$J_y \varphi_y = -k_\varphi(\varphi_y - \varphi_a) - b(\varphi_y - \varphi_a) - T_{fy}(\varphi_y) + k_m u; \quad (5)$$

$$J_a \varphi_a = k_\varphi(\varphi_y - \varphi_a) + b(\varphi_y - \varphi_a) - T_{fa}(\varphi_a); \quad (6)$$





burada  $\varphi_y$  və  $\varphi_a$  – yuxarı və aşağı disklərin bucaq yerdəyişmələridir,  $J_y$  və  $J_a$  – yuxarı və aşağı disklərin ətalət momentləridir;  $b$  – sürtünmə əmsalındır,  $k_\varphi$ ,  $k_m$  – müsbət əmsallardır.

$T_{f_y}(\varphi)$ ,  $T_{f_a}(\varphi)$  – yuxarı və aşağı çarxlara təsir edən sürtünmə vaxtlarıdır.

Mühərrikin dinamikasını nəzərə almaqdan ötrü qazma qurğusu üçün yazılan modelə (2) asinxron mühərriklərin işini müəyyən edən dinamika tənliklərini (1) əlavə etmək tələb olunur:

$$J_y \ddot{\varphi}_y = -k_\varphi(\varphi_y - \varphi_a) - b(\dot{\varphi}_y - \dot{\varphi}_a) + nMS \sum_{k=1}^3 i_k \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_y - \frac{2(k-1)\pi}{3}\right); \quad (7)$$

$$Li_1 = -Ri_1 - nMS \varphi_y \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_y\right); \quad (8)$$

$$Li_2 = -Ri_2 - nMS \varphi_y \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_y - \frac{2\pi}{3}\right); \quad (9)$$

$$Li_3 = -Ri_3 - nMS \varphi_y \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_y - \frac{4\pi}{3}\right); \quad (10)$$

$$J_a \ddot{\varphi}_a = k_\varphi(\varphi_y - \varphi_a) + b(\dot{\varphi}_y - \dot{\varphi}_a) - T_{f_a}(\varphi_a); \quad (11)$$

[5] düsturuna əsasən qazma qurğusunun aşağı diskinə təsir edən sürtünmə momentinin modeli aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər [6,7]:

$$\text{burada, } \omega + \varphi_a \neq 0, T_{f_a}(\omega + \varphi_a) \in \{T_{c_a}(\omega + \varphi_a) \text{sign}(\omega + \varphi_a), \quad (12)$$

burada,  $\omega + \varphi_a = 0, [-T_0, T_0]$

$$T_{c_a}(\omega + \varphi_a) = \frac{T_0}{T_{s_a}} (T_{p_a} + (T_{s_a} - T_{p_a}) e^{|\frac{\omega + \varphi_a}{\omega_{s_a}}|^{\delta_{s_a}}} + b_a |\omega + \varphi_a|), \quad (13)$$

burada,  $T_\varphi, T_{s_a}, T_{p_a}, \omega_{s_a}, \delta_{s_a}$  və  $b_a$  – müsbət əmsallardır.

Dəyişənləri daxil edək:

$$\omega_y = -\varphi_y, \omega_a = -\varphi_a, \varphi = \varphi_y - \varphi_a, \quad (14)$$

$$x = -\frac{2}{3} \frac{L}{nsB} \sum_{k=1}^3 i_k \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_y - \frac{2(k-1)\pi}{3}\right), \quad (15)$$

$$y = -\frac{2}{3} \frac{L}{nsB} \sum_{k=1}^3 i_k \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_y - \frac{2(k-1)\pi}{3}\right) \quad (16)$$

$$z = i_1 - i_2 + i_3 \quad (17)$$

(4)-modelində [1]-i aşağıdakı kimi ifadə edək:

$$x = -cx + y\omega_y, \quad (18)$$

$$y = -cy - \omega_y - x\omega_y, \quad (19)$$

$$z = -cz, \quad (20)$$

$$\varphi = \omega_a - \omega_y, \quad (21)$$

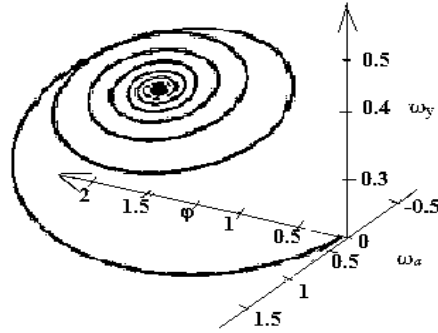
$$\omega_y = \frac{k_\varphi}{I_y} \varphi + \frac{b}{I_y} (\omega_a - \omega_y) + \frac{a}{I_y} y, \quad (22)$$

$$\omega_y = -\frac{k_\varphi}{I_a} \varphi - \frac{b}{I_a} (\omega_a - \omega_y) + \frac{1}{I_a} T_{f_a}(\omega - \omega_a), \quad (23)$$

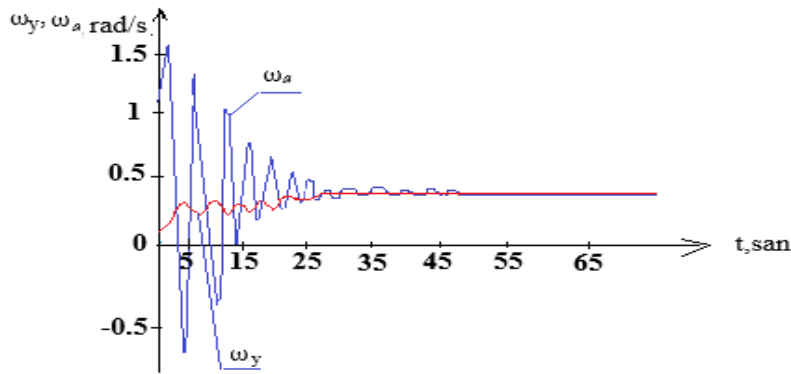
$$\text{burada, } a = \frac{3(nsB)^2}{2L}, c = \frac{R}{L}. \quad (24)$$

Qazma qurğusu modelinin dayanıqlığını təhlil edərkən analitik hesabat üsullardan (5) istifadə etmək məqsədəuyğun hesab olunmur. Buna səbəb aşağı diskə təsir edən sürtünmə momentinin qeyri-xətti funksiyası hesabına modelin böyük ölçüdə alınması əlavə mürəkkəbləşmələrə səbəb olur. Ona görə də aşağı diskə düşən dəyişən yükün təsirindən yaranan titrəmələri təyin etməkdən ötrü (5) sistemi üçün kompüter tədqiqatlarını aparmaq kifayət edir. Qazma texnikasının metodikası aşağıdakı kimidir: qazma borularını fırlanma hərəkətinə gətirməkdən ötrü qazma rotorunun masasına bərkidilmiş mühərrik işə salınır. Elastiki qazma boruları quyuda bərk süxurlarla qarşılaşana qədər bükülür. Bu zaman sistem boş rejimdə olur. Aşağı diskə təsir edən sürtünmə momentinin ( $T_{f\alpha}$ ) minimal təsiri boş rejimlə xarakterizə olunur [8,9].

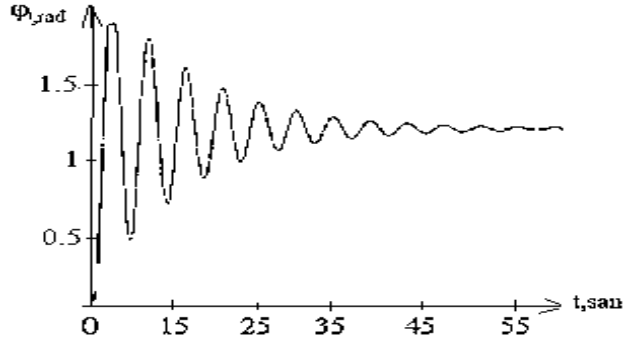
(5) sistemi üçün kompüter tədqiqatını aşağı diskə təsir edən sürtünmə momentinin çox kiçik qiymətləri üçün ( $T_{\varphi}=0,002$ ) qazma qurğusunun dayanıqlı vəziyyətinə baxaq: Sistemin parametrlərini aşağıdakı kimi qəbul edək:  $\omega = 8$ ,  $J_y=0,4765$ ,  $J_{\alpha} = 0,035$ ,  $k = 0,075$ ,  $a = 2,1$ ,  $b = 0,01$ ,  $T_{s\alpha} = 0,26$ ,  $T_{p\alpha}=0,05$ ,  $\omega_{s\alpha}=2,2$ ,  $\delta_{s\alpha}=1,5$ ,  $b_{\alpha}=0,009$



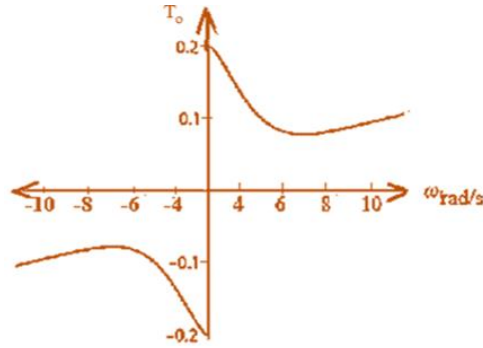
Şəkil 3:  $T_{\varphi} = 0,2$  yük altında qazma sisteminin dayanıqlı vəziyyətini təmin edən faza görünüşü



Şəkil 4:  $T_{\varphi} = 0,2$  yükünün təsiri altında  $\omega_y$  və  $\omega_{\alpha}$  bucaq sürətlərinin keçid mərhələlərinin qrafiki.



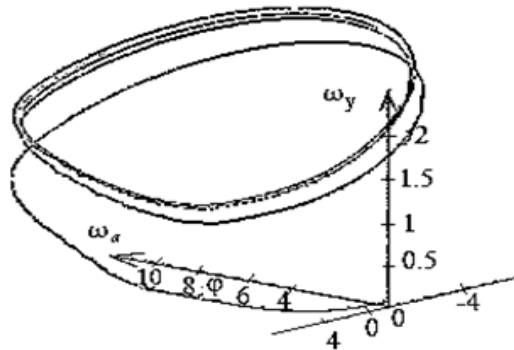
Şəkil 5:  $T_o = 0,2$  yükün təsiri altında bucaq yerdəyişməsinin ( $\varphi$ ) keçid qrafiki.



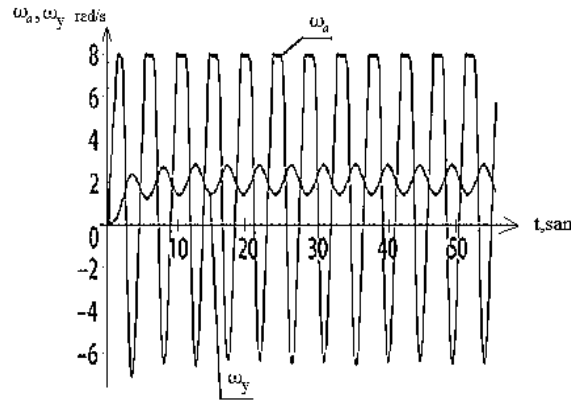
Şəkil 6: Qazma qurğusunun aşağı diskinə təsir edən sürtülmə momentini təyin edən qrafik

Kompüterlə aparılan tədqiqatların nəticələri göstərdi ki, sistemdə tarazlıq nöqtəsi mövcuddur. Bu nöqtədə sabit bucaq yerdəyişməsinin qiyməti ( $\varphi = \text{const}$ ) çarxın yuxarı və aşağı disklərinin hər ikisinin eyni vaxtda fırlanması ilə xarakterizə olunur (şək. 3,4,5, 6). Belə hallar bütövlükdə götürülmüş qazma qurğusunun normal işləməsi üçün arzuolunandır. Lakin çox vaxt süxurun qeyri-bircinsliyi, xüsusilə də quyunun daha bərk süxurlardan ibarət olan təbəqələrində qazma zamanı keçid və mühidə baş verən dəyişikliklər sistemdə arzuolunmaz gizli titrəyişlərin baş verməsinə səbəb olur. Bu zaman titrəyişlərin baş vermə oblastı özündə tarazlıq vəziyyətini saxlamır. [1,10,11,12].

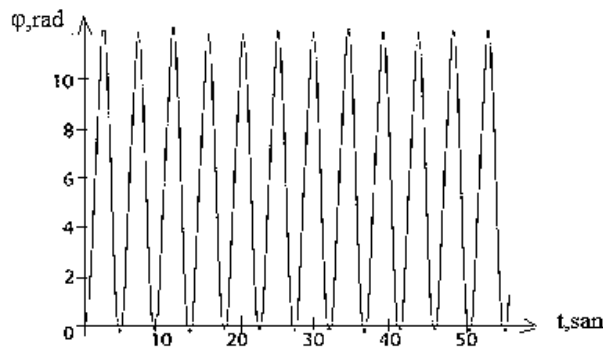
Aşağı diskə (4) xeyli dərəcədə gizli titrəmələrin təsirini ( $T_o = 0,7$ ) nəzərə alaraq (5) sistem tənliyi üçün kompüter tədqiqatını aparaq.



**Şəkil 7:** Gizli titrəmələrin təsiri altında qazma sisteminin faza görünüşü.



**Şəkil 8:** Gizli titrəmələrin təsiri altında bucaq sürətlərinin ( $\omega_y$  və  $\omega_a$ ) keçicilik prosesləri



**Şəkil 9:** Gizli titrəyişlərin təsiri altında bucaq yerdəyişməsinin( $\varphi$ ) bir fazadan digər fazaya keçid prosesi

Neft və qaz sənayesində fasilələrin yaranmasının başlıca səbəbləri qazma borusunun gizli titrəyişlərin təsirindən qırılmasıdır(Şəkil 7).Bu istiqamətdə çoxlu sayda tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq,qazma borularının qırılmasının qarşısını almaq hələ də aktual bir problem kimi açıq qalmaqdadır[1-6]. Hal-hazırda aparılan tədqiqatlarda gizli titrəyişlərin təsiri nəticəsində qazma qurğusunun sıradan çıxmasının qarşısını almaqdan ötrü sistemə xarici müqaviməti və ya reostatı daxil etməklə, rotorlu fazalı asinxron elektrik mühərrikinin dayanıqlılığını təmin etməkdən ötrü müəyyən təkliflər irəli sürülür[1,3] (şək.8).

Lakin, sintez zamanı baş verən pozğunluqların xarakterini və qazma qurğusunun(4) aşağı diskinə təsir edən sürtünmə momentinin funksiyası nəzərə alındığından bu yanaşmaları nəticə etibarilə idarəetmə alqoritminin məhdud tətbiq dairəsinə aid etmək olar.

### Məsələnin həlli üsulları

Fazalı rotorlu asinxron mühərrikin iş dinamikası aşağıdakı diferensial tənliklər sistemi vasitəsilə müəyyən edilir [6,7]:



$$J\dot{\varphi} = nMS \sum_{k=1}^3 i_k \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \frac{2(k-\pi)}{3}\right) - M_f ; \quad (1)$$

$$Li_1 + Ri_1 = -nMS\varphi \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) ; \quad (2)$$

$$Li_2 + Ri_2 = -nMS\varphi \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \frac{2\pi}{3}\right) ; \quad (3)$$

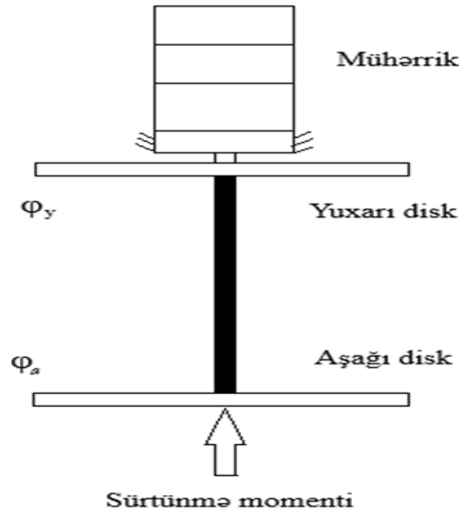
$$Li_3 + Ri_3 = -nMS\varphi \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \frac{4\pi}{3}\right) ; \quad (4)$$

burada  $n$ - sarğıların sayıdır,  $MS$ - rotordan keçən maqnit selidir,  $\square$  – rotorun fırlanma bucağıdır,  $i_k$  –  $k$ -cı sarğıdakı cərəyandır,  $R$  – rotor sarğısındakı ümumi müqavimətdir,  $L$  –rotor sarğısının induktivliyidir,  $J$  – rotorun ətalət momentidir,  $M_f$  – müqavimət qüvvə momentidir.

Faza rotoru (1) ilə asinxron mühərrikin iş prinsipini müəyyən edən riyazi modelin tərtibatında istifadə olunan fərziyyələr [1]:

1. Poladdan hazırlanmış stator və rotorun maqnit keçiriciliyi sonsuzluğa bərabərdir.
2. Burulğanlı cərəyan, histerizə və itkilər nəzərə alınmaya bilər.
3. Maqnit sahəsinin rotorun çevrəsi boyunca bərabər paylandığı güman edilir.
4. Statorun sarğısı güclü sinusoidal gərginlik mənbəyinə qoşulur.

Asinxron mühərrikli qəza qurğusunun modelini quraq. Qazma qurğusunun modeli polad çubuqla birləşdirilən iki disk kimi təqdim edilmişdir. Hər iki disk öz oxlarına nisbətən fırlana bilər. Yuxarı disk rotor fazalı asinxron mühərriklə hərəkətə gətirilir, aşağı disk isə müxtəlif tərkibli süxurların qazılmasında yaranan sürtünmə qüvvələrinin modelini yaratmaqdan ötrü əyləc mexanizmi ilə birləşdirilmişdir (şək.9, 10).



**Şəkil 10:** Qazma qurğusunun sadə modeli.

### Nəticə

Aparılan tədqiqatların əsas məqsədi qazma qurğusunun mühərrikdə baş verən qüsurları tənzimləmək, aşağı diskə (4) təsir edən istənilən rəqsi hərəkətlərin təsirləri nəzərə almadan

idarəetmə alqoritmini yerinə yetirə bilən asimptotik dayanıqlı funksional sistemin işinin təmin edilməsi üçün qazma qurğusunun mühərrikində baş verən nasazlıqları tənzimləməkdir.

### **Bəyannamələr**

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

### **Təhsil Məhdudiyyətləri**

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

### **Təşəkkürlər**

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. N.V. Kondratyeva, N.V. Kuznetsov, M.A. Kiseleva, G.A. Leonov, E.P. Solovyeva, Hidden periodic oscillations in drilling system driven by induction motor// Preprints of the 19th World Congress The International Federation of Automatic Control Cape Town, South Africa. August 24-29, 2014, Pp. 5872 – 5877.
2. Леонов Г.А., Киселева М.А. Устойчивость электромеханических моделей буровых установок при резкопеременных нагрузках // Доклады Академии наук, 2012, Том 444, Вып. 2, с. 160–164.
3. Киселева М. А., Локальная устойчивость буровых установок, приводимых в движение асинхронным двигателем //Вестник С.-Петербур. ун-та, 2012, сер. 1, Вып. 3, с. 39–41.
4. Киселева М. А., Леонов Г. А. Задача устойчивости буровой установки при резкопеременных нагрузках // Международная научная конференция по механике “Шестые поляховские чтения”, Тезисы докладов, 2012, Санкт-Петербург, Россия, с. 45.
5. Медведева Е. С. Влияние некоторых факторов на силу проявления газлийских землетрясений [Текст] / Е.С. Медведева. - Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. Серия 14. Вып.8. 1985. – с.27-33
6. Ə.Q.Mustafayev “Texniki mexanika”, 2013-cü il 420səh.
7. Ə.Q.Mustafayev “Texniki mexanika” 2015 530səh.
8. Jessberger H.I., Jordan P. Bodenmechanische Aspekte für Standsicherheits betrachtung von Offshore [Текст] – Bauwerken “Bautechn”, 1980. – 181-184.
9. Senpere D., Auvergne G.A. Suction anchor piles – a proving alternative to driving or drilling [Текст] / 14th Ann. Offshore Technol. Conf. – Houston, Tex., 1982. V.1. Dallas, Tex. 1982.– pp.483-493.
10. Самоподъемные плавучие буровые установки [Текст] /В.Н. Ясюк, Б.Р. Лившиц, В.Г. Витрик, Ясюк, В.Н., Р.С. Яремийчук. – Львов, 2011. – 436 с.



11. Senpere D., Auvergne G.A. Suction anchor piles – a proving alternative to driving or drilling [Текст] / 14th Ann. Offshore Technol. Conf. – Houston, Tex., 1982. V.1. Dallas, Tex. 1982. – pp.483-493.
12. Rosenblauth E. The Mexican earthquake: a first-hand report [Текст] // Civil Engineering. 1986. Vol.56, №1. – pp.38-40.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БУРОВЫХ УСТАНОВОК ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК

**Амир Мустафаев<sup>1</sup>, Масума Ахмедова<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Магистр, кафедра “Механика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности. E-mail: ehmedovamesume123@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

В рассматриваемой статье проведено математическое исследование модели буровой установки, работающей под воздействием различных видов нагрузок. Многочисленные проведенные исследования показали, что система имеет точку равновесия, для которой характерно вращение верхнего и нижнего дисков с постоянной угловой скоростью. Такое состояние агрегата обеспечивает его работу в желаемых условиях. Тем не менее, в глубоких слоях земли грунтовые воды и неоднородность породы в зависимости от среды и изменения проницаемости породы приводят к возникновению нежелательных скрытых колебательных движений в системе. Колебательные движения не могут создать состояние равновесия в системе из-за их периодических изменений.

В статье даны предварительные условия проектирования систем управления буровой установкой, обеспечивающих стабильную работу системы без учета вредного воздействия момента трения, действующего на нижний диск, на систему управления буровой установкой, для обеспечения стабильной асимптотической функции системы.

В данной статье также рассматриваются вопросы обеспечения герметичности самоходных буровых установок при слабых грунтовых водах. Были изучены риски как самих этих установок, так и воздействия на окружающую среду. Имея это в виду, были предложены меры по снижению рисков на объектах и в окружающей среде. В настоящее время обеспечение энергоресурсов является одной из многочисленных проблем, стоящих перед странами мира. Эти проблемы касаются не только государств, богатых запасами углеводородов, но и стран, разрабатывающих собственные месторождения. Несмотря на освоение в последние десятилетия запасов углеводородов на морском шельфе, такая добыча обходится в 5-8 раз дороже, чем на суше. В настоящее время добыча нефти и газа из моря составляет 35-40% мировых запасов углеводородов. Добыча нефти и газа на море значительно отличается от добычи на материке. Он имеет множество функций и проблем, которые трудно преодолеть. Поиск и добыча запасов углеводородов осуществляется на морских месторождениях с помощью специальных установок, морских платформ.

**Ключевые слова:** буровая установка, математическая модель, асимптотическая устойчивость, вращение, диск, порода, колебательная движения.

## MATHEMATICAL STUDY OF DRILLING RIGS UNDER THE INFLUENCE OF VARIABLE LOADS

Amir Mustafayev <sup>1</sup>, Masuma Akhmedova <sup>2</sup>

<sup>1</sup>st Department, Department of Mechanics, Azerbaijan State University of Petroleum and Industry.

Email: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>nd Master's degree, Department of Mechanics, Azerbaijan State University of Petroleum and Industry.

Email: ehmedovamesume123@gmail.com

### ABSTRACT

The article discusses the mathematical modeling of drilling rigs operating under various loads and conditions. Numerous studies have shown that the system is stable at the equilibrium point, with the upper and lower disks characterized by constant angular velocity. However, the presence of sediment waters and variations in permeability in deep layers of the earth lead to undesirable oscillatory movements (vibrations) in the system. These oscillations, periodically changing, prevent the system from maintaining equilibrium.

The article also addresses the design of control systems for drilling rigs to ensure stable operation without considering the detrimental effects of frictional moments acting on the lower disk. Furthermore, it examines the issue of ensuring the stability of self-floating drilling rigs in weak sediment waters, evaluating both their own risks and the risks posed to the surrounding environment, and proposing measures to mitigate these risks.

Finally, the article highlights the significant challenge of energy resource provision for countries worldwide. Offshore oil and gas production plays a vital role in this regard, representing a substantial source for countries. Despite difficulties in exploration and extraction, offshore production contributes significantly to global hydrocarbon reserves.

**Keywords:** drilling ring, mathematical model, asymptotic stability, launch, projection, disk, sediment, oscillatory movements, vibrations.

### Publication history

Article received: 16.01.2024

Article accepted: 06.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-59



## QASNAĞIN MATERIALI VƏ MEXANİKİ XARAKTERİKTİKASI

Nazim İbrahimov<sup>1</sup>, Qənizadə İsmayıl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor, "Materialşünaslıq və emal texnologiyaları", Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: nazim.ibragimov.2015@mail.ru

<sup>2</sup>Magistrant, "Materialşünaslıq və emal texnologiyaları", Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.

E-mail: ismayil.qenizade@gmail.com

### XÜLASƏ

Mövcud iş, müxtəlif tətbiqlərdə səmərəliliyi və davamlılığını artırmaq üçün qasnaqların dizaynına, material seçiminə mexaniki xassələrinə diqqət yetirərək, onların maddi və mexaniki xüsusiyyətlərini araşdırır. Nəzəri təhlil və eksperimental qiymətləndirmənin birləşməsi vasitəsilə biz müxtəlif materialların (metallar və polimerlər daxil olmaqla) və istehsal proseslərinin aşınma müqaviməti, dartılma gücü və istismar müddəti kimi qasnağın performans göstəricilərinə təsirini araşdırırıq. Qabaqcıl simulyasiya alətləri və eksperimental qurğular, o cümlədən dartılma sınağı və aşınma təhlili, müxtəlif yükləmə şəraitində qasnaqların mexaniki davranışını və nasazlıq rejimlərini qiymətləndirmək üçün istifadə olunur. Nəticələrimiz göstərir ki, material seçimi qasnağın mexaniki performansına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir, kompozit materiallar çəki azaltma və mexaniki möhkəmlilik arasında perspektivli tarazlıq təklif edir. Səthi təmizləmə üsulları Qasnaq sistemlərinin aşınma müqavimətini artırmaq üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Maşınqayırma sahəsində gələcək tədqiqat və təkmilləşdirmə səylərini istiqamətləndirməyi hədəfləyən xüsusi sənaye tətbiqlərində qasnaqlar üçün material seçimi və dizayn optimallaşdırma strategiyaları ilə bağlı tövsiyələr vurğulanır.

Mexanik sistemlərin səmərəliliyi və etibarlılığının əsas əhəmiyyət kəsb etdiyi bir dövrdə, tədqiqat qasnaqların maddi və mexaniki xüsusiyyətlərini araşdırır və onların dizaynında və tətbiqində əhəmiyyətli irəliləyişlərə səbəb ola biləcək anlayışları üzə çıxarmaq məqsədi daşıyır. Nəzəri çərçivələri ciddi empirik sınaqlarla birləşdirərək, tədqiqat müxtəlif materialların, o cümlədən qabaqcıl metallar, mühəndis polimerləri və yeni kompozit materiallar daxil olmaqla, Qasnaq sistemləri üçün vacib olan performans göstəricilərinə necə təsir etdiyini diqqətlə qiymətləndirir. Qasnaqların mexaniki bütövlüyünün və funksionallığının formalaşmasında ənənəvi tökmədən tutmuş müasir aşqarların istehsalına qədər istehsal texnologiyalarının roluna xüsusi diqqət yetirilir.

**Açar sözlər:** Qasnaqlar, material seçimi, mexaniki xassələr, aşınma müqaviməti, dartılma gücü, kompozit materiallar,

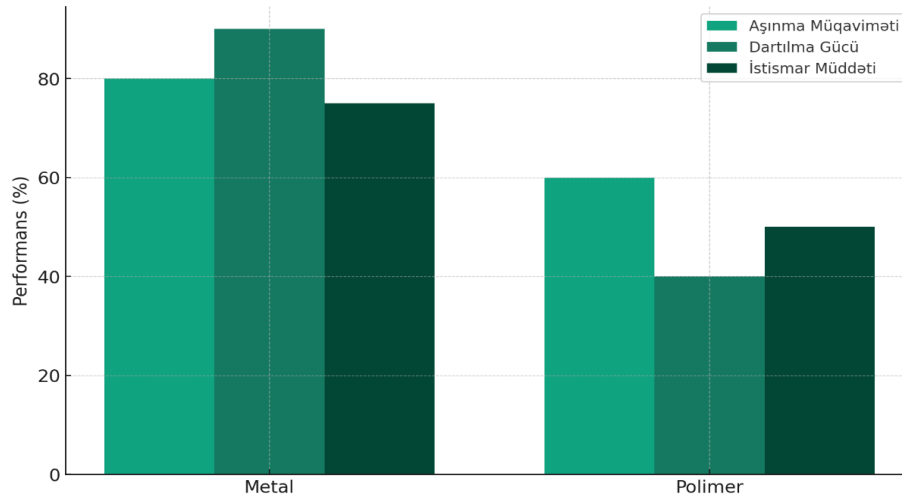
### Giriş

Qasnaqlar istehsaldan tikintiyə qədər saysız-hesabsız sənaye sahələrində və hətta aerokosmik mühəndislik kimi yüksək dəqiqlikli tətbiqlərdə istifadə olunan əsas mexaniki komponentlərdir. Sadə, lakin çox yönlü alətlər gücün ötürülməsində, qüvvənin istiqamətinin dəyişdirilməsində və yükün qaldırılmasını asanlaşdırmaqda mühüm rol oynayır. Onların hər yerdə olmasına və görünən sadəliyinə baxmayaraq, qasnaqlar üçün dizayn və material seçimi onların səmərəliliyinə, davamlılığına və tətbiq xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Sənayelər daha yüksək səmərəlilik və etibarlılıq tələblərinə doğru inkişaf etdikcə, qasnaqların maddi və mexaniki xüsusiyyətlərini başa düşmək çox vacibdir.

Materialşünaslıq və istehsal texnologiyalarında son nailiyyətlər mexaniki komponentlərin performansını artırmaq üçün yeni imkanlar açmışdır. Kompozit materiallar, aşqarların istehsalı və səthin təmizlənməsi texnologiyaları artan dartılma gücü, aşınma müqaviməti və azaldılmış çəki də daxil olmaqla üstün mexaniki xassələrə malik qasnaqların inkişafı üçün perspektivli perspektivlər təklif edir. Materialların və texnologiyaların qasnağın dizaynına inteqrasiyası əhəmiyyətli problemlər yaradır ki, bu da təsirin hərtərəfli təhlilini tələb edir. Tədqiqatın motivi müxtəlif sənaye tətbiqləri üçün Qasnaq sistemlərinin optimallaşdırılmasına kritik ehtiyacdən irəli gəlir, onların istismar müddətini, səmərəliliyini və çətin ekoloji şəraitə uyğunlaşma qabiliyyətini artırmaq məqsədi daşıyır. Qasnaqların geniş istifadəsinə baxmayaraq, müxtəlif materialların və istehsal proseslərinin onların mexaniki xassələrinə və nəticədə tətbiqinin effektivliyinə necə təsir etməsinin sisteməlik təhlili ilə bağlı ədəbiyyatda boşluq mövcuddur [1, s.49].

Məqalə, müxtəlif materialların və istehsal üsullarının qasnaqların mexaniki xüsusiyyətlərinə təsirini araşdırmaq yolu ilə bu boşluğu aradan qaldırmaq məqsədi daşıyır. Xüsusilə, o, müxtəlif materiallardan, o cümlədən, polimerlərdən və kompozitlərdən hazırlanmış müxtəlif proseslər vasitəsilə istehsal edilən qasnaqların aşınma müqavimətinin, dartılma və ümumi dayanıqlığının qiymətləndirilməsinə yönəlmişdir. Tədqiqat bu xüsusiyyətləri artırmaq üçün səthi müalicə üsullarının potensialını araşdırır. Nəzəri təhlil və eksperimental araşdırmanın birləşməsi vasitəsilə bu tədqiqat qasnağın performansını müəyyən edən material və mexaniki xüsusiyyətlərin hərtərəfli başa düşülməsini təmin etməyə çalışır. Tapıntıların daha səmərəli, etibarlı və davamlı Qasnaq sistemlərinin dizaynına və inkişafına töhfə verən materialların və istehsal üsullarının seçilməsi üçün dəyərli fikirlər təqdim edəcəyi gözlənilir.

**Qrafik 1. Qasnaq Performans Göstəricilərinin Materiallara Görə Təhlili.**



**Mənbə:** <https://pmo.az/az/news/resurslarin-idare-edilmesi-komandanizin-izlemeli-esas-performans-gostericileri>.

Qrafik 1-də, müxtəlif materialların (Metal və Polimer) qasnaq performans göstəriciləri üzərindəki təsirini ifadə edir. Aşınma müqaviməti, dartılma gücü və istismar müddəti kimi göstəricilər

əsasında material seçiminin əhəmiyyətini və müxtəlif materialların bu göstəricilər üzərindəki təsirlərini göstərir. Metalların aşınma müqaviməti və dartılma gücündə yüksək performans təqdim etdiyi, Polimerlərin isə daha aşağı dəyərlərə malik olduğu, lakin bəzi tətbiqlərdə daha yüngül və daha az maliyyətli alternativ təqdim edə biləcəyi qeyd edilir. Bu analiz, qasnaqların dizaynı və material seçimi prosesində mühüm bir məlumat mənbəyi olaraq xidmət edir[2,s.87].

Göstərilən problemlər və imkanlar işığında araşdırmamız material mühəndisliyinin ən qabaqcıl sahəsinə və onun mexaniki dizaynda tətbiqinə qədər uzanır. Qabaqcıl polimerlər və metal-matrisli kompozitlər kimi yüksək məhsuldar materialların yaranması ənənəvi Qasnaq sistemlərində inqilab etmək potensialına malikdir. Materiallar təkcə təkmilləşdirilmiş mexaniki xassələri vəd etmir, həm də makara sistemlərini yüksək sürətli əməliyyatlar, ekstremal ətraf mühit şəraiti və ciddi çəki məhdudyyətləri kimi xüsusi əməliyyat tələblərinə uyğunlaşdırmaq imkanını təqdim edir.

İnnovativ istehsal proseslərinin rolunu qiymətləndirmək olmaz. Əlavə istehsal (3D çap) kimi texnikalar mürəkkəb həndəsələrin yaradılmasına və ənənəvi istehsal üsulları ilə əvvəllər əlçatmaz olan yeni material birləşmələrinin inteqrasiyasına imkan verir. Çarx dizaynını optimallaşdırmaq üçün yeni imkanlar açır, nəinki daha yüngül və daha güclü, həm də enerji ötürülməsində daha səmərəli, aşınmaya və yorğunluğa davamlı olan kasaqların istehsalına imkan verir. Ənənəvi materiallardan və istehsal üsullarından bu qabaqcıl alternativlərə keçid asan deyil. Material xassələri, Qasnaq dizaynı və əməliyyat mühiti arasındakı qarşılıqlı əlaqənin dərinədən başa düşülməsini tələb edir. Məsələn, mükəmməl dartılma gücünə lakin zəif aşınma müqavimətinə malik materialın seçilməsi səth təması və sürtünmənin üstünlük təşkil etdiyi tətbiqlərdə vaxtından əvvəl uğursuzluğa səbəb ola bilər. Eynilə, yüngül qasnaq dizaynlarının yaradılmasında əlavə istehsalın faydaları materialın tutarlılığı və struktur bütövlüyü ilə bağlı potensial problemlərə qarşı balanslaşdırılmalıdır[3,s.57].

### Cədvəl 1: Qasnaqlarda Material və Təmizləmə Təsiri.

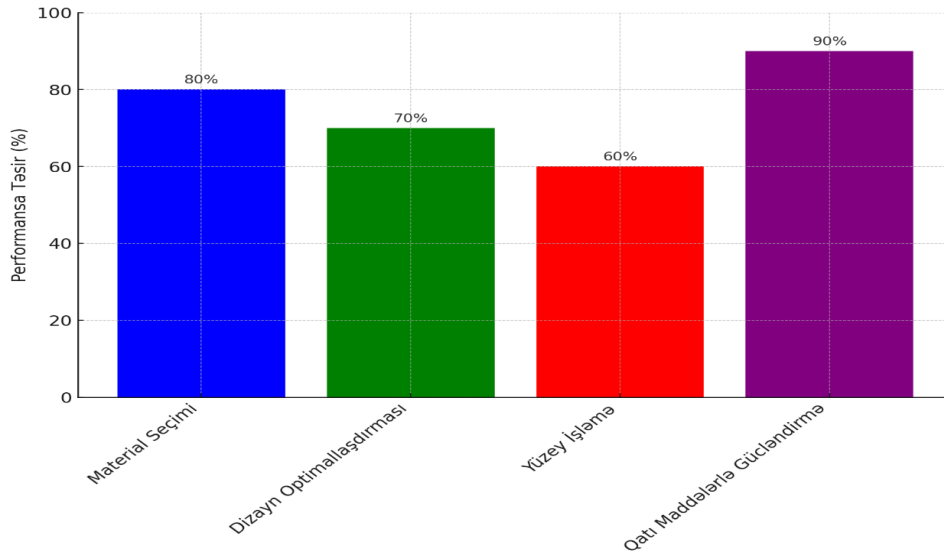
Material Növü	Mexaniki Performansa Təsir (%)	Çəki Azaltma Potensialı (%)	Səthi Təmizləmə Əhəmiyyəti (%)
Metal	75	20	60
Polimer	50	40	70
Kompozit	85	80	90

**Mənbə:** [https://media3.bsh-group.com/Documents/21770514\\_Cleaning\\_and\\_Care\\_products\\_catalogue\\_AZ.pdf](https://media3.bsh-group.com/Documents/21770514_Cleaning_and_Care_products_catalogue_AZ.pdf)

Cədvəl 1-də, müxtəlif material növlərinin (Metal, Polimer, və Kompozit) qasnaqların mexaniki performansına təsirini, çəki azaltma potensialını və səthi təmizləmə üsullarının əhəmiyyətini göstərir. Kompozit materiallar, yüksək mexaniki möhkəmlik və çəki azaltma potensialı ilə ən perspektivli seçim kimi qəbul edilir, həmçinin səthi təmizləmə üsullarının əhəmiyyəti bu material üçün ən yüksəkdir[4,s.31].

Mürəkkəblikləri həll etmək üçün tədqiqatımız yalnız müxtəlif materialların və istehsal proseslərinin fərdi töhfələrini deyil, həm də onların qasnağın performansına sinerji təsirini araşdıraraq vahid bir yanaşma qəbul edir. Həm hesablama simulyasiyaları, həm də eksperimental yoxlamalar tərəfindən dəstəklənən mexaniki stress paylamalarının, aşınma mexanizmlərinin və uğursuzluq rejimlərinin ətraflı təhlilini əhatə edir. Xüsusi tətbiq ehtiyaclarına uyğunlaşdırılmış qasnaqlar optimal dizayn və material seçimi üçün bir sıra təlimatlar hazırlamağı hədəfləyirik.

**Qrafik 2.** Qasnaq sistemlərinin performansını artırmaq üçün müxtəlif strategiyaları.



**Mənbə:** [https://www.ssu-conferenceproceedings.edu.az/pdf/magistr2021\\_3\\_3.pdf](https://www.ssu-conferenceproceedings.edu.az/pdf/magistr2021_3_3.pdf)

Qrafik 2-də qasnaq sistemlərinin performansını artırmaq üçün müxtəlif strategiyaların (material seçimi, dizayn optimallaşdırması, yüzey işləmə, və qatı maddələrlə gücləndirmə) əhəmiyyətini və bu strategiyaların performans təsirini ifadə edir. Qrafikdən görüldüyü kimi, qatı maddələrlə gücləndirmə strategiyası 90% ilə ən yüksək təsirə malikdir, bunu material seçimi və dizayn optimallaşdırması izləyir. Maşınqayırma sahəsində gələcək tədqiqat və təkmilləşdirmə səylərini istiqamətləndirmək üçün önəmli məlumatlar təqdim edir və xüsusi sənaye tətbiqləri üçün qasnaqların material seçimi və dizaynının optimallaşdırılması ilə bağlı tövsiyələrin əhəmiyyətini vurğulayır[5,s.89].

Tədqiqat mexaniki sistemlərin etibarlılığını və səmərəliliyini artırmağa çalışan artan biliklər toplusuna töhfə verməklə maşınqayırma, materialşünaslıq və istehsal texnologiyasının kəşiməsində yerləşir. Hərtərəfli təhlilimiz vasitəsilə biz müasir sənayenin inkişaf edən tələblərinə cavab verən daha möhkəm və səmərəli mexaniki sistemlərin işlənilməsinə asanlaşdıraraq, qasnaq dizaynında gələcək innovasiyaları məlumatlandıracaq praktiki anlayışlar təqdim etməyə çalışırıq. Material və istehsal prosesinin kəşfiyyatının innovativ aspektlərini təfərrüatlandıraraq tədqiqatın əhatə dairəsini daha da genişləndirir[6,s.44].

Cədvəl 2-də, müxtəlif material növlərinin və istehsal texnologiyalarının qasnaq sistemlərinin performansına necə təsir etdiyini göstərir. Müasir aşqarlar 95% ilə performans əhəmiyyətli təsiri



göstərən texnologiya olaraq qeyd edilmişdir, bunu yeni kompozit materiallar izləyir. Ənənəvi tökmə isə 70% ilə ən aşağı performans təsiri olan materialdır. Məlumatlar, qasnaq sistemlərinin dizaynında və tətbiqində əhəmiyyətli irəliləyişlərə səbəb ola biləcək anlayışların üzə çıxarılmasında mühüm rol oynayır[7,s.67].

## Cədvəl 2: Qasnaq Sistemləri üçün Materialların Performans Təsiri.

#	Material Növü	Performansa Təsiri (%)
1	Qabaqcıl Metallar	85
2	Mühəndis Polimerləri	80
3	Yeni Kompozit Materiallar	90
4	Ənənəvi Tökmə	70
5	Müasir Aşqarlar	95

**Mənbə:** <https://www.belge.com/az/belgelendirme/sistem/en-15085-demiryolu-araclari-ve-bilesenleri-yonetim-sistemi/>

Material seçimi və istehsal proseslərinin incəliklərinə nəzər saldıqda məlum olur ki, qasnaq sistemlərinin optimallaşdırılması sadə material dəyişdirilməsini və ya texnoloji təkmilləşdirmələri üstələyir. Qasnaq tətbiqlərinə xas olan əməliyyat şəraitində mexaniki qüvvələr və material davranışı arasında dinamik qarşılıqlı əlaqənin nüanslı başa düşülməsini tələb edir. Qasnaqların həddindən artıq yüklərə, dəyişən temperaturalara və korroziyaya məruz qalan mühitlərə məruz qaldığı sektorlarda, məsələn, dəniz mühəndisliyi, aerokosmik və ağır maşınlarda xüsusilə vacibdir[8,s.56].

Araşdırmanın aktuallığı mühəndis dizaynlarında davamlılıq və enerji səmərəliliyinə dair mövcud tendensiyalarla daha da gücləndirilir. Qasnaqlar ötürmə sistemlərinin tərkib hissəsi olmaqla mexaniki sistemlərin ümumi enerji sərfiyyatına və səmərəliliyinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Qabaqcıl materiallar və istehsal üsulları vasitəsilə kassakların performans xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaqla, daha enerjiyə qənaət edən və ekoloji cəhətdən təmiz mühəndislik həllərinə töhfə vermək potensialı var. Karbon izlərini azaltmaq və texnoloji irəliləyişlərin davamlılığını artırmaq üçün global səylərə uyğundur.

Tədqiqatda multidissiplinar yanaşmanın qəbulu mürəkkəb problemlərin həlli üçün müxtəlif elmi və mühəndislik sahələrinin yaxınlaşmasını vurğulayır. Maşınqayırma, materialşünaslıq və səth mühəndisliyi prinsiplərini birləşdirərək, bu tədqiqat təkcə Qasnaq sistemlərini optimallaşdırmağa deyil, həm də mexaniki komponentlərin dizaynı və performansının artırılmasının daha geniş sahəsinə töhfə verməyə çalışır[9,s.34].

Tədqiqat məqsədlərimiz aşağıdakı aspektləri sisteməlik şəkildə araşdırmaq üçün qurulmuşdur:

- **Material təhlili:** Qasnaq tətbiqləri üçün gücün, davamlılığın və çəkinin ən yaxşı birləşməsini təklif edən materialları müəyyən etmək və xarakterizə etmək.
- **İstehsal prosesinin qiymətləndirilməsi:** Ənənəvi və əlavə istehsal daxil olmaqla müxtəlif istehsal üsullarının qasnaqların struktur bütövlüyünə və performansına təsirini qiymətləndirmək.
- **Səth Təmizləmə Tədqiqatları:** Qasnaq sistemlərinin aşınma müqavimətini və ömrünü əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırma bilən səth mühəndisliyi üsullarını araşdırmaq.

• **Performans Testi:** Nəzəri təhlilləri və material xarakteristikalarını təsdiqləmək məqsədi ilə həm eksperimental quraşdırmalar, həm də hesablama simulyasiyalarından istifadə edərək Qasnaq sistemlərinin hərtərəfli qiymətləndirilməsini aparmaq.

Məqsədləri həll etməklə biz təkcə Qasnaq sisteminin optimallaşdırılması anlayışını inkişaf etdirməyi deyil, həm də daha səmərəli, etibarlı və gələcək mühəndislik problemləri üçün uyğun olan mexaniki komponentlərin dizaynı və inkişafı üçün çərçivə təmin etməyi hədəfləyirik[10,s.45].

### **Nəticə**

Tədqiqat, müxtəlif materialların və istehsal proseslərinin onların performansına, davamlılığına və tətbiqinə uyğunluğuna necə təsir etdiyinə diqqət yetirməklə, qasnaqların maddi və mexaniki xüsusiyyətlərinin hərtərəfli tədqiqinə başlamışdır. Nəzəri təhlili empirik sınaqlarla birləşdirən ciddi metodologiya vasitəsilə biz təkcə sistemlərinin optimallaşdırılması üçün qabaqcıl materialların və müasir istehsal texnikalarının malik olduğu əhəmiyyətli potensiala işıq saldıq. Tədqiqatlarımız göstərir ki, kompozit materiallar müstəsna güc-çəki nisbəti və uyğunlaşma qabiliyyəti sayəsində müxtəlif əməliyyat şəraitlərində yüksək mexaniki performans və davamlılıq tələb edən qasnaq tətbiqləri üçün üstün seçimlər kimi seçilir. Tədqiqat daha da mürəkkəb həndəsələrə və uyğunlaşdırılmış material xüsusiyyətlərinə malik qasnaqların dizaynı və istehsalının təmin edilməsində əlavə istehsalının əsas rolunu vurğulayır, ənənəvi istehsal üsulları asanlıqla əldə edə bilməz.

Səthin təmizlənməsi üsullarının tədqiqi onların makaraların aşınma müqavimətini artırmaqda effektivliyini vurğuladı, beləliklə, onların istismar müddətini uzatdı və texniki xidmət tələblərini azaldı. İrəliləyişlər, birlikdə, nəinki daha səmərəli və etibarlı, həm də həyat dövrü ərzində daha davamlı və qənaətcil olan Qasnaq sistemlərinin inkişafı üçün perspektivli yollar təklif edir. Qasnağın dizaynında və tətbiqində bu materialların və texnologiyaların üstünlüklərini tam şəkildə dərk etmək üçün səyahət çətinliklərsiz deyil. Tədqiqat, bu materialların real dünya şəraitində uzunmüddətli performansına, genişmiqyaslı istehsal proseslərinin optimallaşdırılmasına və qasnaqların performansını dəqiq qiymətləndirmək və müqayisə etmək üçün standartlaşdırılmış sınaq protokollarının hazırlanmasına dair əlavə tədqiqatlara ehtiyac olduğunu müəyyən edir.

Cari məhdudiyyətləri aradan qaldırmağa və Qasnaq və daha geniş mexaniki sistem dizaynında qabaqcıl materialların və istehsal texnikalarının tam potensialının açılmasına yönəlmiş gələcək tədqiqatlar üçün təməl qoyur. Sənayelər daha tələbkar əməliyyat tələbləri və davamlılıq məqsədlərinə doğru təkamül etməyə davam etdikcə, bu araşdırmanın nəticələri bu inkişaf edən tendensiyalara uyğun gələn yeni nəsil makara sistemlərinin inkişafına rəhbərlik etməyə hazırlaşır.

### **Bəyannamələr**

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

### **Təhsil Məhdudiyyətləri**

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

### **Təşəkkürlər**



Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Anderson, T. M. və Liu, J. F. (2023). Mexaniki Komponent Dizayni üçün Takmil Materiallar. New York, NY: Springer.
2. Brown, H. S. (2022). Alava istehsalinin mexaniki sistemlərə təsiri. *Mechanical Engineering Research Journal*, 15(3), 112-128.
3. Carter, A. və Gupta, N. (2024). "Qasnaq sistemlərində kompozit materialların aşınma müqavimətinin qiymətləndirilməsi," *Material Science və Engineering jurnalı*, 29(2), 254-269.
4. Davis, L. E. və Rodriguez, K. (2023). *Davamlı İstehsal Prosesləri*. London: Elsevier Science.
5. Johnson, P. və Kim, Y. (2021). "Mexaniki Komponentlərin Davamlılığının Artırılması üçün Sathi Tamizləmə Texnikaları," *Sanaye Tətbiqləri İjmalı*, 8(4), 401-415.
6. Kumar, S. və Patel, V. (2022). *Kompozit Material Mexanikasının Prinsipləri*. CRC Press.
7. Li, M. J., Thompson, R. və Zhang, X. (2022). "Qasnaq tətbiqləri üçün metalların mexaniki xüsusiyyətləri," *Metallurgiya və material elmləri*, 34(1), 88-104.
8. O'Neill, T., & Singh, A. (2023). "Muasir Mexaniki Dizaynlarda 3D Japın Rolu," *Dizayn və İstehsalatda İnnovasiyalar*, 12(6), 738-752.
9. Patel, D. və Choi, H. (2024). *Mexaniki İstehsal Proseslərinin Atraf Muhita Təsirləri*. Oxford: Oxford University Press.
10. Smith, J. A. və Turner, L. (2021). "Mühəndisli Polimerlərdə Dartma Gucunun Müqayisəli Tədqiqatı," *Polimer Elmi Jurnalı*, 17(3), 345-359.

## МАТЕРИАЛ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШКИВА

**Назим Ибрагимов<sup>1</sup>, Исмаил Ганизаде<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Профессор, «Материаловедение и технологии обработки», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. Электронная почта: nazim.ibragimov.2015@mail.ru

<sup>2</sup>Магистрант, «Материаловедение и технологии обработки», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. Электронная почта: ismayil.qenizade@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

В этой работе исследуются материалы и механические свойства шкивов, уделяя особое внимание их конструкции, выбору материалов и механическим свойствам для повышения их эффективности и долговечности в различных областях применения. Посредством сочетания теоретического анализа и экспериментальной оценки мы исследуем влияние различных материалов (включая металлы и полимеры) и производственных процессов на рабочие параметры шкивов, такие как износостойкость, прочность на разрыв и срок

службы. Передовые инструменты моделирования и экспериментальное оборудование, включая испытания на растяжение и анализ износа, используются для оценки механического поведения и режимов разрушения шкивов в различных условиях нагрузки. Наши результаты показывают, что выбор материала существенно влияет на механические характеристики шкива, при этом композитные материалы предлагают многообещающий баланс между снижением веса и механической прочностью. Методы очистки поверхности важны для повышения износостойкости шкивных систем. Освещены рекомендации по выбору материалов и стратегиям оптимизации конструкции шкивов для конкретных промышленных применений, призванные служить руководством для будущих исследований и разработок в машиностроении.

В эпоху, когда эффективность и надежность механических систем имеют первостепенное значение, исследования изучают материалы и механические свойства шкивов и направлены на обнаружение идей, которые могут привести к значительному прогрессу в их проектировании и применении. Сочетая теоретические основы со строгими эмпирическими испытаниями, исследование тщательно оценивает, как различные материалы влияют на рабочие параметры, важные для систем шкивов, включая современные металлы, специальные полимеры и новые композитные материалы. Особое внимание уделено роли технологий производства – от традиционного литья до современного аддитивного производства – в формировании механической целостности и функциональности шкивов.

**Ключевые слова:** шкивы, выбор материала, механические свойства, износостойкость, предел прочности, композиционные материалы.

## MATERIAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE PULLEY

**Nazim Ibrahimov<sup>1</sup>, Ismail Ganizade<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Professor, “Material science and processing technologies”, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.  
E-mail: nazim.ibragimov.2015@mail.ru

<sup>2</sup>Master’s student, “Material science and processing technologies”, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: ismayil.qenizade@gmail.com

### ABSTRACT

This work examines the material and mechanical properties of pulleys, focusing on their design, material selection, and mechanical properties to improve their efficiency and durability in a variety of applications. Through a combination of theoretical analysis and experimental evaluation, we investigate the effect of various materials (including metals and polymers) and manufacturing processes on pulley performance parameters such as wear resistance, tensile strength and service life. Advanced simulation tools and experimental facilities, including tensile testing and wear analysis, are used to evaluate the mechanical behavior and failure modes of pulleys under various loading conditions. Our results show that the choice of material significantly affects the mechanical performance of the pulley, with composite materials offering a promising balance between weight reduction and mechanical strength. Surface cleaning



methods are important to increase the wear resistance of pulley systems. Recommendations on material selection and design optimization strategies for pulleys in specific industrial applications are highlighted, aiming to guide future research and development efforts in mechanical engineering.

In an era where the efficiency and reliability of mechanical systems are of paramount importance, research examines the material and mechanical properties of pulleys and aims to uncover insights that could lead to significant advances in their design and application. By combining theoretical frameworks with rigorous empirical testing, the study carefully evaluates how different materials affect performance parameters important to pulley systems, including advanced metals, engineered polymers, and novel composite materials. Particular attention is paid to the role of manufacturing technologies, from traditional casting to modern additive manufacturing, in shaping the mechanical integrity and functionality of pulleys.

**Keywords:** pulleys, material selection, mechanical properties, wear resistance, tensile strength, composite materials.

#### Publication history

Article received: 16.01.2024

Article accepted: 06.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-70

## AZINMAŞ-BF-80 AQRƏQATININ SÜRƏTLƏR QUTULARININ ƏSAS PARAMETRLƏRİ VƏ SXEMLƏRİNİN ANALİZİ

Sevda Əliyeva<sup>1</sup>, Bəhmən Əliyev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosent, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, texnika elmləri namizədi, Azərbaycan. E-mail: sevda.aliyeva.66@bk.ru

<sup>2</sup>Magistrant “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. E-mail: bahmanaliyev13@gmail.com

### XÜLASƏ

Məqalədə MAZ-537 markalı avtomobilin şassisi üzərində quraşdırılan BF-80 aqrəqatının əsas düyünləri analiz edilmişdir. Hər bir düyünün funksiyası və iş prinsipi göstərilmişdir. Bu düyünlərdən biri olan avtomobilin sürətlər qutusunun iş şəraiti nəzərə alınmaqla təhlili və analizi aparılmışdır. Əsasən ikisürətli, üçsürətli və dördsürətli iki valli, elementar sürətlər qutularının sxemləri təhlil edilərək, əsas göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Daha sonra iki və üçsürətli əlavə silindrik və konik ötürmələri olan sürətlər qutularının da analizi aparılmışdır. MAZ-537 markalı avtomobilin şassisi üzərində quraşdırılacaq qaldırma və endirmə aqrəqatlarının normal işinin tənzimlənməsi üsulları göstərilmişdir.

**Açar sözlər:** konik ötürmə, fırlanma tezliyi, şassi, rəssional, dizayn, fırlanğıc, nasos-kompressor

### Problemin aktuallığı.

BF-80 kompleks avadanlığı sement körpülərin genişləndirilməsi və eləcə də tutucu və kəsici alətlərin hazırlığı işlərinin görülməsi, nasos kompressor və qazıma boruları vasitəsilə endirmə-qaldırma əməliyyatları, maye məhlulunun quyuya vurulması, quyuların mənimsənilməsi və təmiri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Qurğuda MPP-80 tipli qəbuledici səyyar körpülər nəzərdə tutulmuşdur. Nəqlətmə zamanı körpülər bloklarla təchiz olunmuş təkərli qoşqudan, alətləri daşıyan arabadan və çərçivələrdən ibarət olur. Bliklər müvafiq baölayıcılarla öz aralarında sərt bağlanır. Körpülərdə istifadə olunanda, yəni onlar işçi vəziyyətinə gətiriləndə təkərlər bağlanır. Bu zaman körpülər dayaq vasitəsilə yerə bərkidilir. Körpülərin sağ və sol tərəflərində işə borular üçün altlıqlar nəzərdə tutulur. BF-80 aqrəqatının quraşdırıldığı avtomobilin sürət qutuları ilişmə ilə hərəkət edən və birləşdirici muftaları olan reduktorlar qrupuna aiddir. Bu sürət qutularını ikivallı və çoxvallı olmaqla iki qrupa bölmək olar. Hər iki qrupa daxil olan sürət qutuları aşağıdakı ümumi tələbləri təmin etməlidir:

- asta gedişli valın fırlanma sürətinin verilmiş sırasını,
- kiçik qabaritləri (əndaza ölçülərini),
- yüksək f.i.ə-nı,
- idarəetmənin sadəliyini,
- asan quraşdırmanı və tənzimləməni.

Çoxvallı və valları paralel yerləşən sürətlər qutusunun aralıq vallarının fırlanma tezliklərinin tənzimlənməsi bir neçə müxtəlif usullarla aparıla bilər. Lakin həm istismar və həm də konstruktiv cəhətdən tənzimlənmiş bütün sıralar eyni qiymət almaya bilər. Yuxarıdakı tələblərin ödənilməsi üçün sürət qutularının normal və təhlükəsiz işinin təmin olunması aktuallığını qoruyur.

### Tədqiqatın məqsədi.





BF-80 aqreqatının quraşdırıldığı avtomobilin iş şəraiti nəzərə alınmaqla sürətlər qutularının əsas parametrlərinin və sxemlərinin analizi.

BF-80 aqreqatı dördoxlu MAZ-537 markalı avtomobilin şassisi üzərində quraşdırılır. Aqreqatın əsas düyünləri aşağıdakılardır:

- MAZ-8926 tipli, ikioxlu qoşquya quraşdırılmış BNP-15Qr (БНП-15Гр) markalı nasos bloku;
- UPA-80 (УПА-80) tipli özüyəriyən qaldırıcı qurğu;
- işçi meydançası və alət arabası ilə təchiz olunmuş, təkərli MPP-80 (МПП-80) səyyar qəbul körpüləri;
- Fırlanğıc və nasos-kompressor, həmçinin qazıma boruları ilə işləmək üçün alət dəsti;
- R200×125 (P200×125) markalı qazıma rotoru.

Əgər astagedişli valın fırlanma tezliyi itigedişli valın fırlanma tezliyindən yüksək deyilsə və düzdişliblok ötürmələrinin minimal ötürmə ədədi 1-dir, o zaman blok ötürmələrinin maksimal ötürmə ədədini 4 qiymətilə məhdudlaşdırmaq lazımdır. Əgər astagedişli valın fırlanma tezliyi itigedişli valın fırlanma tezliyindən yüksəkdirsə və  $u < 1$ -dir, o zaman itigedişli ötürmələrin tətbiqi məqsədəuyğundur.

Blok çarxların dişlərinin sayısı üçün əlavə edilmiş şərtlər:

Blok çarxların dişlərinin minimal sayı 22-24 olmalıdır.

Çevrəvi sürət yüksək olduğu təqdirdə dişlərin sayısı böyük seçilməlidir.

Bu şərtlər əsasında blok çarxların dişlərinin sayısını aşağıdakı kimi seçə bilərik:

$$\frac{z_{i+1}}{z_i} = u_i \left( 90 \dots 110 > \sum z > 50 \dots 60 \right); \sum z = const$$

Dişlərin sayı müəyyənləşəndən sonra onun xətası  $\pm 10(\varphi - 1)\%$  -dən yuxarı olmayan fırlanma tezliyini təmin etməlidir.

Adətən blokun bütün dişli çarxlarının (aparan və aparılan) eni eyni olur və aşağıdakı şərtdən tapılır:

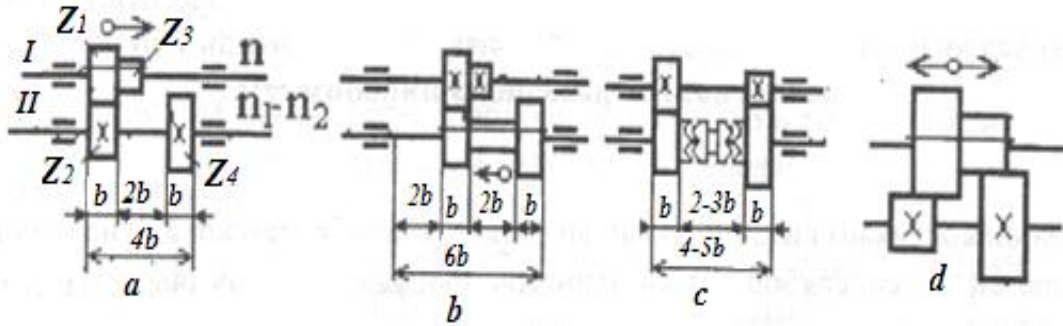
$$b \geq \psi_{bd} \cdot d_1$$

burada  $d_1$  - blokun kiçik dişli çarxının başlanğıc çevrəsinin diametri;

$\psi_{bd}$  – blok çarxı üçün tacın dişinin en əmsalıdır:

$$\psi_{bd} = \frac{6 \dots 8}{z_1}$$

İkivallı sürətlər qutuları. İkivallı sürətlər qutuları vasitəsilə iki, üç və dörd sürəti ötürmək mümkündür. Şəkil 2.1-də ikisürətli, iki vallı elementar sürətlər qutularının sxemləri göstərilmişdir.



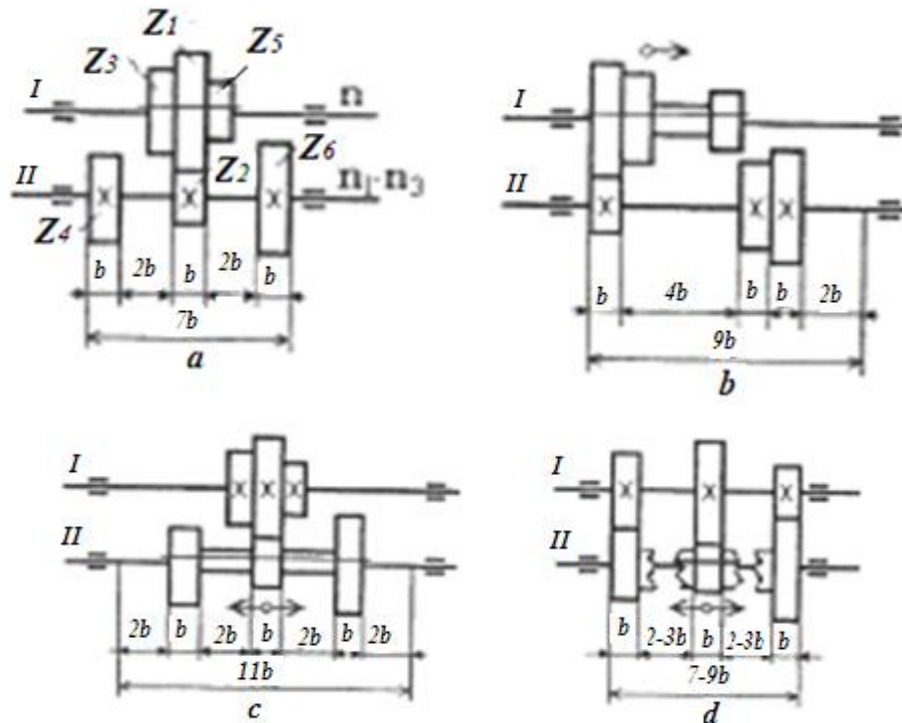
**Şəkil 2.1:** İkisürətli, iki vallı elementar sürətlər qutusunun sxemləri.

İkivallı sürətlər qutusunun birinci valı hərəkəti xaricdən adığına görə onun çarxı aparıcı adlanır. Aparıcı vasitəsilə hərəkət aparan valdan (*I*) aparılan vala (*II*) ötürür. Nəticədə aparılan val iki müxtəlif fırlanma tezliklərində işləyir.

Belə sürətlər qutularının valları üzərində aparıcı və aparılan dişli çarxların yerləşdirilməsi müxtəlif ola bilər. Məsələn şəkil 2.1b və şəkil 2.1c-də bu çarxların vallar üzərində yerləşməsinin müxtəlif variantları təqdim edilmişdir.

Bu tip sürətlər qutularının layihələndirilməsi zamanı onların qabarit ölçülərinin mümkün qədər kiçik olması təmin olunmalıdır. Hesablama zamanı əsasən aşağıdakı qabarit ölçülər təyin edilir:

1. Oxları bir-birinə nisbətən üfüqi müstəvidə olan valların yerləşməni;
2. Oxları bir-birinə nisbətən vertikal müstəvidə olan valların yerləşməni;
3. Qutunun enini və hündürlüyünü.



**Şəkil 2.2:** Üç sürətli ikivallı sürətlər qutusunun sxemləri



Aparan və aparılan çarxların eyni vallar üzərində yerləşməsi qutunun uzunluğunu böyüdür. Ona görə də ikisürətli, iki vallı elementar sürətlər qutusunun layihələndirilməsində ölçülər elə tənzimlənməlidir ki, həm normal qabaritlik, həm də ötümlənin normal işi təmin olunsun.

Üç sürətli ikivallı elementar sürətlər qutusunun sxemləri şəkil 2.2-də təqdim edilmişdir.

Şəkil 2.2a-da göstərilən üç sürətli ikivallı sürətlər qutusu aparın val (I) üzərində quraşdırılmış hərəkətli blokdan və dişlərinin sayı  $z_1$ ,  $z_3$  və  $z_5$  olan üç dişli çarxdan ibarətdir. Bu dişli çarxlarla cütlük təşkil edən və dişlərinin sayı  $z_2$ ,  $z_4$  və  $z_6$  olan dişli çarxlar isə aparılan (II) val üzərində bərkidilmişdir. Hər bir ilişməyə uyğun olaraq aparılan val üç müxtəlif fırlanma sürətinə malikdir. Vallarının uzunluq ölçülərinə görə ən rəssional konstruksiya şəkil 2.2a və şəkil 2.2d –də verilən variantlardadır.

Dörd sürətli, iki vallı sürət qutularının sxemləri aşağıdakı şəkildə verilmişdir.

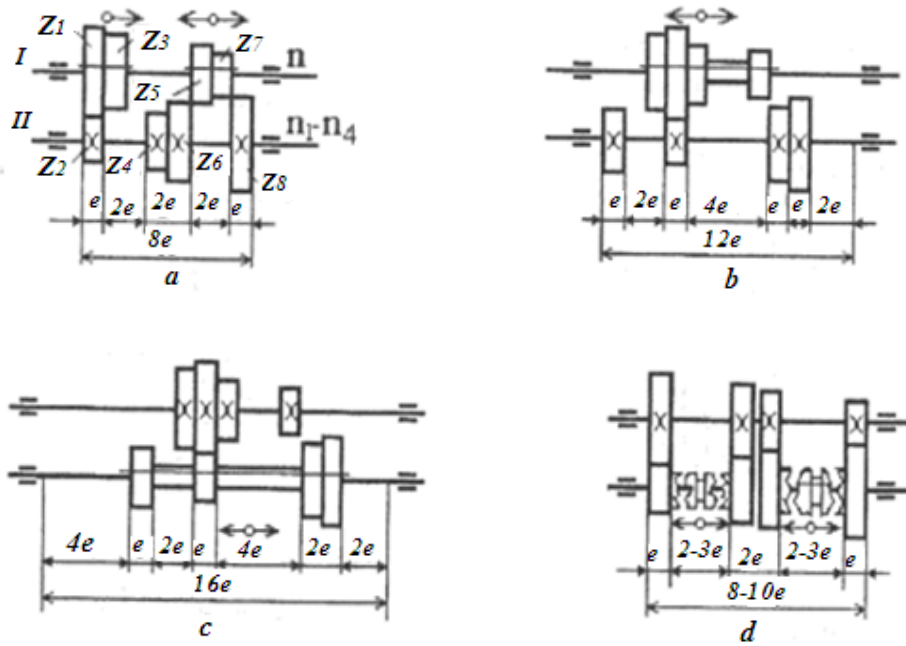
Hərəkət  $z_1/z_2$ ,  $z_3/z_4$ ,  $z_5/z_6$  və  $z_7/z_8$  ilişmələri vasitəsilə aparın valdan (I) aparılan vala (II) ötürülür və bununla da aparılan val dörd fırlanma tezliyinə malik olur. Nəzərdən keçirdiyimiz avtomobilin sürətlər qutusu üçün ən münasib və yığcam konstruksiya şəkil 2.3a-da təqdim edilmişdir. Bu variantda sürətlər qutusunun tam uzunluğu  $8b$  ölçüsünü təşkil etməyindən asılı olmayaraq burada 2 ədəd idarəetmə dəstəyi nəzərdə tutulur.

$\varphi = 1,41$  qiymətinə uyğun olaraq dörd sürətli elementar sürətlər qutusunun tətbiqi məhdudlaşmışdır. Bu onunla izah edilir ki, blokun pillələri üçün minimal ötürmə ədədi  $u_{min} = 1$ , maksimal ötürmə ədədi isə  $u_{max} = 4$  –dür. Ötürmə ədədinin 1 ... 4 aralığındakı qiymətləri blok ötürmələri üçün nəzərdə tutulan limiti aşmır. Bu deyilənləri nəzərə alsaq  $\varphi \geq 1,41$  olduqda ötürmələr qutusu ardıcıl yerləşmiş iki ədəd iki sürətli elementar qutularla əvəz etmək məqsədəuyğun sayılır.

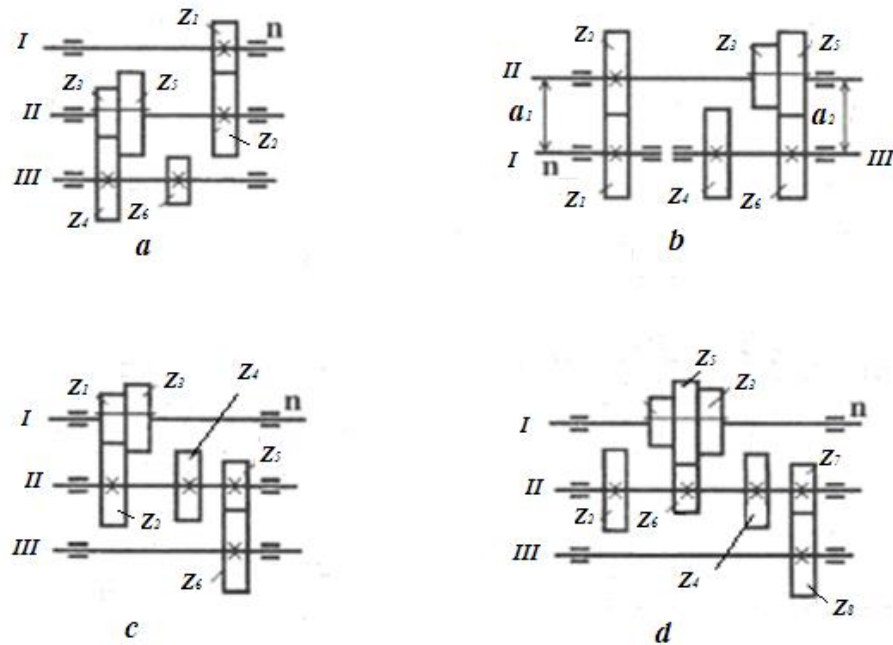
Üçvallı sürətlər qutuları: Əksər hallarda ikivallı elementar sürət qutuları astagedişli valın nəzərdə tutulmuş fırlanma sürətlərini təmin edə bilmir. Belə şəraitdə iki və ya üç sürətli sürət qutuları üçün əlavə olaraq silindrik və ya konik dişli ötürmənin tətbiqi zəruridir. Konik dişli ötürmənin tətbiqi tez və astagedişli valların müvafiq aparın və ya aparılan vallarının istiqaməti ilə əlaqəli ola bilər.

2.4 və 2.5 şəkillərindəki konstruksiyalarda əlavə tətbiq edilən, hərəkəti paralel vallar arasında ötürən silindrik və hərəkəti kəsişən vallar arasında ötürən konik ötürməli sürətlər qutularının müvafiq sxemləri, onların kombinasiyaları isə 2.6 şəkilində göstərilmişdir.

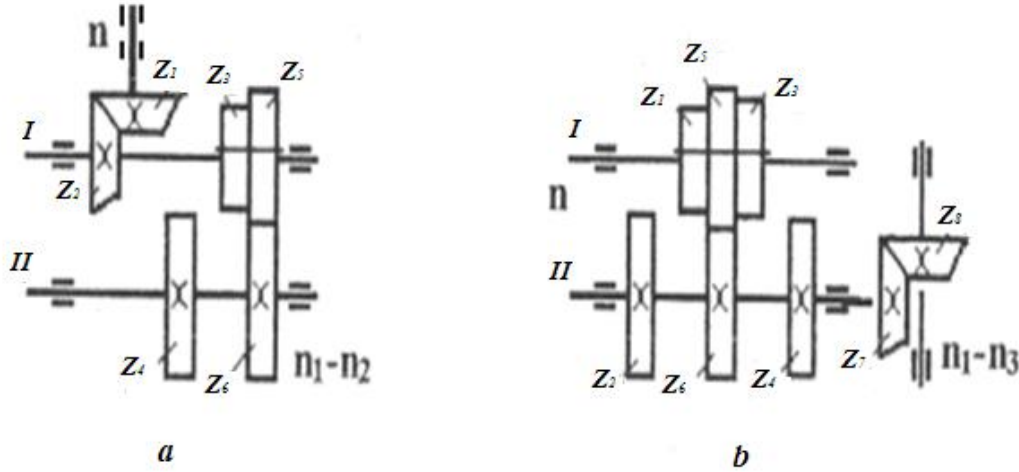
Bu silindrik və konik ötürmələrin dişlərinin profili düz və ya çəp ola bilər. Çəpdişli silindrik ötürmələrin diş xəttinin meyl bucağı  $\beta = 15 \dots 25^\circ$  qəbul edilərsə onların normal işinin təmini uzun müddətli olar. Şəkil 2.4b-də təklif edilən sürətlər qutusunun sxem üçün aparın və aparılan çarxların mərkəzləri arasındakı məsafələr eyni ölçüdə olmalıdır, yəni  $a_1 = a_2$  şərti ödənilməlidir. Beləliklə,  $\sum z = const$  və  $m = const$  olanda bütün ötürmələr  $z_3/z_4$  ilişməsi üzrə təyin ediləndir.



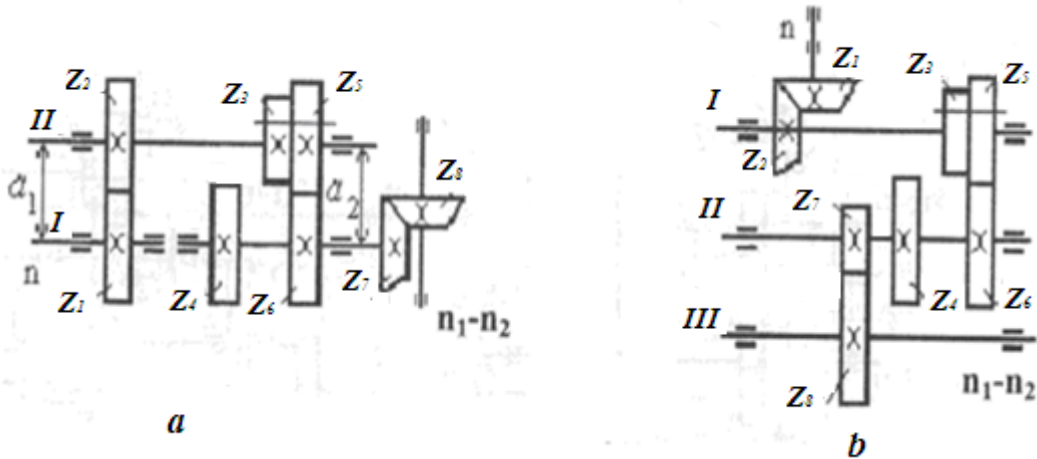
**Şəkil 2.3:** Dörd sürətli iki valı elementar qutunun sxemi: a, d – sürətlər qutusunun yığcam variantı (a) və birgədən, böyük uzunluqlu (d) qutunun variantı; b, c – böyük uzunluqlu qutuların variantı, lakin bir dəstəklə qoşulanın təmin edilməsilə.



**Şəkil 2.4:** Üçvallı, iki və üçsürətli əlavə silindrik ötürmələr qutularının kinematik sxemləri.



**Şəkil 2.5:** İki və üçsürətli hərəkəti paralel və kəsişən vallar arasında ötürən əlavə konik ötürməli üçvallı ötürmələr qutularının kinematik sxemləri.



**Şəkil 2.6:** Əlavə silindrik və konik ötürmələri olan üç və dördvallı ötürmələr qutularının kinematik sxemləri.

**Nəticə:** BF-80 aqreqatının quraşdırıldığı avtomobilin sürətlər qutularının əsas parametrləri və sxemlərinin analizi mövzusunda həsr edilmiş məqalədə sürətlər qutularının müxtəlif variantları analiz edilmişdir. Nəticədə, dördsürətli elementar sürətlər qutusunun tətbiqinin  $\varphi = 1,41$  qiymətilə məhdudlaşdırılması aşkar edilmişdir. Həmçinin, təyin edilmişdir ki, blokun pillələri üçün minimal ötürmə ədədi  $u_{min} = 1$ , maksimal ötürmə ədədi isə  $u_{max} = 4$  olarsa, blokun ötürmələrinin işi qənaətbəxş olacaq. Beləliklə  $\varphi \geq 1,41$  olduqda belə qutunu iki ardıcıl yerləşmiş iki sürətli (üç valı qutunu) elementar qutularla əvəz etmək məqsədəuyğun sayılır.

### Bəyannamələr

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

## Təhsil Məhdudiyyətləri

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

## Təşəkkürlər

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. R.A.Hasanov, M.İ.Kazımov və Q.S.Xeyrabadi Mexaniki obyektlərin maasir problemlarinin tasnifatı. – Bakı – 2022, 306 s.
2. Karimov Z.H. Mashin hissaları və yukqaldırıcı naqledici mashınlar.- Bakı: Maarif, 2002, 594 s.
3. Kerimov C.E. "Mashınqayırma".- Bakı:«Chashoğlu», 2007, 507 s.
4. Z.H.Karimov və bashqaları. Mashın hissalarından kurs layihəsi.- Bakı: «Maarif» Nashriyyatı, 2007, 484 s.
5. <https://www.pharmacalculations.com/2016/05/types-of-agitators.html>
6. [https://studme.org/374964/tehnika/peremeshivanie\\_zhidkin\\_stedah](https://studme.org/374964/tehnika/peremeshivanie_zhidkin_stedah).
7. Anuryev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelnya. Moskva 1979. 557 s.
8. Vahidov M.A., Karimov O.M., Eyvazova Z.E. "Neft-qaz istehsalı texnikası".-Bakı: «Azernashr», 2008.. 440 s.

## GEARBOXES OF A CAR WHERE THE BF-80 UNIT IS INSTALLED ANALYSIS OF BASIC PARAMETERS AND SCHEMES

**Sevda Aliyeva<sup>1</sup>, Behmen Aliyev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate professor, "Mechanics" department, Azerbaijan State Oil and Industry University, candidate of technical sciences, Azerbaijan. E-mail: sevda.aliyeva.66@bk.ru

<sup>2</sup>"Mechanics" department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Master's student. E-mail: bahmanaliyev13@gmail.com

## ABSTRACT

The article analyzes the main components of the BF-80 unit installed on the chassis of the MAZ-537 car. The functions and operating principle of each node are shown. One such component, a vehicle's gearbox, was analyzed and evaluated based on operating conditions. Basically, the schemes of two-speed, three-speed and four-speed twin-shaft, elemental high-speed boxes were analyzed and their main indicators were determined. Later, two- and three-speed gearboxes with additional spur and bevel gears were also analyzed. Methods for adjusting the normal operation of lifting and lowering units installed on the chassis of a MAZ-537 vehicle are shown.

**Keywords:** bevel gear, rotation speed, chassis, rational, design, rotary, pump-compressor.



## КОРОБКИ АВТОМОБИЛЯ, НА КОТОРЫХ УСТАНОВЛЕН АППАРАТ ВФ-80 АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И СХЕМ

Севда Алиева<sup>1</sup>, Бахман Алиев<sup>2</sup>

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

E-mail: sevda.aliyeva.66@bk.ru

<sup>2</sup>Магистрант.кафедра “Механика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, E-mail: bahmanaliyev13@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

В статье проанализированы основные узлы агрегата БФ-80, установленного на шасси автомобиля МАЗ-537. Показаны функции и принцип работы каждого узла. Один из таких компонентов, коробка передач автомобиля, был проанализирован и оценен на основе условий эксплуатации. В основном были проанализированы схемы двухскоростных, трехскоростных и четырехскоростных двухвальных, элементных быстроходных коробок и определены их основные показатели. Позднее были проанализированы также двух- и трехскоростные коробки передач с дополнительными прямозубыми и коническими шестернями. Показаны способы регулировки нормальной работы агрегатов подъема и опускания, установленных на шасси автомобиля МАЗ-537.

**Ключевые слова:** коническая передача, скорость вращения, шасси, рациональная, конструкция, роторный, насос-компрессор.

### Publication history

Article received: 16.01.2024

Article accepted: 06.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-79

## PREDICTING THE FLARE TEMPERATURE OF BINARY FUEL

**Natig Abbasov<sup>1</sup>, Fatima Jafarli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate professor, "Industrial machinery" Department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Candidate of technical sciences, Azerbaijan. E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Magistr, "Industrial machinery" Department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: fjafarl@inbox.ru

### ABSTRACT

A method for calculating the flash point from the results of simulating liquid–solid equilibrium at constant pressure using the Gibbs equation is discussed. A model is used to predict the flash point of the mixture based on the modified Le Chatelier equation, the Antoine equation and a model for estimating the activity coefficient.

The flammability hazard of liquids is primarily characterized by their flash point. The flash point is defined as the temperature at which a liquid evaporates and forms a flammable mixture with air. To measure the flash point, closed and open type devices are used. In closed-type devices, the state of equilibrium between the liquid and vapor components of the mixture is studied. Open type devices take into account the interaction of a mixture of flammable liquids with the atmosphere. The flash point of a mixture is a critical property, but experimental data for many mixtures are lacking and obtaining such data is expensive and time-consuming. Therefore, the development of mathematical models for analyzing the state of the environment under conditions of increasing risk of emergency situations is an important scientific and practical task. This paper examines the possibility of predicting the flash point in closed-type devices, i.e. the influence of atmospheric conditions is not taken into account in this approximation. Several models for predicting the flash point for mixtures of various types have been proposed previously.

**Keywords:** binary mixtures, flash point, boiling point, activity coefficients, solvation coefficient, association coefficient.

### Introduction.

Safety in the production and storage of flammable liquids is one of the most important tasks, since dangerous situations often occur, such as explosions at gas stations, accidents during the transportation of flammable substances, etc. When assessing the fire hazard of liquids with a melting point of less than 50°C, a number of indicators of fire and explosion hazard are used: flammability group, flash point, ignition temperature, auto-ignition temperature, lower and upper concentration limits of flame propagation, ability to explode and burn when interacting with water, atmospheric oxygen and others substances, etc. These parameters are interconnected. For example, the flash point is linearly related to the boiling point:  $t_{fp} = a + bt_b$ , which depends on the ambient pressure. In this regard, the task of assessing the influence of pressure and temperature on the thermodynamic characteristics of mixtures of liquids is relevant. It is especially important to study the behavior at various temperatures, pressure, concentration, thermophysical parameters of the environment, etc. of such flammable liquid mixtures as fuel mixtures, brake fluids, antifreezes used for cooling internal combustion engines, coolants in heating and air conditioning systems. Along with this, it is necessary to solve the problem of heat transfer, which is divided into external or internal depending on the characteristics of the heat source and the shape of the heat

accumulator. Thus, predicting the flash point is only part of the problem of studying fire and explosion safety conditions

Models developed for ideal solutions [4–6] are unsuitable for nonideal mixtures, which are most common. The imperfection of solutions is due to the interaction of molecules. The influence of liquid phase non-ideality on activity coefficients is taken into account by constructing appropriate thermodynamic models, which can be divided into two categories: models using experimental data and so-called a priori predictive models. To model the properties of a solution, it is necessary to be able to calculate the activity coefficients of the components of the mixture in the liquid phase.

### Methodological part.

Thermodynamic models NRTL, Wilson and UNIQUAC are often used, but in these models the binary interaction parameters are calculated from experimental data. Therefore, these models are not predictive. The UNIFAC model [12] is predictive, since it does not require experimental data to calculate the parameters of binary interaction. To assess the interaction, group contribution parameters are used [10, 13]. The general model for predicting the flash point of a mixture is known [1] and improved by Liu et al. [2] based on the modified Le Chatelier equation (1), Antoine equation (2) and a model for estimating activity coefficients [3]:

$$\sum_i x_i \gamma_i P_i / P_{i,fr}^0 = 1; \quad (1)$$

$$\log P_i = A - B_i / (T + C_i), \quad (2),$$

where  $x_i$  is the mole fraction of the  $i$ -th component in the liquid;  $\gamma_i$  is the activity coefficient of the component;  $P_i$  is the saturated vapor pressure of the  $i$ -th component of the mixture at a given temperature;  $P_i, P_{i,fr}^0$  is the vapor pressure of pure combustible component  $i$  at its flash point, respectively.

The Le Chatelier equation  $L = 1 / \sum_i p_i / L_i$  is used to determine the explosion limit of a vapor mixture and is a formula for calculating the harmonic mean value, where  $L$  is the ignition limit of the mixture;  $L_i$  – flammability limits of individual components;  $p_i$  is the contribution of individual components to the studied property of the liquid mixture. In particular, the equation allows us to determine the average pressure  $P_{fp}$  at which a flare can occur, i.e. at  $L_i = P_{i,fr}^0$ . Under the condition of phase equilibrium of liquid and vapor, the partial pressure of the vapor of a component of a nonideal liquid has the form  $p_i = x_i \gamma_i P_i$ . The activity coefficient is introduced as a characteristic of the imperfection of the mixture. If the activity coefficient is equal to one, this means that the interactions between different or the same molecules are identical and the mixture is in an ideal state; if the activity coefficient is different from unity, the mixture is in a non-ideal state. In the case of an ideal solution,  $\gamma_i = 1$ , the partial pressure of a component is proportional to its fraction in the solution  $p_i = x_i P_i$ , which is the formulation of Raoult's law. The Antoine equation is an approximate representation of the Clausius - Clapeyron equation for the equilibrium of the liquid and vapor phases and makes it possible to move from pressure to the temperature characterizing the flash point, and to find the dependence of the flash point on the composition. To calculate the flash point on the basis of equilibrium models, the activity coefficients of the components  $\gamma_i$  are determined for a given solution composition, then the vapor pressure of the mixture components

$P_{i,fr}^0$  is found using the Antoine equation at the flash point of the pure components. The flash point  $T_{fp}$  for the mixture is found by solving Antoine's equation (2) and equation (1) together. Substituting the pressure  $P_i$  from the Antoine equation into the Le Chatelier equation makes it possible to calculate the flash point for the entire range of solution compositions, i.e. dependence  $T(x)$ . The main problem is to determine the activity coefficients of the components of a non-ideal mixture. This problem can be solved if mathematical modeling methods are used.

### Thermodynamic models of phase equilibrium of solutions.

From models of activity coefficients of the liquid phase, two types can be distinguished: 1) models used for non-polar systems, for example, mixtures of hydrocarbons, isomers, and homologues, which include regular solution theory (RST) and Flory-Huggins models; 2) models used for non-polar and polar systems. These models are commonly used to predict liquid phase activity coefficients and include the Van Laar equation, Wilson equation, NRTL, UNIQUAC equation, UNIFAC equation, etc.

Vidal et al. [13] combined the flash point prediction of Liu et al. [2] with the model UNIFAC to predict the minimum for highly nonideal solutions. Gmeling and Rasmussen calculated the flash point of binary systems using the UNIFAC model to estimate activity coefficients [10, 14]. At the minimum flash point of the mixture, the flash point may drop by several degrees, increasing the risk of explosion, which is often accompanied by a positive deviation of the liquid–vapor equilibrium from Raoult's law [9, 13, 15]. The maximum on the flash point behavior curve is associated with a negative deviation from Raoult's law, which leads to a decrease in the risk of explosion [16].

In the original UNIFAC model [12], the logarithm of the activity coefficient consists of the combinatorial and residual parts. To improve the performance of the original UNIFAC model predicting liquid–vapor equilibrium (VLE), liquid–liquid equilibrium (LLE) and excess enthalpies, several versions of the model were proposed [17–20].

The main disadvantage of the UNIFAC model and its versions is the need to create a database of group parameters of pure components and interaction parameters. The group contributions of these parameters are systematically improved by the UNIFAC consortium [21]. In [22], the flash point of mixtures is predicted (Liaw and Chiu flash point prediction model [3]); to calculate the behavior of the activity coefficients of the liquid phase, UNIFAC type models are used, which do not require experimental data to find the parameters of the binary system. In Fig. Figure 1 presents experimental data [22], as well as the results of calculating the activity coefficients and flash point temperature for the systems ethanol - butanol-1, ethanol - acetone. Various versions of the UNIFAC model and the NRTL model were used for the ideal ethanol - butanol-1 system (Fig. 1, *a*) and the ethanol - acetone system with a positive deviation from ideality (Fig. 1, *b*). The phase behavior of mixtures becomes more complex if there is a large difference in their physical properties, types of polarity, or critical properties. As can be seen in Fig. 1, there is a significant scatter in the results of calculations of activity coefficients and flash point for different models.

One form of the equation relating various parameters of a system to internal energy can be written as

$$dU = TdS - PdV + \sum_{i=1}^n \mu_i dN_i, \quad (3)$$



where  $U = f(S, V, N_1, N_2, \dots, N_n)$  is the internal energy of the phase as a function of entropy, volume and number of moles of components forming the phase;  $\mu =_i (\partial U / \partial N_i)_{S, V, N, j \neq i}$  chemical potential of the  $i$ -th component;  $T = (\partial U / \partial S)_{V, N, j \neq i}$  – temperature;  $P = (\partial U / \partial V)_{S, N, j \neq i}$  – pressure.

This paper discusses a method for calculating the flash point based on the results of simulating liquid–solid equilibrium at constant pressure. The relationship between the activity coefficients  $\gamma_i$  and the excess Gibbs free energy  $G^E$ :

$$RT \sum x_i \ln \gamma =_i G^E.$$

Equation (3) can be written in another form using the Gibbs energy  $G^E(P, T, x_1, x_2, \dots, x_n)$  as the characteristic function:

$$dG^E = -SdT + VdP + \sum_{i=1}^n \mu_i dx_i.$$

The equation can also be written as

$$-SdT + VdT - \sum_{i=1}^n x_i d\mu_i = 0,$$

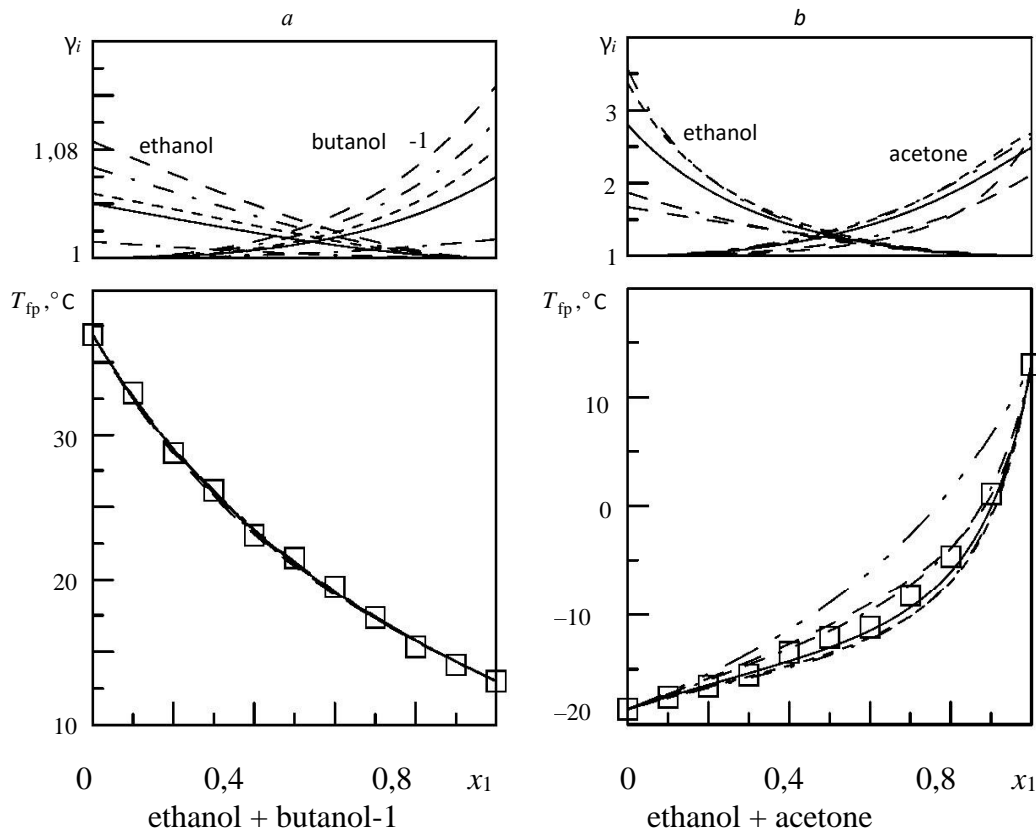
where the transition is made from the number of moles of components to their molar fractions  $x_i$ .

The difference between the equations of state of a binary system for the real and ideal equilibrium phases can be represented as [23]

$$-(H^E/RT^2) dT + (V^E/RT) dP = \sum_{i=1}^2 x_i d \ln \gamma_i,$$

where  $\gamma_i$  is the activity coefficient of the component,  $i = 1, 2$ ;  $H^E$  – enthalpy of mixing;  $V^E$  – excess volume;  $P$  – solution pressure;  $T$  – absolute temperature;  $R$  is the universal gas constant.

The Gibbs equation is used to represent phase equilibrium over a wide range of temperatures and pressures, and to calculate thermal and volumetric properties.



**Figure 1:** Comparison of activity coefficients and the predicted flash point with experimental data [22] for an ideal solution ethanol - butanol-1 (a) and a solution with a positive deviation from ideality ethanol - acetone (b): " " - experimental data, " - " - original UNIFAC; "----" – UNIFAC DORTMUND; « - · - :» – UNIFAC Linghamby; “— — —” – version of UNIFAC Bastos and others; “— — · —” – NRTL; “— --” – ideal solution

Thus, equation (4) allows us to find the activity coefficients of the components if the enthalpy of mixing and excess volume are known. If the formation of associates of molecules of pure components occurs, then the effective molar mass of the component in the solution can be calculated using the formula  $M' \lambda_i M_i$ , where  $M_i$  is the molar mass of the component before mixing,  $\lambda_i$  are correction factors. The average ratio of the number of molecules in associates of pure components  $\lambda = \lambda_1/\lambda_2$  characterizes the stable structure of the solution. The difference between the coefficient  $\lambda$  and unity indicates the presence of a deviation from ideality in the binary system and the need to move to effective mole fractions to obtain thermodynamically consistent models.

In [24 – 27], a method for modeling phase equilibrium diagrams of liquid–solid and liquid–vapor in real solutions and the possibility of predicting the flash point of a binary liquid mixture is considered.

In most real solutions, the components interact, leading to the formation of molecular compounds of the AB type. The solvation coefficient  $\lambda = \lambda_1/\lambda_2$  shows the ratio of the number of molecules A to the number of molecules B in the resulting molecular compound. Molecules of components A and B can also form clusters consisting of molecules of the same type. The ratio of the number of molecules of component A to the number of molecules of component B united into associates will be characterized by the association coefficient  $k = k_1/k_2$ . The association coefficient  $k_1$  shows how many molecules of component A in the liquid phase have combined into a cluster of type AA, similarly, the association coefficient  $k_2$  shows how many molecules of component B in the liquid phase have combined into a cluster of type BB. Minimizing the excess Gibbs energy with respect to the solvation parameter  $\lambda$  leads to an equation that models the liquid–solid phase equilibrium diagram at  $P = \text{const}$ :

$$T(z_1) = [H_1^E z_1 + H_2^E (1 - z_1)] / [(H_1^E / T_1^0) z_1 + (H_2^E / T_2^0) (1 - z_1) - R(z_1 \ln z_1 + (1 - z_1) \ln(1 - z_1))], \quad (5)$$

where  $T$  is the liquidus temperature;  $H_i^E$  – enthalpy and  $T_i^0$  – melting temperature of the component forming the one-component phase,  $i = 1, 2$ ;  $z_1 = x_1/(x_1 + \lambda x_2)$ ,  $z_2 = x_1/(x_1/\lambda + x_2)$  are the effective mole fractions of the components of the binary mixture.

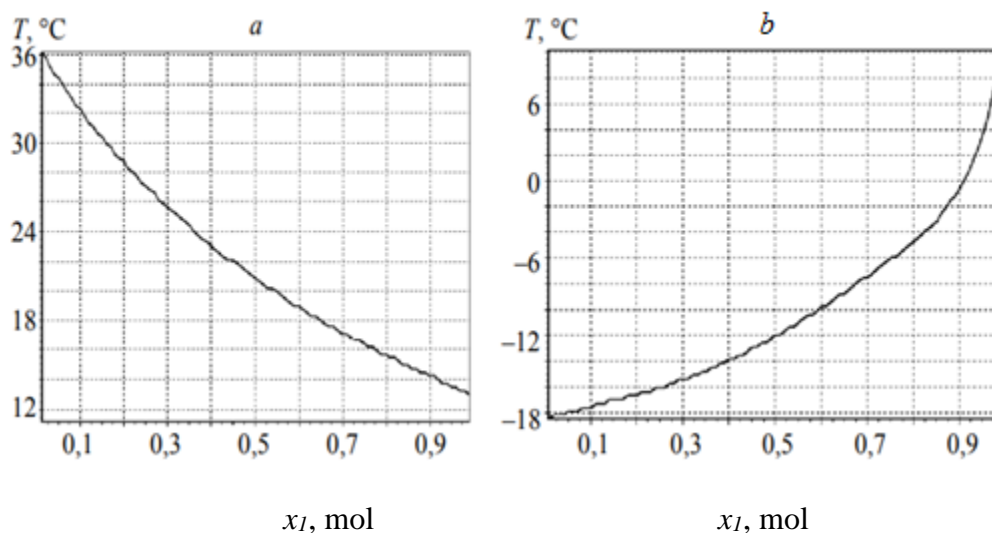
The PCEAS (Phase Chart Eutectic and Azeotropic Systems) model proposed by the authors of this work [28] is based on minimizing the excess Gibbs energy using the solvation parameter  $\lambda$ , which characterizes the ratio of the number of molecules A to the number of molecules B in a molecular compound. Equation (5) allows us to find the dependence of the temperature of the mixture on the composition at constant pressure. The PCEAS program makes it possible to calculate the liquid-solid equilibrium, as well as the liquid-vapor equilibrium at constant pressure or at constant temperature. The input data is the temperature  $T_i$  and the enthalpy of phase transitions  $H_i^0$  of pure components. The program allows you to determine the average values of the solvation coefficient  $\lambda$ , as well as the association coefficient  $k$ , and calculate activity coefficients.



Phase equilibria liquid - solid and liquid - vapor in binary systems, as well as the dependence of the flash point on the composition of the solution were calculated at atmospheric pressure.

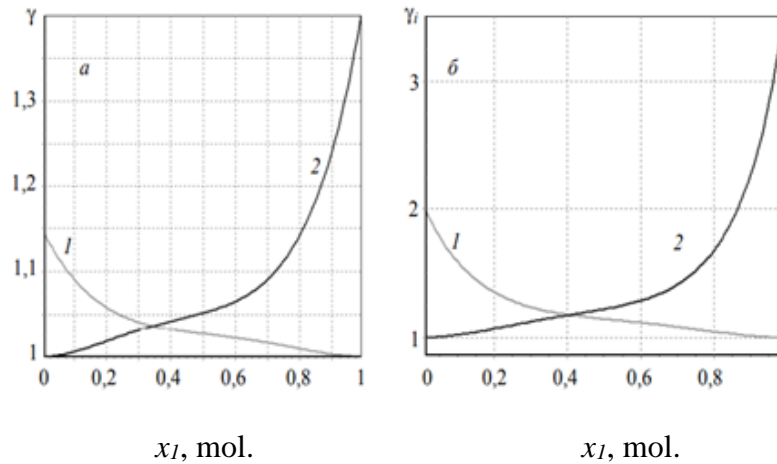
### Results and discussion.

Fig. 2 presents the results of calculating the flash point temperature using the PCEAS model for the ideal ethanol - butanol-1 system (Fig. 2, *a*) and the ethanol - acetone system with a positive deviation from ideality (Fig. 2, *b*).



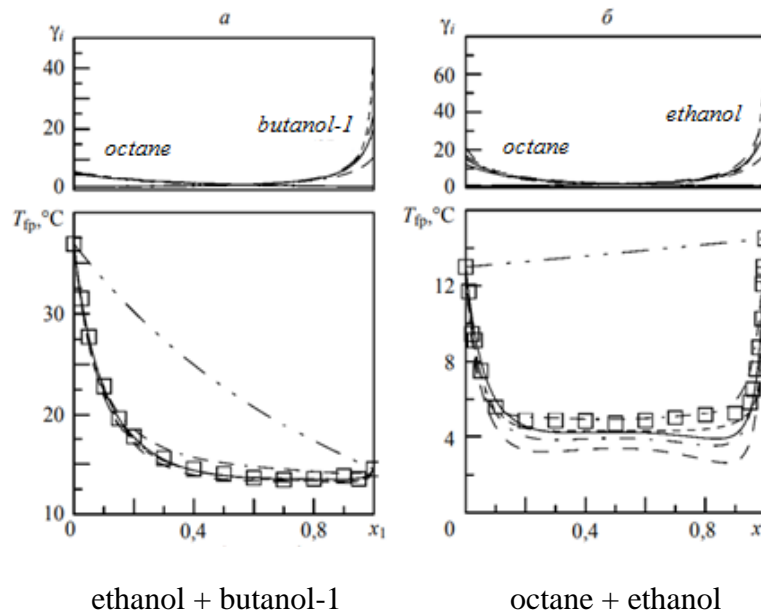
**Figure 2:** Dependence of the flash point temperature on the composition of the solution according to the PCEAS model: *a* – for the ethanol – butanol-1 system; *b* – for the ethanol – acetone system.

In Fig. Table 3 shows the results of calculating activity coefficients using the PCEAS model for the systems ethanol - butanol-1 and ethanol - acetone at normal atmospheric pressure. To predict the flash point of mixtures close to ideal, it is sufficient to use the activity coefficients of the liquid phase obtained from the results of modeling the liquid–solid equilibrium. The work [22] presents modeling results and experimental curves of the dependence of the flash point on the composition for systems with the formation of an extremum of the flash point. It is noted that existing thermodynamic models do not accurately describe such systems. The reason for this is insufficient attention to the processes of solvation and association in the liquid and vapor phases, as well as the consistency of thermodynamic data.

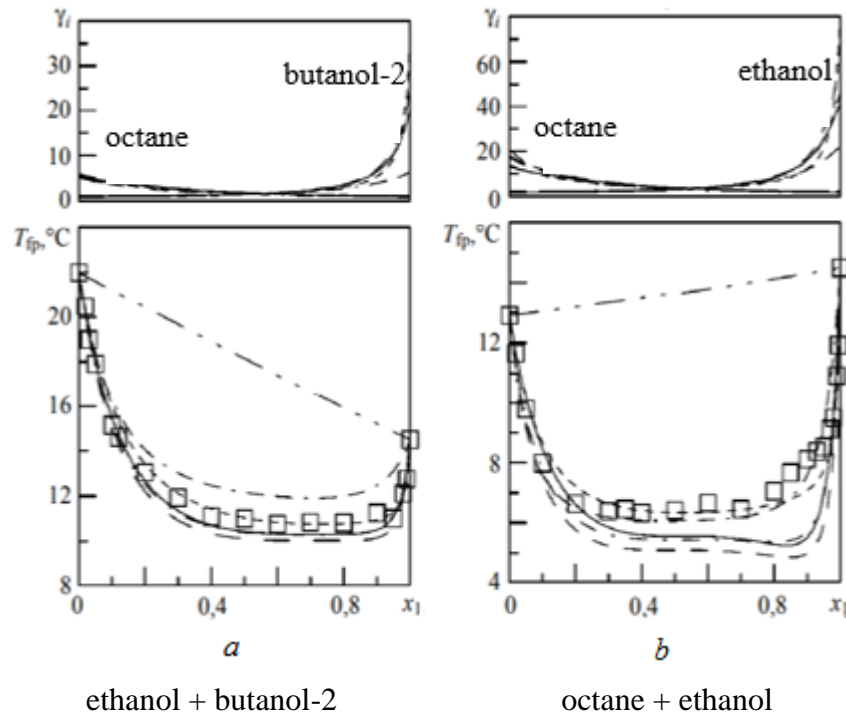


**Figure 3:** Calculation of activity coefficients at  $P = 101.4$  kPa using the PCEAS model for solutions: *a* – ethanol – butanol-1: cr. 1 – activity coefficient (ethanol), cr. 2 – activity coefficient (butanol-1); *b* – ethanol – acetone with a positive deviation from ideality, line 1 – activity coefficient (ethanol), line 2 – activity coefficient (acetone)

In Figure 4, 5 show the calculation results and experimental data for systems with the formation of a minimum flash point [22].



**Figure 4:** Comparison of activity coefficients and predicted flash point with experimental data [3] for solutions with the formation of a minimum flash point octane - butanol-1 (*a*) and octane - ethanol (*b*): " " - experimental data, " - " - original UNIFAC; "----"– UNIFAC DORTMUND; « - · - :» – UNIFAC Linghby; “- - -” – version of UNIFAC Dostos and others; “- - · -” – NRTL; “- - -” – local solution



**Figure 5:** Comparison of activity coefficients and predicted flash point with experimental data [22] for solutions with the formation of a minimum flash point octane - butanol-2 (a) and octane - isopropanol (b): " " - experimental data, " - " - original UNIFAC; "----" – UNIFAC DORTMUND; « - · - » — UNIFAC Linghamby; "———" – version of UNIFAC Bastos and others; "———" – NRTL; "— · —" – ideal solution

In Fig. 6. The results of calculating the boiling point and flash point temperature using the PCEAS model for an octane - butanol-1 solution with the formation of flash point extrema are presented.

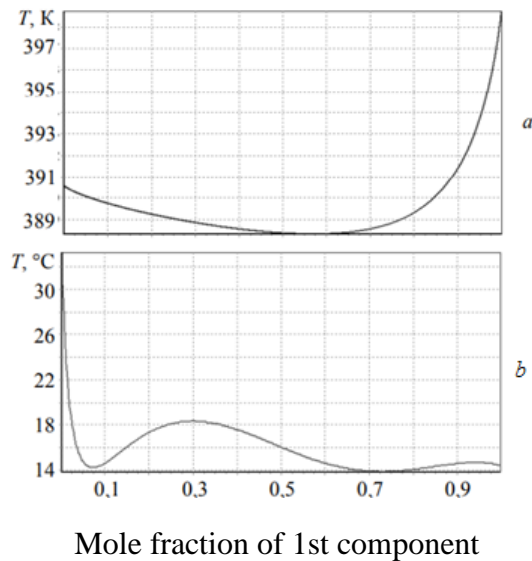
In Fig. 7 – results of calculating the boiling point and flash point using the PCEAS model for the octane-ethanol system at normal atmospheric pressure.

In Fig. 8 – results of calculating the boiling point and flash point using the PCEAS model for the octane - butanol -2 system at normal atmospheric pressure.

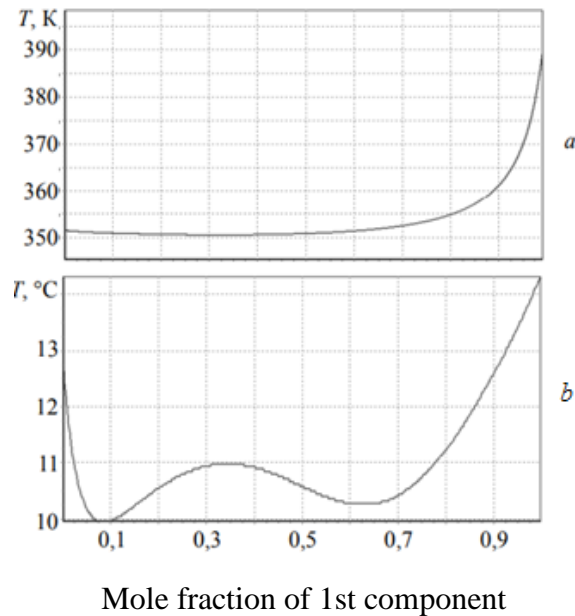
In Fig. 9 – results of calculating the boiling point and flash point using the PCEAS model for the octane - isopropanol system at normal atmospheric pressure.

### Conclusion.

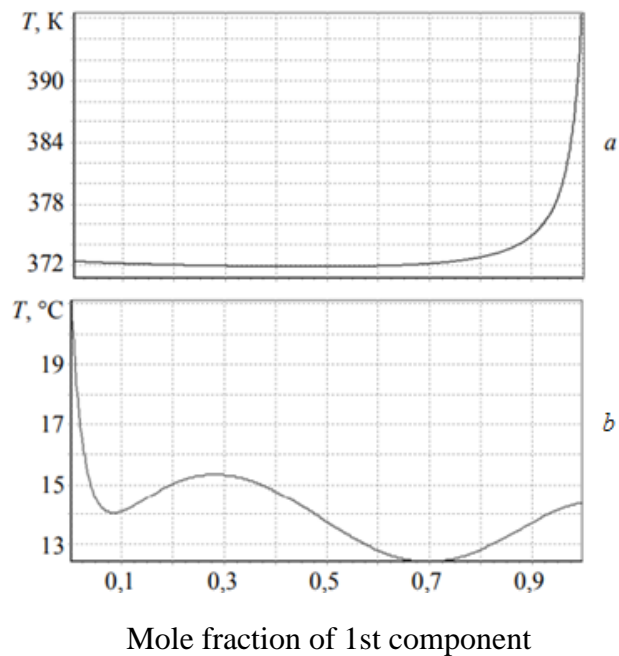
A method for predicting the dependence of the flash point of binary flammable liquid mixtures on the composition of the solution is presented. The method is based on the use of mixture pressure data obtained using mathematical modeling of phase equilibrium under isobaric conditions. Predicting the flash point of a binary mixture requires data on the enthalpy and melting point, enthalpy and boiling point, and flash point of the pure components.



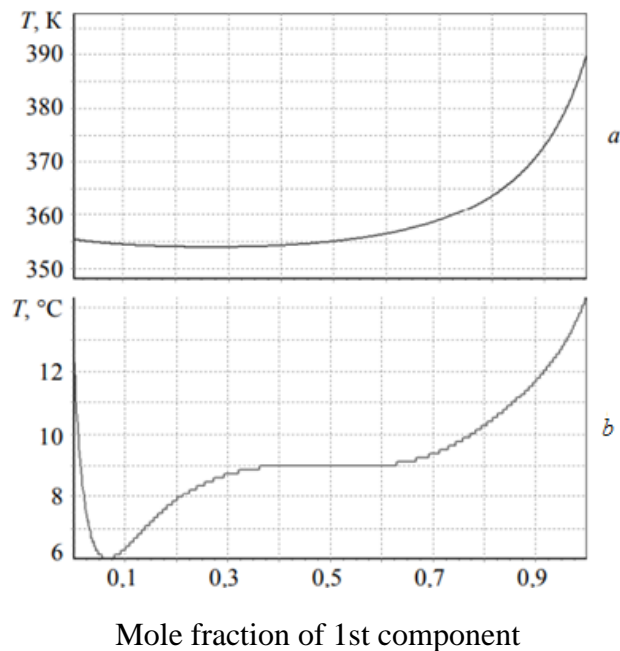
**Figure 6:** Calculation of the boiling point and flash point temperature using the PCEAS model for a solution of octane-butanol-1 with the formation of flash point extrema: *a* – boiling point - calculation; *b* – flash point temperature – calculation



**Figure 7:** Calculation of the boiling point and flash point temperature using the PCEAS model for an octane-ethanol solution with the formation of flash point extrema: *a* – boiling point - calculation; *b* – flash point temperature – calculation



**Figure 8:** Calculation of the boiling point and flash point temperature using the PCEAS model for a solution of octane - butanol-2 with the formation of flash point extremes: *a* - boiling point - calculation; *b* – flash point temperature – calculation



**Figure 9:** Calculation of the boiling point and flash point temperature using the PCEAS model for an octane - isopropanol solution with the formation of a minimum flash point: *a* - boiling point - calculation; *b* – flash point temperature – calculation

### Declarations

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### Study Limitations

There are no limitations that could affect the results of the study.

### Acknowledgment

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### REFERENCES

1. Torsuyev N.S. Granitsy vosplamenyayemosti smesi parov letuchikh rastvoriteley // Zhurnal khimicheskoy promyshlennosti. 2003. № 22–23. S. 1413–1414.
2. Liaw H.-J., Lee Y.-H., Tang C.-L., et al. A mathematical model for predicting the flash point of binary solutions // J. Loss Prev. Process. 2002. No. 15. P. 429–438.
3. Liaw H.-J. A general model for predicting the flash point of miscible mixture / H.-J. Liaw, Y.-Y. Chiu // J. Hazard Mater. 2006. No. 137. P. 38–46.
4. Affens W.A. Flammability properties of hydrocarbon solutions in air / W.A. Affens, G.W. McLaren // J. Chem Eng. Data. 2017. No. 17. P. 482–488.
5. White D. Flame spread on aviation fuels / D. White, C.L. Beyler, C. Fulper, J. Leonard // Fire Saf. J. 2007. No. 28. P. 1–31.
6. Garland R.W. Evaluating vent manifold inerting requirements: flash point modeling for organic acid-water mixtures / R.W. Garland, M.O. Malcolm // Process Saf. Prog. 2002. No. 21. P. 254–260.
7. Liaw H.-J. A model for predicting the flash point of ternary flammable solutions of liquid / H.-J. Liaw, C.-L. Tang, J.-S. Lai // Combust. Flame. 2004. No. 138. P. 308–319.
8. Liaw H.-J. A non-ideal model for predicting the effect of dissolved salt on the flash point of solvent mixtures / H.-J. Liaw, T.-A. Wang // J. Hazard Mater. 2007. No. 141. P. 193–201.
9. Catoire L. Estimation of closed cup flash points of combustible solvent blends / L. Catoire, S. Paulmier, V. Naudet // J. Phys. Chem. Ref. Data. 2006. No. 35. P. 9–14.
10. Gmehling J. Flash points of flammable liquid mixtures using UNIFAC / J. Gmehling, P. Rasmussen // Ind. Eng. Chem. Fundam. 2002. No. 21. P. 186–188.
11. Lee S.-J. The Lower Flash Points of Binary Systems Containing Non-flammable Component / S.-J. Lee, D.-M. Ha // Korean J. Chem. Eng. 2003. No. 20. P. 799–802.
12. Fredenslund A. Group-Contribution Estimation of Activity Coefficients in Nonideal Liquid Mixtures / A. Fredenslund, R.L. Jones, J. M. Prausnitz // AIChE J. 1975. No. 21. P. 1086–1099.
13. Vidal M. Prediction of minimum flash point behaviour for binary mixtures / M. Vidal, W.J. Rogers, M.S. Mannan // Process Saf. Environ. Prot. 2006. No. 84. P. 1–9.



14. Zabetakis M. G. Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors // U.S. Dept of the Interior, Bureau of Mines, Washington, 2005.
15. Liaw H.-J. Binary liquid solutions exhibiting minimum flash-point behavior / H.-J. Liaw, T.-P. Lee, J.-S. Tsai, W.-H. Hsiao, M.-H. Chen, T.-T. Hsu // J. Loss Prev. Process. 2003. No. 173–186.
16. Liaw H.-J. Binary mixtures exhibiting maximum flash-point behavior / H.-J. Liaw, S.-C. Lin // J. Hazard. Mater. 2007. No. 140. P. 155–164.
17. Weidlich U. A modified UNIFAC model. 1. Prediction of VLE, hE, and gamma Infinite / U. Weidlich, J. Gmehling // Ind. Eng. Chem. Res. 2017. No. 26. P. 1372–1381.
18. Gmehling J. A modified UNIFAC model. 2. Present parameter matrix and for different thermodynamic propertie / J. Gmehling, J. Li, M. Schiller // Ind. Eng. Chem. Res. 2003. No. 32. P. 178–193.
19. Larsen B.L. A modified UNIFAC group contribution method for prediction of phase equilibria and heats of mixing / B.L. Larsen, P. Rasmussen, A. Fredenslund // Ind. Eng. Chem. Res. 1987. No. 26. P. 2274–2286.
20. Magnussen T. UNIFAC parameter table for prediction of liquid-liquid equilibria / T. Magnussen, P. Rasmussen, A. Fredenslund // Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 2001. No. 20. P. 331–339.
21. The UNIFAC Consortium / <http://unifac.ddbst.de/> (accessed 2010)[электронный ресурс].
22. Liaw H.-J. Prediction of miscible mixtures flash-point from UNIFAC group contribution methods / H.-J. Liaw, V. Gergaud, Y.-H. Li // Fluid Phase Equilibria. 2011. No. 300. P. 70–82.
23. Kogan V.B. Geterogenyye ravnovesiya. L.: Khimiya, 2016. 432 s.
24. Yesina Z.N. Matematicheskoye modelirovaniye fazovogo perekhoda zhidkost' – tverdoye / Z.N. Yesina, M.R. Korchuganova, V.V. Murashkin // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika i informatika. 2011. № 3 (16). S. 13–23.
25. Zakharov YU.N. Fazovyye perekhody kak prichina katastrof na predpriyatiyakh pererabotki uglya i nefti / YU.N. Zakharov, Z.N. Yesina, M.R. Korchuganova // Kuzbass-2: sb. statey. Otdel'nyy vypusk Gornogo informatsionno-analiticheskogo byulletenya (nauchno-tekhnicheskogo zhurnala) Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). 2009. № OB17. M.: Izdatel'stvo «Gornaya kniga». S. 54–58.
26. Yesina Z.N. Prognozirovaniye temperatury vspyshki binarnykh zhidkikh smesey / Z.N. Yesina, M.R. Korchuganova, V.V. Murashkin // Problemy monitoringa okruzhayushchey sredy: sb. trudov XI Vserossiyskoy konferentsii s uchastiyem inostrannykh uchenykh (24–28 oktyabrya 2011 g.). Kemerovo: KemGU, 2011. S. 177–182.
27. Yesina Z.N. Matematicheskoye modelirovaniye fazovykh perekhodov v real'nykh rastvorakh: monografiya. Kemerovo: Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet, 2011. 228 s.
28. Yesina Z.N. Phase Chart Eutectic and Azeotropic System (PCEAS): Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2012618394 / Z.N. Yesina, M.R. Korchuganova, V.V. Murashkin (RU) – № 2012616324; zayavl. 25.07.2012; Zaregistrirvano v Reyestre programm dlya EVM, g. Moskva, 17 sentyabrya 2012 g.



## **BİNAR YANACAĞININ ALOVLANMA TEMPERATURUNUN PROQNOZLAŞDIRILMASI**

**Natig Abbasov<sup>1</sup>, Fatimə Cəfərli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosent, “Sənaye maşınları” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Magistr, “Neft-Mexanika” fakultəsi, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: fjafarl@inbox.ru

### **XÜLASƏ**

Mayelərin alovlanma təhlükəsi ilk növbədə onların alovlanma temperaturu ilə xarakterizə olunur. Alışma nöqtəsi, mayenin buxarlandığı və hava ilə yanmaya məruz olan bir qarışıq meydana gətirdiyi temperatur olaraq təyin olunur. Alışma temperaturunu ölçmək üçün qapalı və açıq tipli cihazlardan istifadə olunur. Qapalı tipli cihazlarda qarışığın maye və buxar komponentləri arasındakı tarazlıq vəziyyəti öyrənilir. Açıq tipli cihazlar yanıcı mayelərin atmosferlə qarışığının qarşılıqlı təsirini nəzərə alır. Qarışığın flaş nöqtəsi kritik bir xüsusiyyətdir, lakin bir çox qarışıq üçün eksperimental məlumatlar yoxdur və bu cür məlumatların alınması bahalı və vaxt aparır. Buna görə fəvqəladə halların artan riski şəraitində ətraf mühitin vəziyyətini təhlil etmək üçün riyazi modellərin hazırlanması vacib bir elmi və praktik vəzifədir. Bu sənəd qapalı tipli cihazlarda flaşın proqnozlaşdırılmasının mümkünlüyünü nəzərdən keçirir, yəni bu yaxınlaşmada atmosfer şəraitinin təsiri nəzərə alınmır. Əvvəllər müxtəlif növ qarışıqların flaş temperaturunu proqnozlaşdırmaq üçün bir neçə model təklif edilmişdir.

**Açar sözlər:** binar qarışıqlar, alışma nöqtəsi, qaynama nöqtəsi, aktivlik əmsalları, solvasiya əmsalı, birləşmə əmsalı.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ TEMПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ БИНАРНОГО ТОПЛИВА**

**Натиг Аббасов<sup>1</sup>, Фатима Джафарли<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, кафедра “Промышленные машины”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Магистр, Нефтемеханический факультет, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан. E-mail: fjafarl@inbox.ru

### **РЕЗЮМЕ**

Опасность воспламенения жидкостей в первую очередь характеризуется их температурой вспышки. Температура вспышки определяется как температура, при которой жидкость испаряется и образует легковоспламеняющуюся смесь с воздухом. Для измерения температуры вспышки используются приборы закрытого и открытого типа. В устройствах закрытого типа изучается состояние равновесия между жидким и парообразным компонентами смеси. Устройства открытого типа учитывают взаимодействие смеси

легковоспламеняющихся жидкостей с атмосферой. Температура вспышки смеси является критическим свойством, но экспериментальные данные для многих смесей отсутствуют, а получение таких данных является дорогостоящим и трудоемким. Поэтому разработка математических моделей для анализа состояния окружающей среды в условиях возрастающего риска возникновения чрезвычайных ситуаций является важной научной и практической задачей. В данной работе рассматривается возможность прогнозирования температуры вспышки в устройствах закрытого типа, т.е. влияние атмосферных условий в этом приближении не учитывается. Ранее было предложено несколько моделей для прогнозирования температуры вспышки смесей различных типов.

**Ключевые слова:** бинарные смеси, температура вспышки, температура кипения, коэффициенты активности, коэффициент сольватации, коэффициент ассоциации.

#### Publication history

Article received: 16.01.2024

Article accepted: 06.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-87

## **DIŞLİ ÇARX ÖTÜRMƏLƏRİNDƏ YEYİLMƏNİN İNKİŞAF MƏRHƏLƏLƏRİNİ TƏYİN EDƏN ALQORİTM**

**Əmir Mustafayev<sup>1</sup>, Elmir Əhmedxanov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosent, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. E-mail: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Magistr, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

E-mail: ehmetxanovelmir@gmail.com

### **XÜLASƏ**

Mürəkkəb funksiyaları yerinə yetirən böyük qüvvə, gücə və sürətə malik olan müasir maşınların mühərrikləri ilə icraedici orqanlarını birləşdirən ötürmə mexanizmlərinə çox sərt tələblər qoyulur. Ötürmə mexanizmlərinin əsas funksiyalarına hərəkətin ötürülməsi və ya hərəkətin bir növdən başqa növə çevrilməsi, sürətin dəyişməsi və tənzimlənməsi, maşının icraedici orqanlarına düşən güc balansının düzgün paylanması, maşının işə salınması, söndürülməsi və reversiv (geriyə doğru) hərəkətmə imkanlarının olması daxildir. Bu funksiyaları dəqiq yerinə yetirən maşınlar fasilələrə yol vermədən, tələb olunan müddətə məhsuldarlığı artırmağa imkan verir. Ötürmə mexanizmlərinin əndazə ölçüləri yığcam olmalı, həm də bu mexanizmlərin istismar zamanı tam təhlükəsizliyi təmin olunmalıdır.

Bəzi hallarda aqressiv və çirklənmiş mühitdə, yüksək və sıfır dərəcədə aşağı temperaturlarda işləyən ötürmə mexanizmlərinə, onların etibarlı işini təmin edən digər tələblər də qoyula bilər.

Göstərilən tələblərin yerinə yetirilməsi mürəkkəb bir məsələdir. Belə məsələlərin həlli, layihəçidən müasir maşınlar və onların konstruksiya materialları, maşın hissələri və onların müasir texniki vasitələrdən istifadə etməklə möhkəmliyə hesabat üsulları, maşın hissələrinin hazırlanma texnologiyalarının maşının uzunömürlülüyünə və qənaətlə istifadə olunmasına təsiri və s. məlumatlar haqqında yaxşı biliklərə malik olmasını tələb edir.

Bu tələblər eyni zamanda istismarçının da qarşısına qoyulur. İstismarçı maşının imkanlarını düzgün qiymətləndirməklə, onu uzun müddətə istismar etmək imkanına malikdir.

Ötürmə mexanizmləri və onların möhkəmliyə hesabat üsulları mexanizmin təyinatından, iş rejimindən və işlədiyi şəraitdən asılı olaraq seçilir.

Layihəsi nəzərdə tutulan ötürmə mexanizminə təsir edən qüvvələrin təsir müddətindən və xarakterindən, mühitin aqressivliyindən və çirklənməsindən, işçi temperaturun dəyişməsindən asılı olaraq mexanizmin elementlərinə aparılan hesabat üsullarında materialın qorxulu kəsiklərində yaranan gərginliklərin buraxılabilən gərginlikdən az olması, emal olunan səthin cilalanması, sürtgü yağlarının növü və digər faktorlar nəzərə alınmalıdır.

Verilmiş ötürmə nisbətində hərəkətin bir valdan digər vala fasiləsiz ötürülməsi əsasən dişli çarx mexanizmləri ilə yerinə yetirilir.

Ötürmə mexanizmləri arasında etibarlı işinə və dəqiqliyinə görə maşınqayırmada və cihazqayırmada dişli çarx mexanizmlərinə geniş yer verilir.

Məqalədə evolvent dişli çarxlarda dayanıqlığın proqnozlaşdırılması üzrə tətbiq edilən avtonom sistemlərdən, habelə yeyilmə zamanı yastı evolvent profilli dişlərin bərpasından və möhkəmləndirilməsindən bəhs edilmişdi. Multiplikativ yeyilmə meyarlarına əsaslanan təhlil alqoritmi təklif olunmuş, əldə edilən nəticələr dişlərin etibarlılığını və davamlılığını qiymətləndirməyə və yeyilmənin inkişafını proqnozlaşdırmağa imkan verir.

**Açar sözlər:** evolvent dişli çarx ötürücü, profil, dayanıqlıq, yeyilmə, etibarlılıq.



## Giriş

Müasir kosmik və sualtı obyektlərdə elektromexaniki dişli mexanizmlərdən istifadə edilir. Uzunmüddətli istismar zamanı (10.000 saatdan çox müddətdə) dişli mexanizmlərdə dişlər tədricən yeyilir ki, bu da son nəticədə dişlərin profillərinin formasının, ölçülərinin dəyişməsinə və dişlər arasında araboşluqlarının yaranmasına səbəb olur. Nəticədə mühərlikin faydalı iş əmsalı, kinematik dəqiqliyi və burulmda sərtliyi azalır, dinamik yüklər və səs-küy artır.

Məlumdur ki, yeyilmə mexanizmi mürəkkəb bir prosesdir. Çarxın dişlərinin toxunma sahələri abraziv yapışqanlı kimyəvi oksidləşdirici və digər növ yeyilmələrə məruz qalır. Hal-hazırda, dişlərin yeyilməsi ilə bağlı baş verən proseslərin mürəkkəbliyi və prosesə təsir edən amillərin müxtəlifliyi səbəbindən dişli çarxların uzunömürlülüyünün dəqiq hesablanması üçün analitik üsul mövcud deyil [1-9].

Tədqiqat işinin əsas məqsədi dişin evolvent profillərinin yeyilməsi nəticəsində müstəvi ilişməli dişli çarxların həndəsəsinin təkmilləşdirilməsini təhlil edib, onun alqoritmini hazırlamaqdır. Belə hallar dişli çarx ötürməsində dişlərin yeyilməsinin inkişaf mərhələsində baş verən dəyişikliklər proqnozlaşdırmaqdan ötrü aşağıdakı əsas xüsusiyyətləri nəzərə almaqla təqdim edilə bilər:

- 1) həndəsi (dişlərin profillərinin forması, təhlükəli en kəşik sahəsinin vəziyyəti və ölçüləri, qütb xəttinin mövqeyi, ayrılığı);
- 2) kinematik (sürüşmə sürəti, xüsusi sürüşmə və ötürmə nisbəti) və güc (təzyiq bucağı, kontakt gərginlikləri, normal yeyilmə);

Tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsində baza materialı kimi [2-5]-dən istifadə edilmişdir.

## Məsələnin qoyuluşu.

Yeyilmədə qəbul edilmiş fərziyyələr və yeyilmə meyarlarının proqnozlaşdırılması. Nəzəri və təcrübi tədqiqatlar zamanı dişli çarx, malta, yumruqlu və digər mexanizmlərdə kinematik cütlərdə yeyilmə ümumi halda həndəsi, kinematik və qüvvə amillərindən, bəndlərin materiallarının fiziki-mexaniki xassələrindən, temperaturdan, toxunan səthlərin işçi sahələrinin vəziyyəti, bir və ya çox qoşalılıqdan və mühitdən, yükləmə risklərinin sayından və digər amillərdən asılıdır.

Bu faktorların qeydiyyatını bir tədqiqat işində aparmaq əlverişli deyil.

Bir o qədər də əhəmiyyət kəsb etməyən amilləri istisna etməklə, tədqiqatı sadələşdirmək üçün aşağıdakı fərziyyələr qəbul edilmişdir:

1. Kiçik çarx mütləq bərk cismdir, o yeyilməyə və deformatsiyaya məruz qalmır;
2. Böyük çarx sürtünməyə məruz qalır;
3. Yeyilmə zamanı dişlərin üst səth təbəqələrində temperaturlar və çarxın materialının tərkibi çox az dəyişir;
4. Yeyilmə quru sürtünmə şəraitində baş verir;
5. Dişlərin yeyilməyə məruz qalmayan profilləri verilmiş parametrlər kimi qəbul olunur.

Qəbul olunmuş fərziyyələrə görə müxtəlif tədqiqatçılar tərəfində aparılan çoxsaylı tədqiqatlarda yeyilmə kriteriyalarını iki xarakterik qrupa ayırmağa imkan verir: multiplikativ və additiv.

Multiplikativ yeyilmə kriteriyası xüsusi kriteriyaların vurma əməliyyatına əsaslanır. Bərabər şəraitlərdə multiplikativ kriteriya kontakt gərginliklərindən ( $\sigma$ ) və sürüşmə sürətindən ( $v_{1,2}$ ) asılıdır [6]:

$$\Delta_{1j} = \frac{\beta f}{\delta_T} \left( \frac{\sigma}{\sigma_B} \right) v_{1,2} T, \quad (1)$$

burada  $\beta_f$  – üst səthin dağılmasına sərf olunan sürtünmə qüvvələrinin işinin bir hissəsidir;  $f$  – sürtünmə əmsalındır;  $\delta_r$ - dişin dağılan hissəsinin uzunluğudur;  $\sigma_B$ - materialın möhkəmlik həddidir.  $T-\Delta_{1j}$  qalınlığında olan təbəqənin dağılma vaxtdır;  $\Delta_{1j}$  - dağılan qatın qalınlığıdır, burada ( $j = 1, 2$  dişli çarxların sayıdır).

Hers düsturuna görə kontakt gərginlikləri aşağıdakı kimi təyin olunur;

$$\sigma = C \sqrt{\frac{\omega_2(\omega_1 - \omega_2) \operatorname{tg} \alpha_w}{v_1 v_2}}; \quad (2)$$

$$C = 0,418 \left( \frac{M_2 E_{12}}{b} \right)^{0,5} = \text{const} \quad (3)$$

burada,  $v_j$  kontakt nöqtəsinin nisbi sürətidir;  $\omega_1$ -  $j$  çarxının bucaq sürətidir;  $\alpha_w$ -ilişmə bucağıdır;  $M_2$ - aparılan çarxın oxunun müqavimət momentidir;  $E_{1,2}$  – çarxların materiallarının götürülmüş elastiklik moduludur;  $b$  – ani kontakt xəttinin uzunluğudur.

$\beta, f, \delta_r, v, \sigma_B$  sabit kəmiyyətlərini sabit ədədlər kimi qəbul etsək, onda burada:

$$\Delta_{1j} = C_1 \sqrt{T} \cdot T, \quad (4)$$

$$C_1 = \frac{\beta f}{\delta_r \sigma_B} C = \text{const}; \quad (5)$$

$$F = \tau \gamma \left( \frac{v_1 - v_2}{v_1 v_2} \right)^2; \quad (6)$$

$$v_j = -a_j \omega_j \sin \alpha + (\alpha - \omega_j) \rho + \alpha_j \cos \alpha \quad (7)$$

$\alpha_j$  –  $j$  çarxının mərkəzi radiusudur;  $r, \square$  –ilişmə xəttindəki təmas nöqtəsinin qütb koordinatlarıdır. Bəzi dişli çarx ilişməsində kontakt gərginlikləri ilə xüsusi sürüşmələr ( $\tau_j$ ) arasındakı asılılıqlardan istifadə olunur:

$$\Delta_{2j} = C_2 \sigma \lambda_2, \quad C_2 = \text{const} \quad (8)$$

N.I. Kolçinin təklif etdiyi normal yeyilməni müəyyən edən düstur aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\Delta_{3j} = q^l \lambda_j^m v_{12}^n k_{12}^p C_3, \quad C_3 = \text{const} \quad (9)$$





burada  $l, m, n, p$  çəki əmsallarıdır,  $l + m + n + p = 1$ ;  $q$  – xüsusi təzyiqdır;  $k_{1,2}$  – gətirilmiş əyrilikdir.

Multiplikativ kriteriyaların [1-3] çatışmayan cəhəti xüsusi nöqtələrdə (ilişmə qütbündə) ona daxil olan hər hansı bir xüsusi meyar sifirə çevrildikdə yeyilmənin qeydiyyatını aparmaqda çətinlik yaradır.

Additiv yeyilmə kriteriyaları: Yeyilmə prosesini daha adekvat təsvir etməkdən ötrü xüsusi çəki əmsalları ( $k$ ) ilə təyin olunan (ayrı-ayrı) kriteriyaların cəmindən istifadə etmək məsləhət görülür.

Additiv kriteriyalardan istifadə etməklə yeyilən qatın qalınlığı aşağıdakı kimi tapılır:

$$\Delta_4 = \frac{\sigma}{\sigma^0} w_1 + \frac{v_{1,2}}{v_{12}^0} w_2 + \frac{\lambda_j}{\lambda_j^0} w_3 + \frac{M_{y,s}}{M_{y,s}^0} w_4; \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^4 w_i = 1,$$

burada  $\sigma^0, v_{12}^0, \lambda_j^0, M_{y,s}^0$  - normallaşdırıcı amillərdir.  $M_{y,s}$  kontakt sahəsində yellənmə momentidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, (9) və (10) kriteriyalarından istifadə edərkən çəki əmsallarının seçilməsində problemlər yaranır. Bu əmsalların seçilməsi dişli ötürmədə xüsusi şəraitdə, ya təcrübəli tədqiqatları aparmaqda, ya da tədqiqatçı tərəfindən əldə olunan hipotetik tədqiqatlarla həll edilə bilər.

Problemi həll etməkdən ötrü yeyilən səthləri müəyyən edən metodika və ötürmə nisbəti dəyişən müstəvi kinematik cütlü dişli çarxın analitik modelindən istifadə edirik.

Yeyilmənin inkişaf mərhələlərini təhlil edən alqoritm (yeyilmə zamanı nişanlanmanın təkamülünü təhlil edən alqoritm).

Yeyilmə zamanı ilişmə xəttinin və ötürmə nisbətini təyini.

Əvvəlcə ilişmə teoreminin tərs məsələsini həll edək. Bunun üçün dişli çarxın verilmiş profilləri üçün ilişmə xəttini, ötürmə nisbətini və digər əhəmiyyətli xarakteristik xüsusiyyətləri müəyyənləşdiririk.

$O_j x_j (u_j) y_j (u_j)$  koordinat sistemində ilkin profillərin parametrik funksiyalarını təyin edirik. Kiçik çarx (1),  $O_1$  oxu ətrafında  $\varphi_1$  bucağı qədər döndükdə onun profillərinin koordinat oxları üzərindəki proyeksiyaları aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\tilde{x}_1(u_1, \varphi_1) = a_1(u_1) \cos \varphi_1 + r(u_1) \sin[\alpha(u_1) - \varphi_1] = x_1(u_1) \cos \varphi_1 - \gamma_1(u_1) \sin \varphi_1$$

$$\tilde{y}_1(u_1, \varphi_1) = -a_1(u_1) \sin \varphi_1 - r(u_1) \cos[\alpha(u_1) - \varphi_1] = x_1(u_1) \sin \varphi_1 + \gamma_1(u_1) \cos \varphi_1 \quad (11)$$

Aparılan çarx  $O_2$  oxu ətrafında  $\varphi_2$  bucağı qədər döndükdə, onun profillərinin koordinat oxları üzərindəki proyeksiyaları isə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\tilde{x}_2(u_2, \varphi_2) = a_2(u_2) \cos \varphi_2 + r(u_2) \sin[\alpha(u_2) - \varphi_2] = [x_2(u_2) - a] \cos \varphi_2 - \gamma_2(u_2) \sin \varphi_2 + a;$$

$$\tilde{y}_2(u_2, \varphi_2) = -a_2(u_2) \sin \varphi_2 - r(u_2) \cos[\alpha(u_2) - \varphi_2] = [x_2(u_2) - a] \sin \varphi_2 + \gamma_2(u_2) \cos \varphi_2; \quad (12)$$

burada,  $a = O_1 O_2$  -  $x$  oxu boyunca mərkəzlər arası məsafədir.

Dişlərin təmas nöqtəsində profillərin toxunmasında hər iki profilin normalı var.



$n_x = \partial_y / \partial u$ ,  $n_y = -\partial_x / \partial u$  düsturlarından və həndəsi diferensial üsullarından istifadə etməklə, verilmiş profilə  $n$  normal vektorunun proyeksiyalarını hesablayaq:  
 $\varphi_1$  bucağı qədər dönmə profilər üçün yazırıq:

$$n_{jx} = \frac{\partial y_j}{\partial u_j} \cos \varphi_j + \frac{\partial x_j}{\partial u_j} \sin \varphi_j; \quad (13)$$

$$n_{jy} = \frac{\partial y_j}{\partial u_j} \sin \varphi_j - \frac{\partial x_j}{\partial u_j} \cos \varphi_j; \quad k_j = \frac{n_{jy}}{n_{jx}};$$

burada,  $k_j$  bucaq əmsəlidir.

Beləliklə, profilər  $\varphi_j$  bucağı qədər döndükdə təmas nöqtəsini təyin etmək üçün üç məchullu qeyri-xətti tənliklər sistemini alırıq ( $u_1, u_2, \varphi_2$ )

$$\begin{cases} \tilde{x}_1(u_1, \varphi_1) = \tilde{x}_2(u_2, \varphi_2); \\ \tilde{y}_1(u_1, \varphi_1) = \tilde{y}_2(u_2, \varphi_2); \\ k_1(u_1, \varphi_1) = k_2(u_2, \varphi_2) \end{cases} \quad (14)$$

$x_j(u_j)$ ,  $y_j(u_j)$  profil funksiyalarını bilərək, sistemi ədədi üsulla həll edib,

$$x(\varphi_1) = \tilde{x}_j(u_j, \varphi_j) \quad \text{və} \quad y(\varphi_1) = \tilde{y}_j(u_j, \varphi_j) \quad (15)$$

kontakt nöqtəsinin koordinatlarını təyin edirik.

Bu kontakt nöqtələri  $o$ ,  $x$ ,  $y$  sistemində hərəkətsiz bənddir.

Sabit halqanın  $O_1xy$  sistemində mövqeyini təyin edirik.

Bunun üçün ilişmə xəttinin qütb koordinatlarını hesablayaq:

$$r(\varphi_1) = \sqrt{[x(\varphi_1) - a(\varphi_1)]^2 + y(\varphi_1)^2} \quad (16)$$

$$\text{rctg} \left( -\frac{x(\varphi_1) - a_1(\varphi_1)}{y(\varphi_1)} \right)$$

(16) tənliyindən normalla mərkəzlər arası məsafənin kəsişməsində  $y = k_{lx} + b_1$  xP koordinatını alırıq:

$$x_p(\varphi_1) = -\frac{b_1}{k_1} = -\frac{y - k_1 x}{k_1} = x(\varphi_1) - \frac{y(\varphi_1)}{k_1(\varphi_1)} \quad (17)$$

(17)-dən çarxın radiusları üçün aşağıdakı düsturu əldə edə bilərik:

$$a_1(\varphi_1) = x_p(\varphi_1); \quad a_2(\varphi_1) = a - x_p(\varphi_1) \quad (18)$$

Ötürmə nisbətini funksiyasını aşağıdakı kimi ifadə edirik:

$$i_{12}(\varphi_1) = \frac{a_2}{a_1} = \frac{a}{x_p(\varphi_1)} - 1 \quad (19)$$

Dönmüş koordinat oxlarına nəzərən profilər və yeyilmənin ölçüləri ilişmə xəttinin və ilişmə nisbətini koordinatlarını və ötürmə nisbətini funksiyasını təyin edib, aparılan çarxın (2) dişinin yeyilmə miqdarını hesablayırıq.

Fərz edək ki, yeyilmə normal boyunca  $M_j$  təmas nöqtəsində baş verir.

$M_j$  nöqtəsindən qütb nöqtəsinə qədər olan məsafə  $\Delta_{ij}$  qədər dəyişir [1-4].



Aparılan çarxın profilinin dönmüş koordinat oxlarına proyeksiyalarını aşağıdakı nisbətdən təyin edirik:

$$\bar{x}_2 = (\bar{x} - a) \cos \varphi_2 + \bar{y} \sin \varphi_2 + a ; \quad (20)$$

$$\bar{y}_2 = -(\bar{x} - a) \sin \varphi_2 + \bar{y} \cos \varphi_2$$

burada,  $\bar{x}, \bar{y}$  ilişmə xəttində kontakt nöqtəsinin dəyişdirilmiş koordinatlarıdır.

$$\bar{x} = a_1 + (r - \Delta) \sin \alpha = x - \Delta \sin \alpha ; \quad (21)$$

$$\bar{y} = -(r - \Delta) \cos \alpha = y + \Delta \cos \alpha$$

(11)-i (10)-da yerinə yazsaq, onda aparılan çarxın yeyilmiş profilinin dönmüş koordinat oxları üzərində proyeksiyalarını aşağıdakı düsturlarla təyin edirik:

$$\bar{x}_2(u_2) = x_2(u_2) - \Delta \sin(\alpha - \varphi_2); \quad (22)$$

$$\bar{y}_2(u_2) = y_2(u_2) + \Delta \cos(\alpha - \varphi_2)$$

Yeyilmə həddini [1-4] kriteriyalarına uyğun olaraq müəyyən edirik.

İlişmə xəttində yeyilmənin inkişaf mərhələlərinin təhlili üçün alqoritmini təyini :

Yeyilmə zamanı aparılan çarxın dişinin profili nəzəri cəhətdən dərhal formasını itirir və hər bir yükləmə dövründən sonra bu vəziyyət dəyişməyə davam edir. Bu zaman ilişmə xətti, ilişmə bucağı, bucaq mərkəzi, mərkəzi radiuslar, ilişmə xəttindəki kontakt nöqtəsinin başlanğıc və son vəziyyətlərində, kiçik çarxın dönmə bucağına uyğun gələn dişlərin profillərində və onların başlanğıc  $(\square 1,0)$  və son  $(\square 1,2)$  qiymətlərində baş verir. Bu dəyişikliklər dişli çarxlara əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Yeyilmə ilə işləmə müddəti arasındakı əlaqəni müəyyən edək.

İşləmə müddəti iki yolla müəyyən edilə bilər:

1) hərəkətin çevrilmə dəqiqliyinin funksional kriteriyasına görə - ötürmə nisbətinin buraxıla bilən maksimal dəyişməsini təyin etməklə:

$$[\delta i_{1,2}] = i_{1,2(0)} - [i_{1,2}(N_p)], \quad (23)$$

burada  $i_{1,2(0)}$  başlanğıc ötürmə nisbətidir.

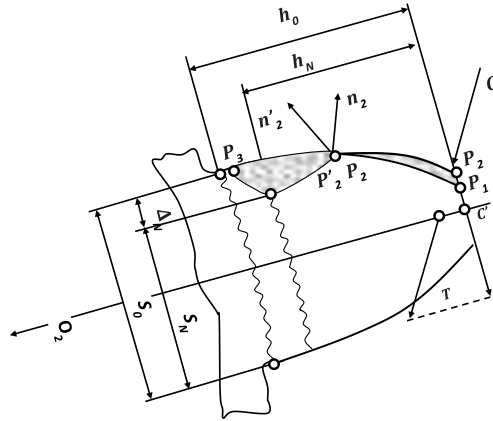
2) dişin təhlükəli kəsikdə standart şəraitdə əyilmə möhkəmliyindən.

Aparılan çarxın dişinin zirvə çevrəsinin kontakt nöqtəsinin başlanğıc profilinə tətbiq olunan normal yükün (Q) əyilmə möhkəmliyinə hesabat sxemində dişin simmetriya oxu ilə T və Q qüvvələrinin zirvə çevrəsində kəsişməsində C nöqtəsini qeyd edək.

Onda :

$$T = M_2 / r_{a2} = \text{const} \quad (24)$$

burada  $r_{a2} = O_2C'$  dişlərin zirvə çevrəsinin radiusudur.



**Şəkil 1:** Əyilmə deformasiyasına məruz qalan dişin sxematik görünüşü.

Şəkildən görüldüyü kimi növbəti yeyilmə tsiklinindən sonra ( $N=1, 2, \dots, N_p$ ) təhlükəli en kəsik sahəsi (dalğalı xətt ilə göstərilir) dişin hündürlüyü istiqamətində başlanğıc vəziyyətdən yeni vəziyyətə qədər  $h_N$  və  $S_N=S_0 - \Delta_N$  məsafəsi qədər yerini dəyişir.

$h_N$ -ni təyin etmək üçün standart şəraitdə dişin əyilməyə görə möhkəmlilik şərtindən istifadə edirik:

$$\sigma_i(N) = \frac{6M_2}{br_{a2}} \left( \frac{h_N}{s_0 - \Delta_N} \right) \leq [\sigma_i], \quad (25)$$

burada  $[\sigma_i]$  buraxılabilən əyilmə gərginliyidir;  $\Delta_N$  isə  $S_0$  istiqamətində (25) yeyilmənin proyeksiyasıdır.

Hər bir  $N$ -ci yükləmə tsikli üçün ( $N < N_p$ ) və  $h_N < h_0$  çoxsaylı diskret nöqtələrini təyin edirik.

(25) düsturundan istifadə edərək dişin təhlükəli en kəsik sahələrini ( $N$ ) hesablayırıq:

$$\sigma_i(N) = \sigma_{i \max}(N) \quad (26)$$

Bütün əməliyyatları  $N=1, 2, \dots, N_p$  üçün təkrarlayıb, ( $N_p$ ) –nin resursunu aşağıdakı kimi təyin edirik.

Dişin yeyilmə istiqamətində inkişafına təsir edən amillərin analiz məsələlərinin həlli alqoritmini aşağıdakı kimi ifadə edək:

$$\sigma_{i \max}(N_p) = [\sigma_i] \quad (27)$$

1) ilişmə nəzəriyyəsində tərs məsələni həll edirik.

(5)-dən  $x_j(u_j)$ ,  $y_j(u_j)$  verilmiş ilkin şərtlərə (funksiyalara) əsasən bütün  $\varphi_1$  ilişmə xətlərinin  $x(\varphi_1)$ ,  $y(\varphi_1)$ -ni, (17)-dən qütb koordinatlarını  $x_P(\varphi_1)$  təyin edirik.

(18) – dən mərkəzi radiusları ( $\alpha_1(\varphi_1)$ ,  $\alpha_2(\varphi_1)$ )-ni və bucaq sürətini ( $\varphi_2(\varphi_1)$ )-ni, (19)-dan isə ötürmə nisbətini ( $i_{12}(\varphi_1)$ ) təyin edirik.

2) (16)-dan ilişmə xətti üçün ( $r(\varphi_1)$ ,  $\sigma(\varphi_1)$ ) koordinatlarını tapırıq;

3) (1-4) düsturlarından istifadə edərək, aparılan çarxın dişinin profilinin yeyilməsini hesablayırıq;



- 4) (22)-dən dişin yeyilən profilinin koordinatlarını hesablayırıq;
- 5)  $N < N_p$  üçün (19)-dan ötürmənin hər bir tsikli üçün maksimal yerdəyişməni müəyyən edirik.
- 6) (23) düsturundan istifadə edərək, ötürmə nisbətinin buraxılabilən kriteriya üzrə ötürmə resursunu tapırıq;
- 7) (25-27) düsturlarından istifadə edərək, möhkəmliyə görə ötürmə resursunu təyin edirik.
- 8) ötürmədə hərəkətin dəyişməsi prosesində möhkəmliyə görə belə bir qənatə gəlirik ki, yeyilmənin artım funksiyası əvvəlki və sonrakı tsikllərdə  $\delta\Delta = (N) - \Delta(N - 1) - \epsilon$  bərabər olur. Əgər  $\delta\Delta < 0$  olarsa, onda proses zamana uyğun olaraq sabitləşir və minimal entropiyaya uyğun gəldiyindən [7], proses dayanıqlıdır. Əgər  $\delta\Delta > 0$  olarsa, onda proses dayanıqsızdır. İlişmənin bütün tsikllərində 1-8-də göstərilən şərtlərə əməl edirik. Nəzərə alaq ki, təklif olunan alqoritm ilkin şərtlərə (ilkin ilişmə növünə və s.) münasibətdə invariantdır.

### Nəticə

1. Aparılan tədqiqatlarda əldə edilən nəticələr evolvent dişli çarxlarda dişlərin profillərini qiymətləndirmək və proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər.
2. Təklif olunan alqoritmədən istifadə etməklə, tədqiq olunan dişli çarxların həndəsi, kinematik və güc xarakteristikaları dişlərin yeyilmə prosesində baş verən dəyişiklikləri müəyyən etməyə imkan verir.

### Bəyannamələr

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

### Təhsil Məhdudiyyətləri

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

### Təşəkkürlər

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Mustafayev Ə.Q. "Texniki mexanika" (II hissə) 2015, 530 səh
2. Mustafayev Ə.Q. "Texniki mexanika" (I hissə) 2013, 240 səh.
3. Chichinadze A.V., red. Treniye, iznos i smazka. Moskva, Mashinostroyeniye, 2003. 576 s.
4. Prokhorov V.P. Variational and non-variational solution methods of flat engagements optimization problem by friction power criterion. IFToMM-2011, 13th World Congress in Mechanism and Machine Science, Guandjuato, Mexico, 2011, paper A9-274.
5. Litvin F.L., Fuentes A. Gear geometry and applied theory. Cambridge, Cambridge University Press, 2004. 800 p.
6. Prokhorov V.P., Shchipakov V.A., Timofeyev G.A., Chernyshova I.N. Sintez ploskikh zatsepleniye po kriteriyu postoyannoy krivizny profiley zub'yev. Vestnik SevNTU. Sb.nauch. tr. Ser. Mekhanika, energetika, ekologiya, 2012, vyp. 133, s. 293–297.

7. Prokhorov V.P., Shchipakov V.A., Timofeyev G.A., Chernyshova I.N. Sintez ploskikh zatsepleny po kriteriyu odnositel'noy skorosti tochki kontakta. Vestnik SevNTU. Sbnaukh. tr. Ser. Mekhanika, energetika, ekologiya, 2012, vyp. 133, s. 306–311.
8. Galakhov M.A., Usov P.P. Differentsial'nyye i integral'nyye uravneniya matematicheskoy teorii treniya. Moskva, Nauka, 1990. 287 s.
9. Glensdorf P., Prigozhin I. Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustoychivosti i fluktuatsiy. Moskva, Mir, 1973. 280 s.
10. Shul'ts V.V. Forma yestestvennogo iznosa detaley mashin i instrumenta. Leningrad, Mashinostroyeniye, 1990. 217 s.
11. Kolovsky M.Z., Evgrafov A.N., Semenov Y.A., Slousch A.V. Advanced Theory of Mechanisms and Machines. Berlin, Heidelberg: New York: Springer Verlag, 2000. 396 p.

## AN ALGORITHM THAT DETERMINES THE STAGES OF DEVELOPMENT OF WEAR IN GEARS

**Amir Mustafayev<sup>1</sup>, Elmir Akhmedkhanov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>st Assistant, Department of Mechanics, Azerbaijan State Petroleum University. E-mail: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Master, Department of Mechanics, Azerbaijan State University of Oil and Gas.

E-mail: ehmetxanovelmir@gmail.com

### ABSTRACT

Performing complex functions places stringent requirements on transmission mechanisms that combine the executive organs of modern machines, endowed with great power, force, and speed. Transmission mechanisms, which integrate the executive organs of these machines with powerful engines, face demanding tasks.

The primary functions of transmission mechanisms include the transmission of motion or the conversion of motion from one type to another, the control and regulation of speed changes, the proper distribution of power balance to the machine's executive organs, the initiation and cessation of machine operation, and the provision of reversible (backward) movement capabilities. Machines that precisely fulfill these functions allow for increased productivity without interruptions, enhancing efficiency within the required timeframe. The foundational dimensions of transmission mechanisms must be comprehensive, and safety must be ensured during their utilization.

In some instances, additional requirements may be imposed on transmission mechanisms operating in aggressive and contaminated environments, or those functioning at temperatures both above and below zero degrees.

Meeting these requirements is a complex issue. The resolution of such issues necessitates a thorough understanding of contemporary machines and their construction materials, machine components, and the utilization of modern technical tools. Additionally, proficiency in robust reporting methods, the impact of machine component preparation technologies on the longevity and economical use of the machine, and other relevant information is essential.

These requirements also pose challenges for the operator. By accurately assessing the capabilities of the machine, the operator can exploit its potential for extended periods.

The selection of transmission mechanisms and their robust reporting methods depends on the purpose, operating mode, and working conditions of the mechanism. Factors such as the duration and nature of the forces affecting the intended transmission mechanism, the aggressiveness and contamination of the environment, and fluctuations in operating temperatures must be considered. Key factors, such as the type of involute gear transmission, profile shape, continuity, tooth wear, and reliability, play a crucial role in the seamless transmission of motion from one gear to another in the given transmission ratio.

Reliable operation and precision are emphasized in the use of involute gear transmissions in machine and device transmissions. The article discussed autonomous systems applied to predict durability in involute gear transmissions and addressed the restoration and strengthening of worn involute gears.

Proposing an analysis algorithm based on multiplicative wear measures, the obtained results can be utilized to evaluate the reliability and continuity of gears, as well as to predict their performance.

**Keywords:** involute gear transmission, profile shape, continuity, tooth wear, reliability.

## АЛГОРИТМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕДАНИЯ В ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Амир Мустафаев<sup>1</sup>, Эльмир Ахмедханов<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Магистр, кафедра “Механика” Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, E-mail: ehmetxanovelmir@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

Выполнение сложных функций предъявляет жесткие требования к трансмиссионным механизмам, сочетающим в себе исполнительные органы современных машин, наделенных большой мощностью, усилием и скоростью вращения. Перед трансмиссионными механизмами, объединяющими исполнительные органы этих машин с мощными двигателями, стоят сложные задачи.

Основные функции трансмиссионных механизмов включают в себе передачу движения или преобразование движения из одного типа в другой, контроль и регулирование изменений скорости, надлежащее распределение баланса мощности между исполнительными органами машины, начало и прекращение работы машины и обеспечение обратного перемещения возможности. Машины, которые точно выполняют эти функции, позволяют повысить производительность без перерывов, повышая эффективность в требуемые сроки. Основные характеристики передаточных механизмов должны быть всеобъемлющими, и при их использовании должна быть обеспечена безопасность.



В некоторых случаях к передаточным механизмам, работающим в агрессивных и загрязненных средах, или к тем, которые функционируют при температурах как выше, так и ниже нуля градусов, могут предъявляться дополнительные требования.

Выполнение этих требований является сложной задачей. Решение таких вопросов требует глубокого понимания современных машин и их конструкционных материалов, компонентов машин и использования современных технических средств. Кроме того, важно владеть надежными методами отчетности, знать влияние технологий подготовки компонентов машины на долговечность и экономичное использование машины, а также другую соответствующую информацию.

Эти требования также создают проблемы эксплуататора. Точно оценивая возможности машины, оператор может использовать ее потенциал в течение длительного времени.

Выбор передаточных механизмов и их надежных методов отчетности зависит от назначения, режима работы и условий эксплуатации механизма. Необходимо учитывать такие факторы, как продолжительность и характер воздействий на предполагаемый механизм передачи, агрессивность и загрязнение окружающей среды, а также колебания рабочих температур.

Ключевые факторы, такие как тип эвольвентной зубчатой передачи, форма профиля, непрерывность, износ зубьев и надежность, играют решающую роль в бесперебойной передаче движения от одной передачи к другой при заданном передаточном отношении.

При использовании эвольвентных зубчатых передач в трансмиссиях машин и устройств особое значение придается надежности и точности. В статье обсуждались автономные системы, применяемые для прогнозирования долговечности эвольвентных зубчатых передач, и рассматривались вопросы восстановления и упрочнения изношенных эвольвентных зубчатых колес.

Предложен алгоритм анализа, основанный на мультипликативных показателях износа, полученные результаты могут быть использованы для оценки надежности и непрерывности зубчатых колес, а также для прогнозирования их эксплуатационных характеристик.

**Ключевые слова:** эвольвентная зубчатая передача, форма профиля, непрерывность, износ зубьев, надежность.

#### Publication history

Article received: 17.01.2024

Article accepted: 06.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-101

## MODELING AND OPTIMIZATION OF THE PROCESS HYDROTREATING OF DIESEL FUEL

**Natig Abbasov<sup>1</sup>, Araz Mesimov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate professor, "Industrial machinery" Department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Candidate of technical sciences, Azerbaijan. E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Magistr, "Industrial machinery" Department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: mesimovaraz@gmail.com

### ABSTRACT

Various technological processes are applied in the field of modern oil refining. Each of the processes in turn is implemented by many technological schemes and methods. These technological processes form the basis of many simple processes in oil refining and chemical production. In this way, learning processes are facilitated.

They process oil and its products using various processes. This article describes the process of refining of the diesel fraction in a circulating medium comprising hydrogen gas at high pressure and temperature, to remove organosulfur compounds.

**Keywords:** diesel fuel, hydraulic treating, filter, energy efficiency, energy saving

### Introduction.

Now, the oil refining industry has many unresolved problems associated with the introduction of more stringent requirements to obtain environmentally friendly high-class motor fuels. Requirements for gasoline, kerosene and diesel fuel are changing relatively quickly in other countries, thereby forcing them to invest in the construction of new plants and in the modernization of existing ones.

In the world, cars with a diesel engine did not have much success on the market: according to the Autostat agency, in general, diesel accounts for only 5-5.5% of the market, and 7-8% of foreign cars. The weak popularity among motorists was due to the fact that there was no high-quality diesel fuel at gas stations for a long time. And in 2017, the number of cars with a diesel engine on world roads was half that – 29.9%. The growth in popularity is explained by the fact that new models of cars running on a diesel engine appeared on sale, which could be purchased for a relatively small amount and in the future they could be serviced without problems. The fuel consumption of a diesel engine is 20-25% less than that of gasoline engines with the same characteristics and power of the car.

Two standards for diesel fuel have been adopted by law. Of the two standards, the latter is identical to the requirements in European countries (EN 590). An increase in the production of high-quality fuel can be achieved by attracting secondary distillates as raw materials. In addition, it is planned to reduce the presence of aromatic hydrocarbons and increase the cetane number not lower than 51 (Euro 5). The production of such fuel is impossible without the addition of cetane-increasing additives. In winter, depressant additives are added.

**Understanding the hydraulic treating process.** Hydraulic desulfurization is the process of refining raw materials on the active surface of a catalyst, in a hydrogen-containing gas (HCG) environment. In contrast to hydrocracking, the process takes place under milder

conditions. Hydrocracking is carried out at a temperature of  $T = 330\text{-}450^{\circ}\text{C}$  and a pressure of  $P = 5\text{-}30$  MPa. Various raw materials obtained as a result of primary distillation of oil and secondary thermal catalytic processes are subjected to the process.

The kinetics of the process is significantly influenced by a number of factors: temperature, pressure, partial pressure of hydrogen, contact time of the raw material with the catalyst in the reaction zone, catalyst activity. Some of these parameters cannot be controlled by the process plant operator. The process is primarily controlled by changing the temperature in the reaction zone.

During hydraulic desulfurization, organosulfur and partially oxygen- and nitrogen-containing compounds are separated. The decomposition products are then saturated with hydrogen to form simple compounds such as hydrogen sulfide, water, ammonia, and saturated and aromatic hydrocarbons.

### **Chemistry of the diesel fuel hydraulic treating process.**

There are four main groups of chemical reactions in the process:

- conversion of organosulfur compounds into appropriate hydrocarbons and hydrogen sulfide;
- conversion of organic nitrogen compounds into appropriate hydrocarbons and ammonia;
- conversion of oxygen-containing organic compounds into appropriate hydrocarbons and water;
- saturation of olefins, hydrogenation of aromatics;

During the combustion of sulfur dioxide diesel fuel, sulfur oxidizes to form  $\text{SO}_2$ , which in turn is a primary sulfur compound and is emitted with the exhaust gasses. Combustion products in contact with water form sulfuric and sulfurous acids, which cause corrosion of the metal. In addition, due to the sulfur content, the wear of the engine running on diesel fuel increases, and the service life of the engine oil is shortened. Depending on the structure, sulfur compounds are converted into paraffin or aromatic compounds with the release of hydrogen sulfide:

The rate of hydraulic desulfurization reactions depends on the structure of the substance.

Nitrogenous compounds in raw materials are presented in the form of amines, pyrroles, pyridines and quinolin. Nitrogen removal in hydraulic treating is much more difficult than sulfur removal.

Oxygen in organic compounds, such as phenols, high molecular weight alcohols, is removed by hydrogenation of the oxygen-containing bond to form water and the corresponding hydrocarbon.

In addition to the reactions described above, olefin saturation reactions are likely. Olefins are hydrogenated into the corresponding paraffins or naphthenes.

**Catalysts for hydrogenation processes and their mechanism of action.** The development and production of effective catalysts for oil refining processes are among the primary tasks of modern science and chemical technology. In most of the world's and Russian enterprises, the most common catalysts are aluminum-cobalt molybdenum (ACM), aluminum-molybdenum (AM) and mixed aluminum-cobalt-molybdenum (ACM) catalysts. In the processes of deep hydrogenation of compounds containing nitrogen, as well as aromatic compounds, paraffins and oil fractions, aluminum cobalt tungsten catalysts (ACT or ACM) are used.

ACT and ACM hydraulic treating catalysts contain 2-4% by weight. cobalt or nickel 9-15% by weight.  $M_0O_3$  on active alumina. Before the start of the process, the catalyst is activated (sulfurized) in a stream of hydrogen and hydrogen sulfide, converted from oxide to sulfide form, and the catalytic activity of the catalyst significantly increases.

The activity of ACT and ACM catalysts depends both on the total content of hydrogenating components ( $C_0 + M_0$  or  $N_i + M_0$ ) and on the ratio of  $\frac{C_0}{C_0} + M_0$  and  $\frac{N_0}{N_0} + M_0$ . For most brands of foreign hydrotreating catalysts, the total content of hydrotreating components is 16-21% by weight, and the ratio of  $\frac{C_0(N_i)}{C_0(N_i)} + M_0$  ranges from 0.17 to 0.28. In domestic ACM catalysts, For ACT and ACM, these figures are 16 and 0.52, respectively. At the oil refinery, a diesel fuel hydrotreating unit with a total capacity of 3 million tons per year, the ALBEMARLE KF 770 catalyst is used and diesel fuel with a residual sulfur content of 10 ppm (0.001%) is obtained. After that, the purified diesel fuel enters the commodity fleet, where additives of various types are added.

**Characteristics of Raw Materials and Products.** The depth of purification of distillates from sulfur and other compounds depends on the type of hydrocarbon feedstock, process temperature, partial pressure of hydrogen, WASH circulation multiplicity, volumetric rate of feedstock supply to the reaction zone.

Straight-run fractions are subjected to the process: diesel fuel, jet fuel, gasoline, vacuum gas oils, as well as secondary products: pyrolysis resin, light cooking gas oils and catalytic cracking gasoline.

The degree of sulfur removal decreases with the heaviness of the raw material, since most of it is in the liquid phase, and accordingly, the viscosity increases and the solubility of hydrogen decreases. Thus, the rate of diffusion of hydrogen through a thin film of liquid onto the active surface of the catalyst is reduced. Catalysts have heat-resistant carriers with high mechanical strength, since aromatic hydrocarbons densely adsorbed on the surface of the catalyst, Resins, naphthenes, reduce the activity of the catalyst and, consequently, the degree of purification from sulfur compounds.

**Main process reactor.** The main equipment of the process is a diesel fuel hydraulic treating reactor. The reactor is a vertical cylindrical vessel with ball heads. It is characterized by a smaller ratio of the height of the apparatus to the diameter, filling the catalyst in two layers. Cold WASH (quench) is fed between the two layers to maintain a uniform temperature in the reactor. Porcelain balls prevent the catalyst from moving and trap corrosion products.

The raw material is supplied through a fitting located at the top of the reactor and is evenly distributed over the entire cross-section of the equipment. In order to clean the raw material from mechanical impurities, mesh baskets immersed in the upper layer of the catalyst are used. In the upper part of the catalyst, demetallization and denitrogenation take place. Metals clog the pores of the catalyst, nitrogen poisons the active sites. In the lower layer, organosulfur compounds are removed from reactions.

A perforated drum is installed in the lower part of the reactor, two layers of mesh are stretched over it to prevent the catalyst with reaction products from being carried away. A distribution tray is installed in the upper part of the reactor to avoid the "impact" of the product vapors.

Upon completion of the hydrogenation process, the duration of which is determined by the degree of decrease in catalyst activity, one of the units of the unit is transferred to catalyst regeneration. Catalyst regeneration is carried out by burning coke at a temperature of up to 550°C, deposited on the surface of the catalyst. Along with coke, a small amount of high-molecular

compounds rich in hydrogen is retained on the surface of the catalyst. When the gas-air mixture is supplied, flashes occur with a temperature rise of up to 600°C. In this regard, there is a partial destruction of the active surface of the catalyst. To prevent outbreaks, the extraction of these high-molecular compounds with distillate petroleum products is used.

### **Conclusion.**

The use of the refining process can significantly improve the quality of petroleum products. The sulfur content in the fuel is reduced, which has a beneficial effect on the ecology of the environment. The number of nitrogenous compounds, organometallic compounds, which negatively affect the operation of the engine, is reduced. With the use of a more active catalyst, positive quality and environmental ratings are achieved. It is necessary to develop more efficient catalysts, modernize reactors and increase their number. All these positive results allow diesel fuel to be in demand on the market.

### **Declarations**

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### **Study Limitations**

There are no limitations that could affect the results of the study.

### **Acknowledgment**

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### **REFERENCES**

1. Aspel N.B., Demkina G.G. Hidro Ochistka motornykh topliv [Hydro-Ochistka motornykh topliv]. - Leningrad, Khimiya Publ., 2015. - 160 p.
2. Akhmetov S.A. Tekhnologiya glubokoye pererabotki nefti i gaza [Technology of deep processing of oil and gas]. - Ufa: Gilem, 2014. - 672 p
3. Chernozhukov N.I. Oil and gas processing technology. Part 3: Purification and separation of petroleum raw materials, production of commercial petroleum products / A. A. Gureeva and B. I. Bondarenko - M.: Chemistry, 2013, 424 p.
4. Somov V.E., Sadchikov I.A., Shershun V.G., Korelyakov L.V. Strategic priorities of Russian oil refineries. M.: TsNII neftekhim, 2014, 122 p.
5. L.A. Gorbach, Vestnik Kazan. technol. Univ., 17, 312-315 (2014).
6. L.A. Khalikova, T.S. Menshikova, Vestnik Kazan. technol. Univ., 9, 226-227 (2014).

## **DİZEL YANACAĞININ HİDROTƏMİZLƏMƏ PROSESİNİN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI**

**Natiq Abbasov<sup>1</sup>, Araz Məsimov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosent, “Sənaye maşınları” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Magistr, “Neft-Mexanika” fakultəsi, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: mesimovaraz@gmail.com

## XÜLASƏ

Müasir neft emalı sahəsində müxtəlif texnoloji proseslər tətbiq olunur. Proseslərin hər biri öz növbəsində bir çox texnoloji sxem və üsullarla həyata keçirilir. Bu texnoloji proseslər neft emalı və kimya istehsalında bir çox sadə proseslərin əsasını təşkil edir. Bu yolla istehsalat prosesləri asanlaşdırılır.

Onlar nefti və onun məhsullarını müxtəlif proseslərdən istifadə edərək emal edirlər. Bu məqalədə yüksək təzyiq və temperaturda hidrogen qazından ibarət dövriyyə mühitində kükürd üzvi birləşmələri çıxarmaq üçün dizel fraksiyasının emalı prosesi təsvir olunur.

**Açar sözlər:** dizel yanacağı, hidravliki təmizləmə, filtr, enerji səmərəliliyi, enerjiyə qənaət.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Натиг Аббасов<sup>1</sup>, Араз Масимов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, кафедра “Промышленные машины”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан E-mail: natig.abbasov@asoiu.edu.az

<sup>2</sup>Магистр, Нефтемеханический факультет, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан. E-mail: mesimovaraz@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

В сфере современной нефтепереработки применяются различные технологические процессы. Каждый из процессов в свою очередь реализуется множеством технологических схем и способов. Эти технологические процессы составляют основу многих простых процессов нефтепереработки и химического производства. Таким образом, облегчается процесс производства.

Нефть и продукты ее переработки перерабатывают различными способами. В статье описан процесс переработки дизельной фракции в оборотной среде, содержащей газообразный водород, при высоком давлении и температуре с целью удаления сераорганических соединений.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, гидравлическая очистка, фильтр, энергоэффективность, энергосбережение.

## Publication history

Article received: 17.01.2024

Article accepted: 06.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-112



## KORROZIYA MÜHİTİNİN YÜKQALDIRICI MAŞINLARIN ELEMENTLƏRİNİN TSİKLİK MOHKƏMLİYİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>Fariz Qafarov, <sup>2</sup>Məhluqə Rəhimova, <sup>3</sup>Vəfa Paşayeva, <sup>4</sup>Adil Cümşüdlü

<sup>1</sup>Dosent “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan, E.mail: f.m.qafarov@mail.ru

<sup>2</sup>Dosent “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan, E.mail: rahimova\_mahluqa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6308-0704>

<sup>3</sup>Müəllim “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan, E.mail: pashayeva.vafa@gmail.com

<sup>4</sup>Magistr “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan

### XÜLASƏ

Əksər maşın və mexanizmlərin hissələri istismar dövründə eyni zamanda korroziya mühitinin və tsiklik gərginliklərin təsirinə məruz qalır. Baxılan şərtlərlə dağılmanın baş verməsinin əsas səbəbi metalların tsiklik möhkəmliyinin azalmasıdır. Belə dağılma kövrək xarakter daşıyır və korroziya yorğunluğu adlanır. Korroziya yorğunluğuna, həmin korroziya mühitinə təsirindən metalların dağılması prosesi kimi, həm də dəyişən gərginliklərin köməyi ilə tsiklik möhkəmliyin azalması kimi də baxıla bilər.

Korroziya mühiti ya elektrokimyəvi və ya kimyəvi korroziyanı yaratmış olur. Praktiki olaraq metallara ən çox elektrokimyəvi korroziyanı yaradan mühit təsir edir.

**Açar sözlər:** pilləli yükləmə, zədələnmə, təcrübə, yorğunluq ayrılma, korroziya

### Giriş.

Korroziya maşın hissələrinin dağılmasının ən təhlükəli növlərindən biridir. Korroziya səbəbindən hər il istehsal edilən metalların təxminən 10%-i itirilmiş olur.

Texnikada istifadə edilən yükqaldırıcı kranlar müxtəlif iqlim şəraitində işləyir. Yükqaldırıcı kranlar yüksək rütubətlik, böyük temperatur və atmosferin çirkliliyi şəraitində istismar edilir. Rütubətliyin, günəş şüalarının, küləyin və temperaturun və s. amillərin təsiri nəticəsində maşın hissələrinin möhkəmliyinin azalmasına və sıradan çıxması baş vermiş olur.

Xüsusilə bir sıra maşın hissələri (çənlər, yiv və qaynaq birləşmələri) güclü korroziyaya məruz qalır. Korroziyanın təsiri nəticəsində bilavasitə yorğunluq möhkəmliyi aşağı düşmüş olur. Məsələn St3 markalı polad vərəqlərin yorğunluq möhkəmliyi 30–40% azalır.

Mexaniki yüklərin və korroziya mühitinin birlikdə təsiri maşın hissələrinin uzunömürlülüyünü xeyli azaltmış olur. Bunun əsas səbəbi kimi korroziya mühitində yorğunluq çatların yayılma sürətinin artması qəbul edilir [1].

Korroziya mühitinin yorğunluğa təsiri korroziyanın xarakteri və sürətilə sıx bağlıdır. Korroziya–yorğunluq dağılması prosesi bir sıra mərhələlərdən ibarətdir.

1-ci mərhələ, korroziya yorğunluq dağılması mərhələsidir ki, o, tsiklik gərginliklərin birgə təsiri və elektrokimyəvi proseslərdə baş verir. Növbəti mərhələdə çatların inkişafı onların uclarında baş verən tsiklik praktiki deformasiyalarla izah edilir.

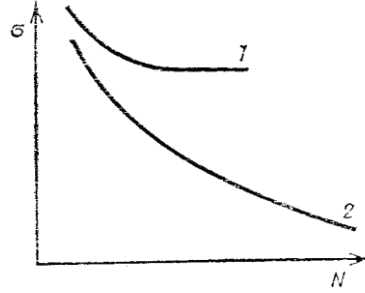
Təcrübələr vasitəsilə sübut edilmişdir ki, mühitin təsiri altında maşın hissələrinin səthində oksid pərdəsi əmələ gəlir və o, maşın hissəsini mühitin aqressivliyindən qoruyur.

Korroziya mühitinin metalların korroziya yorğunluğunun təsir mexanizmi çox mürəkkəbdir.





Korroziya yorğunluğu metalların duz, qələvi, turşu, su hətta rütubətli hava mühitlərində baş verir. Korroziya yorğunluğu üçün xarakterik hal metal və xəlitələrdə həqiqi yorğunluq möhkəmliyi həddinin olmamasıdır. Başqa sözlə, yükləmə tsikllər sayının artması ilə dağılma gərginliyi qanunauyğun olaraq azalır (şək. 1).



**Şəkil 1:** Polad nümunələrin havada (1) və korroziya mühitində (2) dözümlülük ayrılıri.

Metalların korroziya yorğunluq möhkəmliyi xarakteristikaları üçün şərti korroziya-yorğunluq möhkəmliyi həddindən istifadə edilir. Yəni tsiklik gərginliklərin maksimal qiymətləri maşın hissələrinin nəzərdə tutulan son yükləmə tsikllər sayı vaxtı dağılma yaratmır.

Korroziya yorğunluğunun ikinci əlaməti statik və tsiklik yükləmələrdə mexaniki xarakteristikalar arasında korrelyasiyanın olmamasıdır.

Korroziya yorğunluğunda poladların gərginlik konsentrasiyasına həssaslığı azalmış olur. Başqa sözlə, böyük ölçülü maşın hissələri kiçik hissələrə nisbətən yüksək korroziya-yorğunluq möhkəmliyinə malik olur.

Maşın hissələrinin en kəsikləri artdıqca onların dözümlülüyü havada azalır.

Hal-hazırda metalların korroziya-yorğunluq dağılması mexanizmini izah edən bir sıra hipotezlər mövcuddur. Bu hipotezlər içərisində ən geniş yayılanı elektrokimyəvi və adsorbsiya-elektrokimyəvi hipotezlər hesab edilir. Elektrokimyəvi hipotez ilk dəfə olaraq Evans tərəfindən irəli sürülmüşdür [2].

Bu hipotezin əsasını tsiklik gərginliklərin metala təsiri nəticəsində onun dərinliklərində gərginlik konsentrasiyasının toplanması nəzərdə tutulur.

Yuxarıdakı hipotezə görə anod prosesləri, gərginlik konsentrasiyası olan sahələr üzrə məhdudlaşdırılmış olur. Belə sahələr səthi submikroçatlar (dislokasiya və vakansiyaların toplanması), mikrozdələr (korroziya mənbəyi, çapıq və s.) və korroziya çatları ola bilər.

Maşın hissələrinin dağılmasının xarakter və intensivliyi xeyli dərəcədə onun toxunduğu mühitin xassəsindən asılıdır. Ona görə də korroziya prosesini müəyyən etmək üçün mühitin xarakterini bilmək lazımdır. Xarakterinə görə əhatə olunan mühit atmosfer, qaz, maye və yeraltı mühitlərə bölünür. Əksər kran hissələri üçün atmosfer korroziyası daha xarakterikdir.

Atmosfer korroziyası dedikdə, metalların atmosfer havası altında tədricən dağılma prosesi başa düşülür. Eyni zamanda atmosfer havasında mövcud olan bərk hissəciklərin, rütubətliliyin və qazların korroziyaya təsiri nəzərdə tutulur. Atmosfer korroziyasında metalın səthinin dağılma prosesi elektrokimyəvi xarakter daşıyır. Dağılmanın intensivliyi, atmosfer havasının tərkibindən növündən və onda iştirak edən qatışıqların konsentrasiyasından asılıdır. Qatışıqların bərk hissəcikləri su kondensatında həll olaraq, güclü elektrolit əmələ gətirir. Bu da elektrokimyəvi prosesi aktivləşdirir [4,5].

Korroziya dağılmasının intensivliyi, eyni zamanda ətrafdakı havanın temperaturundan asılıdır. Mənfi temperaturlardan müsbət temperaturlara keçiddə maşın hissəsinin səthində rütubətliliyin kondensasiyası nəticəsində korroziya aktivliyi artır. Havanın temperaturunun sonrakı artması, bir qayda olaraq nisbi rütubətliliyi azaltmaqla korroziyanı tormozlamış olur.

Səthin rütubətlilik dərəcəsindən asılı olaraq, atmosfer korroziyası quru, rütubətli və islanmış növlərə bölünür (şək.2).

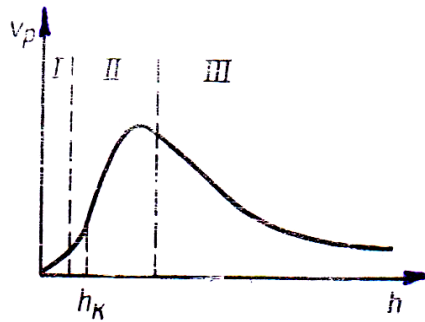
Quru atmosfer korroziyası qalınlığı  $10^{-3}$ m–dən az olan rütubətli molekulların təbəqəsinin altında baş verir.

Quru korroziyada metal ilə mühit arasında qarşılıqlı kimyəvi təsir baş verir. Oksigenin təsiri ilə metal səthi oksidləşir və rəngi tutqunlaşmış olur.

Quru atmosfer korroziyasında metal səthində ilk 2–3 saat ərzində dayanıqlı oksid pərdəsi yaranır. Poladdan olan hissələrdə oksid pərdəsinin qalınlığı  $(3-4) \cdot 10^{-9}$ m çatır. Quru atmosfer korroziyası proseslərin zəif intensivliyində maşın hissələrinin uzunömürlülüynə təsir etmir.

Atmosfer korroziyası rütubətli pərdənin qalınlığı  $10^{-6}$ m altında baş verirsə və havanın rütubətliyi 98%–ə qədər olarsa, belə korroziya rütubətli atmosfer korroziyası adlanır. Rütubətli atmosfer korroziyasında maşın hissələrinin materialı ilə mühit arasında əlaqə elektrokimyəvi xarakter daşıyır.

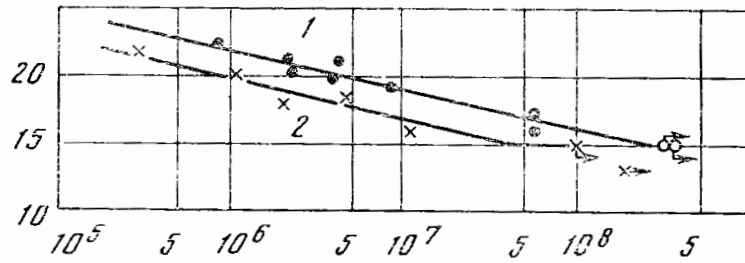
Səthlərin korroziya dağılmasının intensivliyi rütubət pərdəsinin qalınlığı artdıqca böyümüş olur. Havanın nisbi rütubətliyi kritik həddə (50–70)% çatdıqda, hissələrin səthində bütöv rütubətli pərdələr əmələ gəlir. Bu pərdələrin minimal qalınlığı  $h_K$  qəbul edilir (şək.2).



**Şəkil 2:** Atmosfer korroziyası zamanı metal səthin  $V_0$  dağılma sürətinin nəmlik pərdəsinin  $h$  qalınlığı arasında qrafiki asılılıq: I–quru; II–rütubətli; III–yaş.

Yaş atmosfer korroziyası zamanı su damcılarının birbaşa metal səthinə düşməsi nəticəsində qalınlığı  $10^{-5}$ m–dən çox olan rütubətlilik pərdəsi yaranmış olur. Bu zaman havanın rütubətliliyi 98%–dən artıq qəbul edilir. Metalların yaş atmosfer korroziyası zamanı dağılma mexanizmi təmiz elektrokimyəvi xarakter daşıyır. Metal səthinin dağılma intensivliyi yaş korroziya zamanı rütubətli korroziyaya nisbətən aşağıdır. Bu, elektrolit məhlulunun zəiflənməsi və bunun nəticəsində mühitin korroziya aktivliyinin azalması ilə izah edilir.

Real şəraitdə maşınların istismarını qeyd olunan korroziyanın növləri ilə sərhəd qoymaq olmaz. Çünki rütubətlilik temperatura və mühitin aqressivliyi geniş hədudlarda dəyişir. Əldə olunan nəticələrə görə [3] atmosfer havasının metalın tsiklik möhkəmliyinin 5–10% aşağı düşdüüyü təsdiqlənir. Polad 45 markalı nümunələrin vakuum və atmosfer havasında aparılan təcrübələrin nəticələri şək.3–də göstərilmişdir.



**Şəkil 3:** Polad 3 markalı nümunələrin yorğunluğa təcrübələrinin nəticəsi: 1–vakuum şəraitində; 2–atmosfer havasında.

Nümunələrin tsiklik möhkəmliyinin aşağı düşməsi havanın rütubətinin metala korroziya təsirindən baş verdiyi izah olunur. Mənfi təsir, həm çatların əmələgəlmə periodu dövründə, həm də yorğunluq çatlarının inkişafı dövründə qeyd olunur.

#### **Nəticə:**

Atmosfer havasının korroziya yorğunluğuna təsirini öyrənən təcrübələrdən alınan nəticələr sübut edir ki, metalların tsiklik möhkəmliyi havanın aqressivliyi dərəcəsiindən asılıdır. Korroziyaya daha çox oksigen elementi təsir etmiş olur. Oksigenin təsiri ikili ola bilər. O, eyni zamanda korroziya – yorğunluq çatlarının inkişafına kömək edir, digər tərəfdən isə oksigensaxlayan müdafiə pərdələrini əmələ gətirir. Oksigenin artıqlığı pərdələrin dağılmasını ləngitmiş olur. Tsiklik möhkəmliyin mütləq qiymətinin itirilməsi metalların təbiətindən asılıdır. Metalın korroziyaya davamlılığı az olarsa, onun tsiklik möhkəmliyinin itirilməsi böyük olar.

#### **Bəyannamələr**

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

#### **Təhsil Məhdudiyyətləri**

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

#### **Təşəkkürlər**

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Babey YU.I., Soprupyuk N.G. Zashchita stali ot korrozionno–mekhanicheskogo razrusheniya. K.: Tekhnika, 1961, 126 s.
2. Evans U.R. Sympos on internal stresses in metals and alloys. London, 1948.
3. Ivanova V.S. Ustalostnyye razrusheniya metallov. Metallurgizdat, 1961.

4. Pokhmurskiy V.I. Korroziionno-ustalostnaya prochnost' staley i metody yeye povysheniya. Izdatel'stvo «Naukova Dumka» Kiyev —1974, s.186
5. Pokhmurskiy V. I., v sb.: Korroziionnaya ustalost' metallov. K., 1982.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

**Фариз Гафаров<sup>1</sup>, Махлуга Рагимова<sup>2</sup>, Вафа Пашаева<sup>3</sup>, Адил Джумшудлу<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Доцент кафедры «Механика» Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан, E-mail: f.m.qafarov@mail.ru

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

<https://orcid.org/0000-0001-6308-0704>

<sup>3</sup>Ассистент кафедры “Механика” Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан

<sup>4</sup>Магистр кафедры «Механика» Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан

### РЕЗЮМЕ

Большое количество конструкций, машин и механизмов в процессе эксплуатации подвергается воздействию коррозионной среды и циклических напряжений. Главным проявлением разрушения в рассматриваемых условиях является уменьшения циклической прочности металлов. Разрушения имеет хрупкий характер и называется коррозионной усталостью. Коррозионную усталость можно характеризовать как процесс разрушения металлов, происходящий при одновременном действии коррозионной среды и циклических напряжений и проводящий и значительному уменьшению циклической прочности.

Коррозионная среда может вызывать либо электрохимическую, либо химическую коррозию. Практически на металлы чаще действуют среды, вызывающие преимущественно электрохимическую коррозию.

**Ключевые слова:** ступенчатые нагружение, гипотез, эксперимент, кривые усталости, коррозия.

## RESEARCH ON THE IMPACT OF A CORROSIVE ENVIRONMENT ON THE CYCLIC STRENGTH OF ELEMENTS OF LOAD-LIFTING MACHINES

**Fariz Gafarov<sup>1</sup>, Mahluqa Rahimova<sup>2</sup>, Vafa Pashayeva<sup>3</sup>, Adil Cumshudlu<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Assistant professor of «Mechanical» department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E.mail: f.m.qafarov@mail.ru

<sup>2</sup>Assistant professor of «Mechanical» department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E.mail: rahimova\_mahluqa@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6308-0704>

<sup>3</sup>Assistant «Mechanical» department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.

<sup>4</sup>Magistr «Mechanical» department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.

### ABSTRACT



A large number of structures, machines and mechanisms during operation are exposed to a corrosive environment and cyclic stresses. The main manifestation of destruction under the conditions under consideration is a decrease in the cyclic strength of metals. The destruction is brittle in nature and is called corrosion fatigue. Corrosion fatigue can be characterized as a process of destruction of metals that occurs under the simultaneous action of a corrosive environment and cyclic stresses and leads to a significant decrease in cyclic strength.

A corrosive environment can cause either electrochemical or chemical corrosion. In practice, metals are more often exposed to environments that cause predominantly electrochemical corrosion.

**Keywords:** step loading, hypotheses, experiment, fatigue curves, corrosion.

#### Publication history

Article received: 17.01.2024

Article accepted: 07.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-117

## YÜKSƏK TEZLİKLİ CƏRƏYANIN TƏTBİQİ İLƏ DİŞLİ ÇARXLARIN MÖHKƏMLİYİNİN ARTIRILMA ŞƏRTLƏRİNİN TƏTQIQI

**Nazim İbrahimov<sup>1</sup>, Rauf Məmmədli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Professor, “Materialşunaslıq və emal texnologiyaları”, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: nazim.ibragimov.2015@mail.ru

<sup>2</sup>Magistr, “Materialşunaslıq və emal texnologiyaları”, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: memmedliraufl122@gmail.com

### XÜLASƏ

Məqalədə yüksək tezlikli elektrik cərəyanının tətbiqi ilə detalların möhkəmliyinin artırılması məsələsi bugünkü günün ən prioritet və aktual məsələlərindən biri olmuşdur ki, hissələrin yeyilməyə-davamlılığının təminatı, ilkin olaraq onlarda nisbətən iqtisadi baxımdan səmərəli üsullarla əldə olunan materialların tətbiqi ilə həyata keçirilir ki, bu da məsələnin konstruktiv həllində öz əksini tapır. Belə ki, dişli çarx səthlərinin gərgin vəziyyətləri ilə əlaqədar olaraq, səth təbəqəsində tətbiq olunan materiala yüksək tələblər qoyulur ki, bu halda maşın mexanizmlərinin əsas ötürücü hissələrindən biri də dişli çarxlar cütüldür, bu cütülyün işləməsi yəni kinematik hərəkəti ağır və gərgin iş şəraiti yaradır, bu dişli çarx cütülyünün işçi səthlərinin tez yeyilməsinə, yeyilmə intensivliyinin artmasına işçi zona da yəni təmas zonasında temperaturun artmasına və bunun nəticəsində təmas səthlərində mexaniki gərginliyin yaranmasına səbəb olur. Eyni zamanda yaranmış gərginlik nəticəsində dişli çarxların işçi səthlərinin yeyilmə intensivliyinin artması dişlərin ovulmasına və nəhayət yüksək kinematik hərəkət nəticəsində qırılmasına gətirib çıxarır. Yaranmış bu işçi səthlərdə gərginliyin aradan qaldırılması, dişli çarx cütülyünün kinematik hərəkətini keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün yüksək tezlikli elektrik cərəyanını tətbiq etməklə, dişli çarx cütülyünün təmas səthləri möhkəmləndirməyə ehtiyac duyulur. Bu nöqtəyi nəzərdən yüksək tezlikli cərəyandan istifadə etməklə səthlər termiki emala uğradılır ki, bu da dişli çarx cütülyünün işçi səthlərində səth təbəqəsinin fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin müsbət dəyişməsinə eyni zamanda səthdə baş verə biləcək çatların, ovuntuların, qırıntıların yaranmasının qarşısını almaqla səthin davamlılığını və möhkəmliyinin artırılmasına gətirib çıxarmaqla maşın mexanizmlərinin ayrı ayrı hissələrinin uzunömürlülüyünü artırır və sürətlər qutusunun keyfiyyət göstəricilərinə birbaşa təsir edir.

**Açar sözlər:** Yüksək tezlikli cərəyan, dişli çarx cütülyü, yeyilmə intensivliyi, davamlılığın artırılması, termiki emal.

### Giriş.

Müasir dövrümüzün ən çox yayılmış problemlərdən biri də dişli çarxlarda baş verən nasazlıqlardır. Dişli çarxların sıradan çıxmasına səbəb olaraq dişlərin sınıması yaxut da müəyyən səbəblər üzündən onların işlək səthlərinin dağılması göstərilir.[1]

Abraziv hissəciklərin dinamikasına, dişlərin ara boşluğunda abrazivin deformasiyadan sonrakı prosesinə baxılır. Bu halda həm aparılan, həm aparılan çarxların səthlərində abrazivin hərəkəti mürəkkəb bir proses olur. [2].

İki dişin arasında qalan abrazivin müxtəlif təsirlərlə deformasiyaya uğraması, hissəciklərin həndəsi ölçülərinə təsir etməklə çox hallarda dağılaraq xırda hissəciklərə bölünməsi ilə bitir.



Bu bölünən hissəciklər dişlərin səthlərinə öz təsirini göstərərək sürtünmə və yeyilmə proseslərinin yaranmasına səbəb olur. [3].

Yüksək tezlikli cərəyan qurğusu ilə induksiya, induktorlardan axaraq onlar arasında yerləşdirilən metalın səthində maqnit sahəsinin təsirindən əmələ gələn, səth üzrə qısaqapanmış induksiya cərəyanı hesabına baş verir. Dəyişən cərəyan induktordan keçərək dəyişən maqnit sahəsi yaradır, belə ki, burada da Faradeyin ikinci qanununa görə detalın səthinə dəyişən maqnit sahəsi təsir edən zaman, orada induksiya cərəyanı yaradır. [4] (Şək 1).



**Şəkil 1:** Yüksək tezlikli cərəyan ilə dişli çarxın möhkəmliyinin artırılması prosesi.

### **İşin məqsədi**

Sürətlər qutusu dişli çarxlarının dişlərinin intensiv yeyilmə ilə sıradan çıxmasının qarşısını almaq məqsədilə dişlərin möhkəmliyini və bərkliyini artırmaq texnologiyasından istifadə etməklə YTC (Yüksək tezlikli cərəyan) ilə texnoloji rejimlər üçün hesabat aparılmışdır. Dişli çarxın materialı polad 40, polad 45, polad 40X-dır. Dişli çarxlarda dişlər iş zamanı ona tətbiq edilən və dəfələrlə təkrarlanan yüklərin təsiri nəticəsində materialların yorulması və sınıması baş verir. Bu kimi problemləri aradan qaldırmaq məqsədi ilə YTC ilə səthin möhkəmliyinin və davamlılığının artırılması texnologiyasından geniş spektrdə istifadə edilir. YTC- ilə dişlərin möhkəmliyini artırmaq üçün, texnoloji rejimi təyin etməklə hesablama aparmaq qarşıya qoyulmuş əsas məqsəddir.

### **Nəzəri tətqiqat**

Yüksək tezlikli cərəyanla səthlərdə möhkəmləndirilmə prosesi, dəyişən elektrik cərəyanı vasitəsilə induktorda dəyişən maqnit sahəsi ilə yaranması ilə baş verir. Dəyişən maqnit sahəsi detalın səthindən, elektrik sahəsinin qüvvəsinə keçərək yüksək tezlikli cərəyan





yaradır. Detalın səthlərindən keçən YTC ani vəziyyətdə onu yüksək temperaturaya qədər qızdırır (600 – 800 °C). Bu halda ayrılan istilik miqdarı məlum düsturla hesablanır:[2]

$$Q = I^2 \cdot R_0 t_n$$

$I$  – cərəyan şiddəti,

$R_0$  – qatlarda elektrik müqaviməti,

$$R_0 = \frac{\rho}{\delta}$$

$\rho$  – xüsusi elektrik müqaviməti,  $\rho = 1,2 \cdot 10^{-4}$  Om · sm,

$\delta$  – möhkəmləndirilən səthin qalınlığı,

$t_n$  – qızma müddəti, saniyələrlə.

Ayrılan istilik miqdarını bilərək səth qatında yaranan qızma temperaturu təyin olunur:

$$T = \frac{Q}{C \cdot \gamma}$$

$C$  – materialın xüsusi istilik miqdarı,  $C = 0,55$  C/q · K,

$\gamma$  – polad materialın sıxlığı,  $\gamma = 7,8$  q/sm<sup>3</sup>

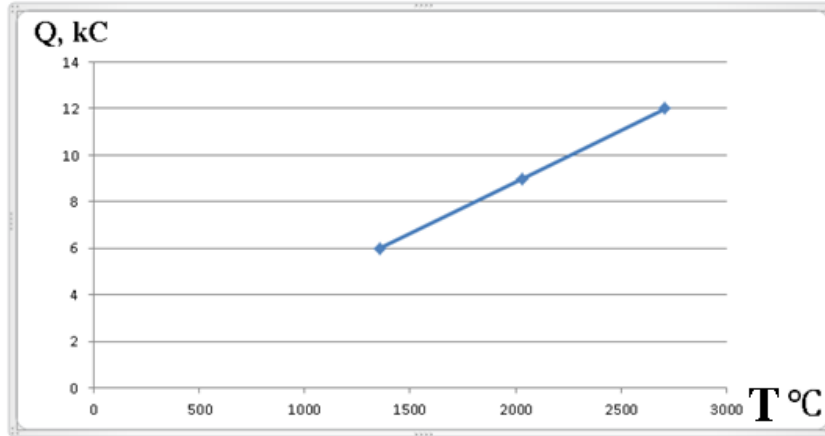
**Bu düsturlarla aşağıdakı hesablamalar aparılmaqla (Şək 2, 3) qrafiki asılılıq verilmişdir.**

$$1) Q_1 = 1000^2 \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{0,4} \cdot 20 = 6 \text{ kC}, Q_2 = 9 \text{ kC}, Q_3 = 12 \text{ kC}, Q_4 = 15 \text{ kC},$$

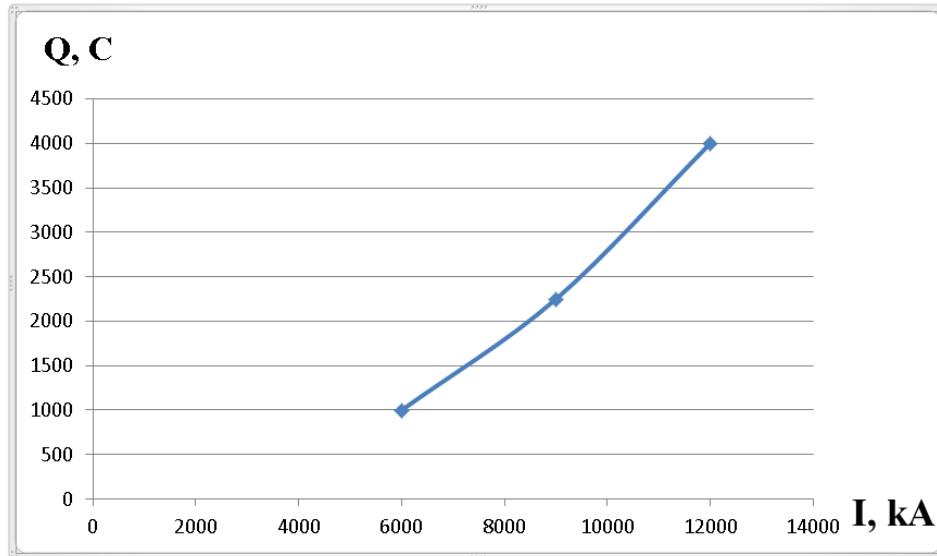
$$Q_5 = 18000 \text{ C}$$

$$2) T_1 = \frac{6000}{0,55 \cdot 7,8} = 1354 \text{ °C}, T_2 = 2034 \text{ °C}, T_3 = 2709 \text{ °C}, T_4 = 3386 \text{ °C},$$

$$T_5 = 4064 \text{ °C}$$



Şəkil 2: Temperaturun (T) istilik miqdarından(Q) asılılıq qrafiki verilmişdir.



Şəkil 3: İstilik miqdarının(Q) cərəyan şiddətindən(I) asılılıq qrafiki verilmişdir.

### Tədqiqatın təhlili və alınan nəticələr

Aparılmış tədqiqatın nəticələri göstərmişdir ki, yüksək tezlikli cərəyanla dişli çarxların iş zamanı işçi səthlərinin yeyilmə intensivliyinin qarşısının alınması, yüksək tezlikli cərəyanın səthə tətbiqi zamanı temperaturun istilik miqdarından, istilik miqdarının cərəyan şiddətindən asılılıq qrafiki (Şəkil 2), (Şəkil 3) möhkəmliyin artırılması ilə hər bir dişin möhkəmliyini təyin etmək olar. YTC ilə dişlərin möhkəmliyini 1,5 – 2,5 dəfə artırmaq mümkündür.

### Nəticə

Aparılmış tədqiqatlardan belə nəticəyə gəlinmişdir ki, yüksək tezlikli cərəyanla dişli çarxların işçi səthlərinin yeyilmə intensivliyinin qarşısının alınması, yeyilmə intensivliyinin azaldılmasından və

dişli çarxların materialından eyni zamanda tətbiq olunmuş emal üsulundan çox asılıdır. Beləliklə YTC ilə səthlərin möhkəmliyini 1,5 -2 dəfəyədək artırılır.

### **Bəyannamələr**

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

### **Təhsil Məhdudiyyətləri**

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

### **Təşəkkürlər**

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. A.N.Hasanov “Mashın detalları” Ali texniki maktablar üçün darslik. Bakı – 1979. – 458s.
2. V.A. Yermilov, YU.V.Nesterenko, V.G.Nikolayev. Gazovyye redutory. Leningrad – 1981.
3. «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» elmi-tədqiqat insitutunun elmi asarlari Bakı – 2014
4. Stratiyevskiy I. A. Abrazivnaya obrabotka. Spravochnik – Moskva – mashinostroyeniye 2010g.-328s.
5. Kapashnikov A.S. Tekhnologiya izgotov-leniya zubchatykh koles. Moskva – Mashinostroyeniye, 2004g, - 480s.
6. Dollezhall', Vladimir Antogovich. Reduktory chisla oborotov aviatsionnykh dvigatel. Leningrad – 1939.

## **RESEARCH ON THE INCREASING THE STRENGTH OF GEARBOX GEARS WITH HIGH-FREQUENCY CURRENT**

### **Nazim Ibrahimov<sup>1</sup>, Rauf Mammadli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Professor, “Materials science and processing technologies”, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: nazim.ibragimov.2015@mail.ru

<sup>2</sup>Master, “Materials science and processing technologies”, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan. E-mail: memmedlirauf1122@gmail.com

### **ABSTRACT**

In the article, the issue of increasing the strength of details by applying high-frequency electric current has become one of the most important and urgent issues of today, ensuring the corrosion resistance of parts is initially implemented by applying materials obtained in relatively economically efficient ways, which is a constructive solution to the issue. is reflected. So, due to

the stress conditions of gear wheel surfaces, high requirements are placed on the material applied in the surface layer, in this case, one of the main transmission parts of machine mechanisms is a pair of gear wheels, the operation of this pair, i.e., its kinematic movement, creates hard and stressful working conditions, this gear the working surfaces of the wheel pair are quickly worn away, the wear intensity increases, and the temperature in the working zone, i.e., the contact zone, increases, and as a result, mechanical stress occurs on the contact surfaces. At the same time, as a result of the generated tension, the increase in the intensity of wear of the working surfaces of the gears leads to grinding of the teeth and finally to their breakage as a result of high kinematic movement. It is necessary to strengthen the contact surfaces of the gear pair by applying high-frequency electric current to eliminate the tension on these working surfaces, to improve the quality of the kinematic movement of the gear pair. From this point of view, the surfaces are thermally treated using high-frequency current, which leads to a positive change in the physical-mechanical properties of the surface layer on the working surfaces of the gear pairs, at the same time, preventing the appearance of cracks, scratches, and scraps that may occur on the surface, and increasing the durability and strength of the surface. increases the longevity of individual parts of machine mechanisms and directly affects the quality indicators of the gearbox.

**Keywords:** High-frequency current, gear pair, wear intensity, increasing durability, thermal treatment.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОКА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

**Назим Ибрагимов<sup>1</sup>, Рауф Мамедли<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Профессор, «Материаловедение и технологии переработки», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. E-mail: nazim.ibragimov.2015@mail.ru

<sup>2</sup>Магистр, «Материаловедение и технологии переработки», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. E-mail: memmedlirauf1122@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

В статье вопрос повышения прочности деталей путем применения электрического тока высокой частоты стал одним из наиболее важных и актуальных вопросов современности, обеспечение коррозионной стойкости деталей первоначально реализуется за счет применения материалов, полученных сравнительно экономически эффективными способами. , что является конструктивным решением вопроса. Так, из-за напряженного состояния поверхностей зубчатых колес к материалу, наносимому в поверхностном слое, предъявляются высокие требования, при этом одной из основных передаточных частей механизмов машин является пара зубчатых колес, работа этой пары , т. е. ее кинематическое движение, создает тяжелые и напряженные условия работы, в этой передаче рабочие поверхности колесной пары быстро изнашиваются, увеличивается интенсивность изнашивания, повышается температура в рабочей зоне, т. е. зоне контакта, и в результате на контактных поверхностях возникают механические напряжения. В то же время в результате создаваемых напряжений увеличение интенсивности износа рабочих

поверхностей шестерен приводит к стачиванию зубьев и в конечном итоге к их поломке в результате высокого кинематического перемещения. Необходимо укрепить контактные поверхности зубчатой пары путем применения электрического тока высокой частоты для устранения напряжений на этих рабочих поверхностях, улучшения качества кинематического движения зубчатой пары. С этой точки зрения термическая обработка поверхностей осуществляется током высокой частоты, что приводит к положительному изменению физико-механических свойств поверхностного слоя на рабочих поверхностях зубчатых пар, одновременно предотвращая появление Устранение трещин, царапин и сколов, которые могут возникнуть на поверхности, а также повышение долговечности и прочности поверхности, увеличивает долговечность отдельных деталей механизмов машин и непосредственно влияет на качественные показатели коробки передач.

**Ключевые слова:** Ток высокой частоты, зубчатая пара, интенсивность изнашивания, повышение долговечности, термическая обработка.

#### Publication history

Article received: 17.01.2024

Article accepted: 07.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-123

## LAYIN QUYUDIBI ZONASINA TƏSİR ÜSULLARININ SƏMƏRƏLİLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Malik Abdullayev<sup>1</sup>, Samirə Mansurova<sup>2</sup>, Səbuhi Qurbanlı<sup>3</sup>, Kənan Babayev<sup>4</sup>,  
Məhəmməd İsmayilov<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Dosent. “Neft-qaz mühəndisliyi” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan,  
Email: <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1383-6240>, <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1284-4628>,  
<sup>3,4,5</sup>Magistrantlar, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

### XÜLASƏ

Məqalədə quyudibi zonasına təsir üsulları və səmərəliliyin qiymətləndirilməsi ilə əlaqəli məsələlərə baxılır. Böyük həcmdə mədən məlumatlarının təhlili göstərmişdir ki, işlənməsinin son mərhələsində olan neft yataqları üçün səmərəli işlənmələrin əsas növləri bunlardır: həlledicilərin vurulması, turşu tərkibli mikroemulsiyaların və turşularla işlənmələr və köpük sistemlərinin tətbiqi. Məqalədə, geoloji və texniki tədbirlərin səmərəliliyinə ən çox təsir edən amilləri müəyyən etmək üçün üsul təklif olunur. Bu yanaşma, bir tərəfdən, təsir üçün quyuları düzgün seçməyə, digər tərəfdən, onların sonrakı istifadəsi imkanlarını müəyyən etmək üçün həyata keçirilən tədbirlərin səmərəliliyini qiymətləndirməyə imkan verir.

**Açar sözlər:** yataq, hasilat, quyudibi zonası, həlledicilər, köpük sistemləri.

### Giriş

İşlənmənin səmərəliliyinin artırılması problemi, yeni yataqların kəşfi, eləcə də uzun müddət işlənmədə olan yataqlarda neft və qaz hasilatının sabitləşdirilməsi ilə əlaqədardır.

Uzun müddət işlənmədə olan yataqlarda neft hasilatının sabitləşməsinə, neft hasilatının artırılmasına imkan verən daha mütərəqqi üsulların istehsalata tətbiqi ilə nail olmaq olar. Quyudibi zonanın işlənməsinin müxtəlif təsir üsullarının bir qismi, mütərəqqi təsir üsullarıdır. Bu üsulların rəşional istifadəsi, neftvermə əmsalını əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa imkan verir.

Metodoloji hissə

Son illərdə, qeyri-nyuton sistemlərlə layın quyudibi zonasına təsir üsullarının geniş tətbiqi baş verməkdədir.

Quyudibi zonanın işlənməsinin səmərəliliyinə təsir edən əsas amilləri müəyyən etmək çox vacibdir. Çünki, bu amillərin müəyyən edilməsi, təsir üçün seçilən quyunun düzgün müəyyənləşdirilməsi və tətbiq olunan işin səmərəliliyini qiymətləndirməyə, bu cür təsirlərin sonrakı istifadə həcmi müəyyən etməyə imkan verir.

Məlum olduğu kimi, tədqiq olunan yataqlarda layın neftvermə əmsalının ( $k_{ne}$ ) artırılmasının əsas üsullarından biri, layın quyudibi zonasına müxtəlif reagentlərlə təsirdir [1, 2].

Tətbiq olunan təsir üsulunun səmərəliliyini həm təbii şəraitlə, həm də texnoloji proseslə əlaqəli bir çox amillərlə, bu və ya digər tədbirlərin həyata keçirilməsi üçün quyuların düzgün seçilməsi, işlənmədən sonra quyuların mənimsənilməsi və s. ilə əlaqəli əvvəlcədən müəyyən edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, çoxsaylı müxtəlif amillər əvvəlcədən müəyyən edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, emal üsullarının səmərəliliyinə bütün amillərin eyni vaxtda müxtəlif birləşmələrinin cəm təsirinə nəzərə alınması, kifayət qədər çətinliklər yaradır.

Bununla əlaqədar olaraq, indiki mərhələdə məsələnin öyrənilməsi, əsas amillərin təsirinin xüsusiyyətlərini müəyyən etmək və işlənmə üsullarının səmərəliliyinə təsirini öyrənmək daha çox məqsəduyğundur.

Layın quyudibi zonasının təmizlənməsi üçün tətbiq edilən üsulların nəticələrinin təhlili göstərdi ki, qalıq neftin sıxışdırılması məqsədilə, quyudibi zonasının təmizlənməsinin əsas növləri, aşağıdakılardır: köpüyün vurulması, quyudibi zonanın təmizlənməsi üçün turşu tərkibli mikroemulsiyalardan istifadə, quyudibi zonanın həlledicilərlə (neft, kerosin, kondensat və s.) təmizlənməsi, quyudibin qaynar neftin qızdırılması, polimer məhlullarının istifadəsi və s. [4, 5, 6]. Qeyd etmək lazımdır ki, bu üsulların səmərəliliyi əsasən neft hasilatının artması ilə müəyyən edilir ki, bu artımlar orta hesabla aşağıdakı kimidir: həlledicilərin tətbiqi ilə sutkada 2,0 t-a qədər, köpüyün vurulması ilə, sutkada 1,5 t/gün-ə qədər, polimer məhlullarının vurulması ilə isə, təxminən 1,0 t/günə qədərdir [5].

Quyuların təmirlərarası müddəti də artır ki, bu da baxılan sahələrdə tətbiq olunan üsulların perspektivindən xəbər verir.

Quyudibi zonasına təsirin səmərəliliyi, əsasən quyuların düzgün seçilməsindən, quyunun yüksək keyfiyyətlə hazırlanmasından, aparılan prosesin texnologiyasından asılıdır.

Bununla belə, əksər hallarda quyuların quyudibi zonasının təmizlənməsi üçün görülən tədbirlərin səmərəliliyi, digər qonşu quyuların debitinə diqqət yetirmədən yalnız proses aparılan quyuların debitləri ilə qiymətləndirilir. Bundan əlavə, proses aparılacaq quyular da debit (neft) əsasında seçilir ki, bu da bir çox hallarda prosesin səmərəsizliyinə gətirib çıxarır.

Bununla belə, əksər hallarda görülən tədbirlərin səmərəliliyi üçün quyudibi zonaya təsirindən sonra yalnız quyunun hasilatı qiymətləndirilir, digər qonşu quyuların hasilatına diqqət yetirilmir.

Bundan əlavə, quyular həm də hasilat (neft) əsasında seçilir ki, bu da bir çox hallarda prosesin səmərəsizliyinə gətirib çıxarır.

Buna görə də aşağıda, layın quyudibi zonasının emalı prosesinə təsir edən əsas amilləri müəyyən etmək üçün görülən tədbirlərin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi metodologiyasını təklif edirik ki, bu da emal aparılması üçün quyuların seçilməsini təkmilləşdirməyə imkan verir.

Görülən tədbirlərin səmərəliliyini qiymətləndirmək üçün, quyuların geoloji və istismar xüsusiyyətləri toplanmışdır ki, bunlar 2-4 cədvəllərində verilir.

Birinci cədvəldə, quyudibi zonasına köpüklərlə təsir edildiyi «I» yatağının quyuları haqqında məlumatlar göstərilir.

Cədvəl 3 və 4-də «II» və «III» yataqlarındakı quyularda quyudibi zonasına həlledicilərlə təsir edilən quyuların geoloji-mədən məlumatları göstərilir.

Üsulların səmərəliliyinə təsir edən amillərin təsir, məlumatların statistik təhlilində korrelyasiya təhlili vasitəsilə qiymətləndirilmişdir [1]. Qəbul edilmişdir ki, ümumiyyətlə, quyudibi zonasının təsirinin səmərəliliyinə aşağıdakı amillər təsir edə bilər:

Lay dərinliyi ( $H$ ), perforasiya edilmiş sahənin qalınlığı ( $h_{per}$ ), neftin özlülüyü ( $\eta_n$ ), neftin xüsusi çəkisi ( $\gamma_n$ ), məhsulda qatranın faizi, vurulmuş həlledicinin həcmi ( $V_h$ ), həlledicinin xüsusi çəkisi ( $\gamma_h$ ), reagentlərin vurulma təzyiqi ( $P_{vur}$ ), təsirdən sonra quyuların mənimsəmə vaxtı ( $t_t$ ), məhsuldakı suyun faizi ( $b$ ), emaldan sonra quyuların iş rejimi, nasosun plunjerinin gediş uzunluğu ( $S$ ), yırğalama sayı ( $n$ ), nasosun diametri ( $d$ ), işçi agentinin xüsusi çəkisi və iş şəraitini xarakterizə edən digər məlumatlar.

Təsirdən əvvəl və sonra axın sürətlərinin nisbəti ilə yuxarıda göstərilən amillər arasında cüt korrelyasiya qiymətləri hesablanmışdır [8, 9, 10].



**Cədvəl 1:** «I» yatağının quyularının geoloji-mədən məlumatları.

Quyular	Perversiya intervalı, (h <sub>per</sub> )	Dərinlik (H), m	Neftin özlülüyü (η <sub>n</sub> ), SP <sup>3</sup>	%, qatran	Həllədicinin xüsusi çəkisi, (γ <sub>p</sub> ), g/sm <sup>3</sup>	Neftin xüsusi çəkisi (γ <sub>n</sub> ), g/sm <sup>3</sup>	Reagentin vurulma təzyiqi (P <sub>vur</sub> ) MPa	Quyunun işlənmə müddəti sonra, təsiri (t <sub>is</sub> )	% su	$\frac{Q_m^n}{Q_m^q} = \alpha$	İşçi agentin xüsusi çəkisi, (R <sub>om</sub> ), m <sup>3</sup> /t	Vurulan həllədicinin həcmi (V <sub>h</sub> ), m <sup>3</sup>
h833	35	2320	46,7	26,9	1,13	0,795	5,5	2	50	1,06	235	30,75
1086	15	2390	47,7	26,8	1,14	0,788	6,5	3	55	1,03	375	36,9
806	17	2400	48,1	26,6	1,14	0,798	6,0	2	57	0,89	250	36
234	28	2370	47,4	26,8	1,13	0,797	5,5	6	62	1,1	350	35
1192	22	2290	47,5	26,7	1,12	0,796	5,0	4	67	0,9	275	30
773	34	2300	47,6	26,3	1,12	0,795	4,5	2	55	1,01	325	30
1211	8	2311	47,6	26,7	1,12	0,796	5,0	2	67	0,91	250	32
1089	8	2251	47,6	26,9	1,12	0,795	5,0	2	55	1,03	415	28,9
1015	17	2386	47,5	26,7	1,13	0,796	5,5	2	67	1,0	450	34,8
857	15	2411	47,7	26,8	1,14	0,798	6,0	2	55	1,06	250	38,75

Cüt korrelyasiya qiymətləri aşağıdakı düsturla hesablanmışdır:

$$R_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(\alpha_i - \bar{\alpha})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}}$$

burada x<sub>i</sub> -amillərdən birinin qiymətləridir və  $\bar{x}$  -amilin orta qiymətidir.

Bu amillərin dəyişmə məlumatları və əmsallarının cüt korrelyasiya ilə tapılmış qiymətləri cədvəl 1-4-də verilir.

Ayrı-ayrı amillərin təsirinin əhəmiyyəti, debitlə bu amil arasındakı qoşa korrelyasiyanın qiyməti ilə qiymətləndirilmişdir. Cütlü korrelyasiyanın mütləq qiyməti, onun yekun (son) qiymətinin 95%-i səviyyəsinə uyğun gələn həddən artıq olduqda, amillərin təsiri əhəmiyyətli hesab edilmişdir. Əsas amillərin nəticələrinin təhlillərinə görə, quyudibi zonanı həllədicilərlə emal edərkən debitlərin nisbətində əhəmiyyətli təsir göstərən əsas amillər bunlardır:

- I yataq üzrə (II horizont) – məhsulda qatranın faizi, həllədicinin xüsusi çəkisi və təsirdən sonra quyunun mənimsəmə vaxtı.
- II yataq üzrə - neftin xüsusi çəkisi, həllədicinin xüsusi çəkisi, vurma təzyiqi.
- III yataq üzrə quyudibi zonanı köpüklərlə emal edərkən, əsas təsir edən amil qatranın %-dir.

**Cədvəl 2:** QDZ-nin köpüklərlə emal edildiyi yataq üzrə geoloji-mədən məlumatları.

	$\alpha$	$h_{per}$	H	$\eta_n$	% qətra n	$\gamma_h$	$\gamma_n$	$P_{vur}$	$T_{tam}$	%S u	$R_m$	$V_h$
$\alpha$	1,0000											
$h_{per}$	- 0,0856	1,000 0										
H	- 0,0575	- 0,215 2	1,0000									
$\eta_n$	0,1188	- 0,405 3	-0,1854	1,000 0								
% qətra n	0,3247	0,172 1	-0,3526	0,296 2	1,000 0							
$\gamma_h$	0,1282	0,049 1	-0,1701	0,303 0	0,237 0	1,000 0						
$\gamma_n$	0,2214	- 0,077 1	-0,4412	0,600 5	0,536 4	0,201 7	1,0000					
$P_{vur}$	- 0,0132	0,156 2	0,0569	- 0,150 0	0,070 6	- 0,032 8	-0,4212	1,0000				
$T_{tam}$	- 0,0078	- 0,224 6	-0,0292	0,092 0	- 0,130 2	- 0,034 4	0,2740	-0,4522	1,000 0			
%su	- 0,0065	- 0,055 9	-0,3177	0,576 1	0,684 2	- 0,039 6	0,6452	0,0876	- 0,041 8	1,0 000		
$R_m$	0,0981	- 0,277 7	0,0907	0,124 7	0,164 2	0,603 8	0,0834	0,0844	0,063 7	- 0,0 271	1,0 000	
$V_h$	- 0,0805	0,144 0	0,3301	- 0,528 6	- 0,688 9	0,189 5	0,7066	0,1922	- 0,069 3	- 0,8 794	0,1 342	1,0 000

Müxtəlif kombinasiyalarda götürülmüş bütün amillərin cəminin quyu məhsuldarlığına təsiri də öyrənilmişdir. Bir qrup amilin birgə təsirinin qiymətləndirilməsi korrelyasiya əmsalının (KƏ) qiymətinin hesablanması yolu ilə aparılmışdır [11, 12].

Ən böyük korrelyasiya nisbətində malik olan amillərin kombinasiyası seçilmişdir. Sonra nəzərdən keçirilən qrupdan bəzilərini əlavə edib digər amilləri çıxarmaqla korrelyasiya əlaqəsinin qiymətindəki dəyişikliklər müəyyən edilmişdir [13, 16]. Əgər bu prosedur onun nəzərəçarpaq dərəcədə artmasına səbəb olubsa, bu dəyişiklik müsbət qəbul edilib. Beləliklə, bütün mümkün kombinasiyadan korrelyasiya nisbətində ən böyük qiyməti olanı seçilmişdir.

**Cədvəl 3:** QDZ-yə həlledicilərlə təsir edildiyi “II” yataq üzrə geoloji və mədən məlumatları.



$\alpha$	H	$h_{per}$	$\eta_n$	$\gamma_n$	% qətran	$V_h$	$\gamma_h$	$P_{vur}$	$T_{tam}$	%su	S	n	d
1,0000													
0,1576	1,0000												
0,2340	0,1403	1,0000											
0,0047	0,5575	0,1413	1,0000										
0,2235	- 0,3186	0,2766	-0,1841	1,0000									
-0,0235	- 0,1818	-0,1176	0,2509	0,1772	1,0000								
-0,0219	- 0,0012	0,2696	0,1314	0,1740	0,2918	1,0000							
0,3668	0,4911	-0,0174	0,0521	-0,0471	0,0344	0,0271	1,0000						
0,1606	0,2706	0,3881	-0,1479	0,1960	-0,1281	0,3023	0,3030	10000					
-0,4843	0,0982	-0,5336	-0,0345	0,3470	0,2506	-0,2691	0,0662	-0,3603	10000				
-0,0886	0,0970	0,2231	0,2587	-0,2596	-0,0413	0,2769	-0,1071	0,1328	0,1038	1,0000			
0,0022	- 0,1979	-0,1852	0,2815	0,1551	0,3870	0,1027	-0,3544	0,2810	- 0,1628	0,0969	1,0000		
0,1284	- 0,2154	-0,1102	-0,3097	0,1818	-0,3622	-0,0837	-0,1258	-0,1958	- 0,1961	0,0313	-0,0386	10000	
-0,4740	- 0,2463	-0,1406	-0,0736	0,1831	-0,0171	0,1417	-0,2114	-0,0357	0,2934	-0,2934	-0,0681	-0,0618	1,0000

**Cədvəl 4:** QDZ-yə həlledicilərlə təsir edildiyi “III” yataq üzrə geoloji və mədən məlumatları.

$\alpha$	H	$h_{per}$	$\eta_n$	$\gamma_n$	% смол	$V_h$	$\gamma_h$	$P_{vur}$	$T_{tam}$	%s	$R_m$
1,0000											
0,3350	1,0000										
-0,5174	-0,5939	1,0000									
-0,2426	-0,3093	0,5610	1,0000								
-0,4448	-0,5427	0,9305	0,0143	1,0000							
-0,1835	0,1434	0,1070	-0,1476	-0,0038	1,0000						
0,1503	0,6430	-0,3914	-0,2195	-0,3642	0,1413	1,0000					
-0,5456	0,3292	0,7967	0,4066	0,7317	0,1181	0,3717	1,0000				
0,3276	0,2846	-0,4253	0,0449	-0,2346	0,0174	0,1447	-0,3382	1,0000			
0,2913	-0,3118	0,6123	0,5564	0,6623	0,0328	0,1546	0,3449	0,0975	1,0000		
0,1870	0,4345	0,0111	-0,1103	-0,0489	0,0649	-0,1985	0,2011	-0,0644	-0,2795	1,0000	
-0,1112	-0,2687	0,0663	-0,0368	0,0434	-0,1937	0,3331	0,2218	-0,2088	0,1208	- 0,2537	1,0000

Nəticədə tədqiq olunan parametrlə ən əhəmiyyətli təsir göstərən amillərin korrelyasiya matrisi alınmışdır [14, 15, 17].

Müəyyən edilmiş amillər kombinasiyası üçün korrelyasiya əlaqəsinin ölçüsü:

- III yataq üzrə - 0,78

-II yataq üçün isə 0,83. Onlardan hər hansı birinin istisna edilməsi NƏ-nun ölçüsü əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olur.

**Nəticələr.**

- Quyuların quyubi zonanın həlledicilərlə təsirinin səmərəliliyinə, məhsulda qatranın faizi, neftin təsirdən əvvəl xüsusi çəkisi, neftin özlülüyü və həlledicinin xüsusi çəkisi kimi amillər əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

- Bu amillərin müəyyən edilməsi, bir tərəfdən quyudibi zonasına təsirinə əsaslanaraq üsulların aparılması üçün quyuların düzgün seçilməsinə, digər tərəfdən isə aparılan üsulun səmərəliliyinin qiymətləndirilməsinə imkan verir.

### **Bəyannamələr**

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

### **Təhsil Məhdudiyyətləri**

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

### **Təşəkkürlər**

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Mirzajanzada A.X., Stepanova R.S. Neft va qaz hasilatında tacrabanin riyazi nazariyyasi. "Nedra" nəşriyyatı, 1977
2. Alvarado V., Manrik E. Neftvermanın artırılması usulları. Planlaşdırma və tətbiq strategiyaları. – M.: Premium Muhandislik, 2011, 244 s.
3. Qurgel A., Moura M.C.P.A., Dantas T.N.C., Barros Neto E.L., Dantas Neto A.A. Gujlu neft chixarmada tətbiq olunan kimyavi dashqın usullarina baxış // Braziliya Neft va Qaz Jurnalı, 2008, № 2, səh. 83-95.
4. Alvarado V., Manrique E. Takmillashdirilmish neft barpasi: yenilama icmalı // Enerji, 2010, № 3, səh. 1529-1575.
5. Thomas S., Farouq Ali S.M. Kimyavi neftin barpasi usullarının vazıyyatı va qiymatlandırılması // Enerji mənbələri, 1999, № 21, s. 177-189.
6. Larri L. Takmillashdirilmish neftverma usullarının asaları.– M.:Texas Universiteti, 1988, 449 s.
7. 7.H.M. İbrahimov, T.X. Şafiyev.Yeni turshu tarkibli quyunun dibi zonasına tasirin effektivliyi haqqında.ANKh, 2018, №5.
8. Litvin A.T. va b. Effektiv halledijilerin seçılması - hazırda mövcud olan takmillashdirilmish neftverma usullarının va neft hasilatının stimullashdirilməsi proseslərinin universal modifikasiyası. Kolleksiya: Neft Muhandisleri Jamiyyəti - SPE Rusiya Neft Texnologiyaları Konfransı 2020, RPTC 2020.
9. Panait, E., İsak, C., Marton, C., Dos Santos, A., & Girardi, S. (2018, 10 dekabr). Xelatlashdirici maddalara asalan effektiv matris turshusu: Rummiya ağır neft rezervuarlarında numuna arashdirması. Neft Muhandisleri Jamiyyati. doi: 10.2118/193723-MS.

10. Ballinas, J.J. (24 sentyabr 2014-cu il). Ağır neft karbonat anbarlarında tətbiq olunan viskoz barmaqların stimullashdirilməsi variantı. Neft Muhandisləri Jamiyyatı. doi: 10.2118/171126-MS.
11. Liu, Z., Chen, C., Lv, X., Yang, Z., Shen, Y., Luo, Y., & Li, X. (2018, 22 iyun). Haddindən artıq ağır neft layında horizontal quyunun lay zədələnməsinin xarakteristikası və aradan qaldırılması usulları. Neft Muhandisləri Jamiyyatı. doi: 10.2118/191158-MS.
12. Wilson A. et al. Ağır neft yatağında kimyavi stimullashdırma: Asas mülahizələr, iş axını və nəticələr // Neft Texnologiyaları Jurnalı. - 2018. - T. 70. - № 03. - S. 77-78.
13. Qutorov A.Yu. Tatarıstan yataqlarında neft hasilat quyularının məhsuldarlığını artırmaq üçün müxtəlif nov xlorid turşusu emallarından istifadə təcürəsi // Neft və Qaz Biznesi. - 2012. - T. 10. - № 3. - S. 54-58.
14. Kastro, L.U. və Morales, R.A. (2016, 19 oktyabr). Ağır neft laylarında istehsalın artırılması üçün kimyavi emalların seçilməsi və tətbiqi üzrə praktiki təlimat. Neft Muhandisləri Jamiyyatı. doi: 10.2118/181183-MS.
15. Farias, R., Gaspar Miranda Prata, F., Souza, L.A., Jardim, A.T., de Araujo, C.J.C., Pereira, A.Z.I., & Neumann, L.F. (2010, 1 yanvar). Braziliya Dəniz Horizontal Quyularında İnyeksiyanın Təkmilləşdirilməsi üçün Yeni Turşu Müəljə Proseduru. Neft Muhandisləri Jamiyyatı. doi: 10.2118/126324-MS.
16. Shaheen, T., Hassan, W., Siddiqui, M.I.U.H., & Kamal, S. (2012, 1 yanvar). Dünyanın İlk Turşu və Buxar Kombinasiyası Ağır Neftin Təkmilləşdirilmiş Barpa Prosesinə Yeni Ölçü təmin edir. Neft Muhandisləri Jamiyyatı. doi: 10.2118/154293-MS.
17. Temizel, C., Kirmaci, H., Inceisci, T., Wijaya, Z., Zhang, M., Balaji, K., ... Yegin, C. (2016, 6 dekabr). Ağır neftin barpası proseslərində hasilatın optimallaşdırılması. Neft Muhandisləri Jamiyyatı. doi: 10.2118/184135-MS.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ СКВАЖИН

**Малик Абдуллаев<sup>1</sup>, Самира Мансурова<sup>2</sup>, Сабухи Гурбанлы<sup>3</sup>, Кянан Бабаев<sup>4</sup>, Мухаммад Исмаилов<sup>5</sup>.**

<sup>1,2</sup>Доцент. Кафедры «Нефтегазовое инженерия», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан, <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1383-6240>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1284-4628>.

<sup>3,4,5</sup>Магистранты, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности.

### РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрены вопросы, связанные с методами воздействия на призабойную зону скважин и оценкой эффективности. Анализ большого объема промысловых данных показал, что основными видами эффективных обработок нефтяных месторождений на поздней стадии разработки являются: закачка растворителей, кислотосодержащие микроэмульсии и кислотные обработки, а также применение пенных систем. В статье предложен метод определения факторов, наиболее влияющих на эффективность геолого-технических мероприятий. Такой подход позволяет, с одной стороны, правильно выбрать

скважины для воздействия, а с другой стороны, оценить эффективность проводимых мероприятий для определения возможностей их дальнейшего использования.

**Ключевые слова:** пласт, добыча, призабойная зона, растворители, пенные системы.

## **ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT METHODS FOR THE BORTHWELL ZONE OF WELLS**

**Malik Abdullayev<sup>1</sup>, Samira Mansurova<sup>2</sup>, Sabuhi Gurbanly<sup>3</sup>, Kanan Babayev<sup>4</sup>, Muhammad Ismailov<sup>5</sup>.**

<sup>1,2</sup>Associate Professor Department of "Oil and Gas Engineering", Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1383-6240>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1284-4628>.

<sup>3,4,5</sup>Masters, Azerbaijani State University of Oil and Industry.

### **ABSTRACT**

The article discusses issues related to methods of influencing the bottomhole zone of wells and assessing efficiency. Analysis of a large volume of field data has shown that the main types of effective treatments for oil fields at a late stage of development are: solvent injection, acid-containing microemulsions and acid treatments, as well as the use of foam systems. The article proposes a method for determining the factors that most influence the effectiveness of geological and technical measures. This approach allows, on the one hand, to correctly select wells for impact, and on the other hand, to evaluate the effectiveness of the measures taken to determine the possibilities of their further use.

**Keywords:** reservoir, production, bottomhole zone, solvents, foam systems.

### Publication history

Article received: 29.01.2024

Article accepted: 12.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-130

## THE IMPACT OF SOIL POLLUTION BY OIL ON THE CONTENT OF HUMIC SUBSTANCES

Salmanova Nazila<sup>1</sup>, Ismayilov Farhad<sup>2</sup>, Huseynova Elmira<sup>3</sup>, Shiraliyeva Ulkar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Associate professor, Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku Azerbaijan.

Email: nazilyasalmanova@gmail.com

<sup>2</sup>Master, Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku Azerbaijan. Email: f0487474@gmail.com

<sup>3</sup>Leading researcher, Science Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry", Baku Azerbaijan. Email: elmira2167elmira@gmail.com

<sup>4</sup>Scientist, Science Research Institute "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry", Baku Azerbaijan. Email: ushraliyeva@gmail.com

### ABSTRACT

The research assesses the impact of oil contamination on soil humus substances. Laboratory experiments with varying concentrations of petroleum products on different soil types revealed that even small amounts of oil lead to significant degradation of humus substances, altering their structure and reducing their content. These changes may disrupt soil properties, diminishing fertility, structure, and water retention capacity, and reducing microbial activity. Understanding this influence is crucial for developing strategies to rehabilitate polluted soils and sustain ecosystems.

**Keywords:** Humus, acidity, oil contamination, phytotesting, carbon content, oil mineralization, soil toxicity

When studying the content of humic substances in soils affected by organogenic pollutants (in our case, oil), a rather rare situation arises where the conventional expression of analysis results in relative figures (as a percentage of total organic carbon) becomes incorrect. [1]

At the same time, the analysis of the obtained results indicates that in oil-contaminated soil, there is an undeniable increase in the absolute content of humic substances extracted both directly by alkali and by a strongly alkaline solution of sodium pyrophosphate. The increase in the content of humic substances occurs to a small extent, usually constituting 0.08-0.10% of the soil mass. Moreover, the growth of humic acids (HA) typically occurs more actively than fulvic acids (FA). As a result, the Student criterion for HA is usually higher than for the extracts as a whole.

According to [2], the process of increasing the content of humic acids in soil is satisfactorily described by a logistic function:

$$C_{\text{total,HA}} = \frac{C_{\text{min}} - C_{\text{max}}}{1 - \exp\left(\frac{D - D_0}{D_1}\right)} + C_{\text{max}} \quad (1)$$

Where  $C_{\text{min}}$  and  $C_{\text{max}}$  represent the minimum and maximum content of  $C_{\text{total}}$  or in  $C_{\text{HA}}$  in both used extracts - in the sodium pyrophosphate extract at pH 12 or in the alkaline extract;  $D_0$  is the dose of oil at which the carbon content equals  $C = (C_{\text{min}} + C_{\text{max}})/2$  (inflection point);  $D_1$  is the dose of oil at which  $C$  doubles within the range up to the inflection point.



**Table 1:** Parameters of Equation 1 characterizing the increase in the content of various fractions of humic acids in the soil when polluted with different doses of oil.

Parameter	1 M Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> - extraction		1 M NaOH- extraction	
	C <sub>total</sub>	C <sub>HA</sub>	C <sub>total</sub>	C <sub>HA</sub>
C <sub>min</sub>	0,98	0,30±0,03	0,78	0,3
C <sub>max</sub>	1,08±0,01	0,44±0,01	0,93±0,01	0,43±0,01
D <sub>0</sub>	0,67±0,53	1,7±0,6	1,1±0,7	0,6±0,3
D <sub>1</sub>	0,52±0,43	0,78±0,51	0,83±0,65	1,0±0,8

A significant error in defining the values of D<sub>0</sub> and D<sub>1</sub> (50-80%) does not allow for a definitive conclusion regarding the difference in the interaction process of various fractions of humic acids with petroleum hydrocarbons, depending on the doses of oil introduced into the soil.

Based on the tabulated data, it can be argued that the increase in the number of humic acids is accompanied by a reduction in the aromaticity of the molecules. The most likely cause of these processes is the direct chemical interaction of petroleum hydrocarbons with humic substances and the incorporation of petroleum hydrocarbons or their fragments into the structure of humic acid molecules [3].

During oil contamination, the quantitative increase in the content of humic substances is accompanied by a change in their nature. To confirm this assumption, research related to determining the toxicity of oil-contaminated soils using biotesting methods is necessary. To assess the potential toxicity of soil solutions that might enter various water bodies (streams, rivers, lakes, etc.) due to subsurface flow, bioassays were conducted on one of the key representatives of aquatic organisms - the water flea *Daphnia magna* Straus. *Daphnia* (representatives of lower crustaceans) are mandatory test organisms in all test systems.

The determination of soil toxicity to *Daphnia* was performed in acute experiments by bio-assaying aqueous extracts. The exposure duration was 96 hours, repeated four times. The soil-to-water ratio for obtaining aqueous extracts was 1:5. Biologically purified water was used as a diluent for cultivating *Daphnia*. After settling, the supernatant liquid was collected from the mixture. Final water purification from suspended matter was done by centrifugation of the supernatant at 5000 rpm for 10 minutes.

Short-term bioassays (96 hours) of aqueous extracts from soils allow the determination of their acute toxic effects on *Daphnia* in terms of their survival. The indicator of survival is the average number of organisms surviving in the tested sludge samples within a specified time. The criterion for acute toxicity is the mortality of 50 percent or more of the *Daphnia* within a period of less than 96 hours in the tested samples compared to the control. [4]

The toxicity criteria are as follows:

- Very strong toxicity (hyper-toxicity) - death of *Daphnia* occurs within 24-48 hours and reaches 50% or more;
- Acute toxicity - similar conditions but within 72-96 hours;

- Moderate toxicity - death of 30-50% within 96 hours;
- Weak toxicity - death within 20-30% within 96 hours;
- Non-toxic solution - death of less than 20% of Daphnia.

It was found that even the smallest dose (0.7 L/m<sup>2</sup>) during a fresh oil spill proved to be weakly toxic to Daphnia, as it caused a significant mortality of 21% of individuals within 96 hours. The aqueous extract from soil contaminated with 1.4 L/m<sup>2</sup> of oil exhibited moderate toxicity, causing the death of 42% of individuals. All other oil doses resulted in acute toxicity of soil extracts. Thus, during fresh spills, only the smallest dose (0.7 L/m<sup>2</sup>) is relatively safe for Daphnia.

According to chemical analyses [5], in soil contaminated with 4.0 L/m<sup>2</sup> of oil, the content of petroleum products decreased almost by 1.5 times - from 1.43% to 1.08%. Secondly, the qualitative composition of petroleum products changed due to decomposition processes. The results obtained from determining the group and individual composition of petroleum hydrocarbons in the soil indicate the decomposition or loss of the most toxic fractions - normal low molecular weight alkanes, isoprenaline, and other compounds. The remaining heavier and biochemically inert, stable fractions are much less toxic to living organisms.

Thirdly, under the conditions of a flushing water regime characteristic of our bioclimatic zone, the vast majority of water-soluble fractions of oil were undoubtedly removed by flushing downward flows of soil solutions within two vegetation seasons beyond, if not the entire soil profile, then certainly beyond the upper 20-centimeter layer. By the end of our observations, soil containing 1.08% of petroleum products became safe for Daphnia.

Bioassaying the sandy podzolic soil with Daphnia revealed that oil contamination of this soil leads to a much higher level of toxicity in soil solutions compared to the contamination of sod-podzolic soil. It was established [5] that aqueous extracts from the sandy podzolic soil, initially non-toxic to aquatic organisms, dramatically change their properties when contaminated with oil. The minimum dose of 0.6 L/m<sup>2</sup> induces weak toxicity (significant mortality of 25% of Daphnia within 96 hours), a dose of 1.2 L/m<sup>2</sup> results in the death of 65% of Daphnia, and the two last doses are acutely toxic, causing 100% mortality of the organisms.

The aqueous extract from the soil with the minimum oil dose (equivalent to 0.48% petroleum products) became completely non-toxic to Daphnia. At a dose of 1.2 L/m<sup>2</sup> (0.88% petroleum products), the soil exhibited weak toxicity, causing the death of 26% of Daphnia. At a dose of 3.5 L/m<sup>2</sup>, soil toxicity decreased to a moderate level, and only at the maximum dose of oil contamination (3.85% petroleum products) did the toxicity remain acute (with more than 50% mortality of organisms).

Subsequently, criteria for phytotoxicity of oil-contaminated soils were determined. The method used was to determine the seed germination rate while placed in the soil in Petri dishes. The 10 cm diameter Petri dishes contained the researched soil in a moist condition, and oat seeds (20 pieces) were sown. The experiment was repeated four times. After 4-5 days, when coleoptiles appeared. Considering the number of germinated seeds, biometric measurements were conducted for root length and coleoptile length of the seedlings. The degree of soil phytotoxicity was evaluated based on the reduction in root and coleoptile lengths and the decrease in seed germination. It was found that during a fresh oil spill, the first two doses (1.4 L/m<sup>2</sup>) were non-toxic to plants. The last two doses (4.0 and 10.0 L/m<sup>2</sup>) led to moderate soil toxicity, resulting in a reduction in root length by 33% and 45%, respectively. [6]

At the beginning of the growing season, soil with the maximum oil dose retained weak toxicity. This manifested as a suppression of roots and coleoptiles by 18-22%. However, after some time, this experimental variant became non-toxic to plants. This was because all deviations from the control clean soil were not significant. Therefore, during a fresh oil spill, the soil exhibits a moderate degree of phytotoxicity starting from the 4.0 L/m<sup>2</sup> oil dose. Over two seasons, the phytotoxicity completely disappears, even in the case of contamination with 10.0 L/m<sup>2</sup> of oil. The results of phytotesting are consistent with the rate of vegetation recovery on oil-contaminated sites. [7]

In comparison to sandy soil, podzolic soil showed much less resistance to oil contamination in terms of phytotoxicity. As seen from the data presented in Table 8.25, only the minimum dose of 0.6 L/m<sup>2</sup> did not cause seed suppression, i.e., it did not exhibit phytotoxicity. All subsequent doses of oil contamination led to significant suppression not only of biometric parameters of seed germination (root and coleoptile length decreased by 55-85% compared to the control) but also resulted in a significant decrease in their germination by 28-47%. However, by the end of the growing season, soil phytotoxicity noticeably decreased: soil contaminated with 1.2 L/m<sup>2</sup> of oil became completely non-toxic, while the two last maximum doses, despite causing a sharp (around 50%) decrease in root and coleoptile length of seedlings, did not suppress seed germination.

The minimum dose of 0.6 L/m<sup>2</sup> did not cause seed suppression, i.e., it did not exhibit phytotoxicity. All subsequent doses of oil contamination led to significant suppression not only of biometric parameters of seed germination but also resulted in a decrease in their germination by 28-47% compared to control data of 55-85%. By the end of the growing season, soil phytotoxicity notably decreased. Soil contaminated with 1.2 L/m<sup>2</sup> of oil became completely non-toxic. The two last maximum doses did not suppress seed germination. The extremely slow recovery of oil-contaminated vegetation, especially from high doses of oil, can be attributed to extremely unfavorable hydro-physical conditions. The interaction of oil hydrocarbons with humic acids can be seen as one of the assimilatory mechanisms that reduce the toxic effect of oil and contribute to soil self-purification.

Studying changes in the content and composition of humic substances during soil oil pollution and their role in assimilation processes leads to the following conclusions. Soil oil contamination at various doses, affecting almost all aspects of soil biocenosis functioning, significantly influences the content and composition of organic matter in the soil. The carbon content significantly increases even with a minimal amount of oil (0.7-0.6 L/m<sup>2</sup>). This substantial difference persists from the moment of soil contamination.

It has been established that the increase in carbon content in soils due to oil application exceeds the content of petroleum products determined analytically. Thus, a certain amount of transformation products of oil, not analytically identified as petroleum products, is formed in the soil during oil contamination. The activity of oil mineralization processes in the soil depends on the level of oil pollution. The most active reduction in petroleum product content occurs at high pollution levels. Oil contamination leads to an increase in the content of humic acids extracted from soil by polar solvents: alkaline, saline, and acidic extraction methods. At low oil doses, this increase is observed as a trend, while at higher doses (8.5-10.0 L/m<sup>2</sup> depending on the soil), it becomes significant and statistically reliable. The quantity of newly formed humic acids significantly differs depending on the soil type. In loamy sod-podzolic soil, it averages around 0.10-0.15% of the soil mass or 10-20% of the initial carbon content in the extract. In sandy soil,

the increase in humic acid content is even more pronounced – reaching 0.3-0.4% of the soil mass at the maximum oil dose, which constitutes 64-95% of the content from clean soil, depending on the extraction method.

The more active incorporation of oil hydrocarbons into humic acid molecules in sandy soil compared to sod-podzolic soil is presumably related to the higher content of aliphatic structures in the humus composition of sandy soil. These structures contain more reactive centers like C=C. The increase in humic acid content occurs disproportionately to the doses of applied oil. The absolute amount of oil hydrocarbons capable of interacting and being included in the structure of humic acids is relatively small and determined by the potential capacity of soil humic acids to accommodate hydrocarbons.

### **Declarations**

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### **Study Limitations**

There are no limitations that could affect the results of the study.

### **Acknowledgment**

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### **REFERENCES**

1. Yuldashev G., Khaydarov M. Energeticheskiy potentsial gumusa serozemov // Vestnik Namanganskogo gosudarstvennogo universiteta. Namangan. 2019. № 11. S. 62–67.
2. Martynova N.A. Khimiya pochv: organicheskoye veshchestvo pochv. Izd-vo IGU, 2011. 253 s.
3. Shevchenko G.A. Gumusnoye sostoyaniye chernozemov TSCHO / G.A. Shevchenko, A.P. Shcherbakov // Pochvovedeniye. — 2018. — № 8. — S. 50-56.
4. Kogut B.M. Transformatsiya gumusovogo sostoyaniya chernozemov pri ikh sel'skokhozyaystvennom ispol'zovanii / B.M. Kogut // Pochvovedeniye. — 2016. — № 7. — S. 794-802.
5. Nikitin S.N. Izmeneniye sodержaniya gumusa za rotatsiyu sevooborota pri ispol'zovanii udobreniy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T. 29. № 10. S. 13-15.
6. Kaminskiy V.F., Litvinov D.V., Sharonova N.L. Biologicheskoye krugovorot organicheskogo veshchestva i elementov pitaniya v korotkorotatsionnykh sevooborotakh // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. №3. S. 11–14.
7. Chuyan N.A., Chuyan O.G., Breskina G.M. Vliyaniye organicheskikh i mineral'nykh udobreniy na izmeneniye sodержaniya organicheskogo veshchestva chernozema tipichnogo // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T.29. №2. S. 8–10.

## ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЮ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСНЫХ ВЕЩЕСТВ

**Салманова Назиля<sup>1</sup>, Исмаилов Фархад<sup>2</sup>, Гусейнова Эльмира<sup>3</sup>, Ширалиева Улькяр<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Баку Азербайджан  
Email: nazilyasalmanova@gmail.com

<sup>2</sup>Магистр, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Баку Азербайджан  
Email: f0487474@gmail.com

<sup>3</sup>Ведущий научный сотрудник, Научно-Исследовательский Институт "Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия" Баку, Азербайджан. Email: elmira2167elmira@gmail.com

<sup>4</sup>Научный сотрудник, Научно-Исследовательский Институт "Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия" Баку, Азербайджан. Email: ushiralieva@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

Исследование оценивает эффект нефтяных загрязнений на гумусовые вещества почвы. Лабораторные эксперименты с разными концентрациями нефтепродуктов на различных типах почв показали, что даже небольшие количества нефти приводят к существенному ухудшению гумусовых веществ, изменяя их структуру и уменьшая содержание. Эти изменения могут нарушить почвенные свойства, понижая плодородие, структуру и способность удерживать влагу, а также снижая активность микроорганизмов. Понимание этого влияния важно для разработки стратегий восстановления загрязненных почв и поддержания экосистемы.

**Ключевые слова:** гумус, кислотность, нефтезагрязнение, фитотестирование, содержание углерода, минерализация нефти, токсичность почвы

## TOPRAĞIN NEFTLƏ TƏMİZLƏNMƏSİNİN HUMUS MADDƏLƏRİNİN TƏRKİBİNƏ TƏSİRİ

**Salmanova Nazilə<sup>1</sup>, İsmayilov Fərhad<sup>2</sup>, Hüseynova Elmira<sup>3</sup>, Şirəliyeva Ülkər<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Dosent, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı Azərbaycan, Email: nazilyasalmanova@gmail.com

<sup>2</sup>Magistr, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı Azərbaycan, Email: f0487474@gmail.com

<sup>3</sup>Aparıcı elmi işçi, "Neft, qaz və kimyanın geotexnoloji problemləri" Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Bakı Azərbaycan. Email: elmira2167elmira@gmail.com

<sup>4</sup>Elmi işçi, "Neft, qaz və kimyanın geotexnoloji problemləri" Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Bakı Azərbaycan Email: ushiralieva@gmail.com

### XÜLASƏ

Araşdırma torpaq gümüş maddələrinə neft kirlənməsinin təsirini qiymətləndirir. Fərqli torpaq növləri üzərində müxtəlif neft məhsullarının konsentrasiyaları ilə aparılan laboratoriya təcrübələri göstərdi ki, hətta neftin kiçik miqdarları dənizdəki gümüş maddələrini ciddi şəkildə zərərə uğrada bilər, onların strukturunu dəyişdirərək və məzmununu azaldaraq. Bu dəyişikliklər torpaq xüsusiyyətlərini pozara bilər, məsələn, məhsuldarlığı, strukturu, su tutma qabiliyyətini azaldaraq



və mikrobioloji fəaliyyəti azaltaraq. Bu təsirin anlaşılması kirlənmiş torpaqların bərpa edilməsi və ekosistemlərin qorunması üçün strategiyaların hazırlanmasında əhəmiyyətlidir.

**Acar sözlər:** Humus, asidlik, neft tənəzzülü, fitotestləmə, karbon məzmunu, neft mineralizasiyası, torpaqın toksikliyi.

#### Publication history

Article received: 17.01.2024

Article accepted: 07.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-138



## İDARƏ OLUNAN ROTOR SİSTEMLƏRİ (İRS) TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQ PERSPEKTİVLƏRİ

Məhəmməd Şirinov<sup>1</sup>, Zəhra Əzizova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Baş müəllim, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. E-mail: shirinov46@mail.ru

<sup>2</sup>Magistr, Qaz-Neft-Mədən fakültəsi, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

E-mail: azizovazehra.7@gmail.com

### XÜLASƏ

Neft sənayesinin prosesində ənənəvi istehsalat üsulları üçün əlçatmaz olan ağır karbohidrogenlərin istismarında müasir texnoloji həllərin tətbiqinə ehtiyac yaranır. Bu texnologiyalardan biri maili və üfüqi quyuların qazılmasıdır ki, bu da qazma prosesində yeni problemlərin yaranmasına səbəb olur.

Bildiyimiz kimi maili və üfüqi qazımda, quyu lüləsi əyrilik bucağının dəyişdirilməsi, quyu lüləsinin süxur hissəciklərindən təmizlənməsinin yaxşılaşdırılması, alətin tutulma risklərinin azaldılması, maili və üfüqi qazıma zamanı müqavimətin aradan qaldırılması və s. əsas problemlərdəndir. Müasir qazımda bu texnoloji problemlərin aradan qaldırılması üçün əsas yollardan biri - idarə olunan rotor sistemlərindən (İRS) istifadədir. Hal-hazırda maili və üfüqi qazımda ən geniş istifadə olunan üsullardan biri quyudibi mühərriklə qazımadır. Lakin bu texnologiyadan maili və üfüqi qazıma üçün istifadə edərkən, istənilən əyrilik bucağının dəqiqliklə əldə olunmaması, qazıma sürətinin aşağı olması, alətin tutulma riski və s. kimi bir sıra çatışmazlıqlar yaranır. Bu onunla əlaqədardır ki, quyunun üfüqi hissələrini qazarkən müqavimət qüvvələri artıb elə qiymətlərə çata bilər ki, bu zaman baltaya verilən oxboyu yük qazıma kəmərinin quyu lüləsinin divarında sürtünmədən ilişməsinə aradan qaldırmaq üçün kifayət etmir ki, bu da quyunun qazılması prosesini xeyli çətinləşdirir.

Qazıma prosesində quyudibi mühərrikə alternativ müasir, 1990-cı illərin sonlarında yaradılmış idarə olunan rotor sistemləri (İRS) texnologiyasıdır. IRS-in ən mühüm xüsusiyyəti və buna uyğun olaraq əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bu texnologiya bütün qazıma alətinin fasiləsiz fırlanması ilə yanaşı, istiqamətli qazma prosesini tam dəqiqliklə təmin edir, bununla da quyunun təmizlənməsi şəraitini və keyfiyyətini yaxşılaşdırır, boruların yapışmasının və spiral şəkildə bükülməsinin qarşısını alır və qazma sürətinin optimallaşdırılmasını, vaxta və xərclərə qənaət etmək üçün lazımı yükün baltaya ötürülməsini təmin edir. Bundan əlavə, İRS qazma mühərrikləri ilə müqayisədə burulma və yan yüklərin, həmçinin sürüşmə hadisələrini azaldır. Lakin IRS-in effektiv tətbiqi üçün layihə mərhələsində bir sıra texniki və texnoloji aspektlərə diqqət yetirmək lazım gəlir.

**Açar sözlər:** maili və üfüqi quyular, irs texnologiyası, idarə bloku, hibridli irs, vintli quyudibi mühərrik.

**Giriş:** Maili və üfüqi quyuların qazılması məsələləri müxtəlif ölkələrin tədqiqatçıları tərəfindən öyrənilir və bununla əlaqədar müxtəlif növ qazıma avadanlıqları istifadə olunur. Hazırda maili-istiqamətli quyuların tikintisinin müasir tendensiyalarından biri üfüqi quyuların və şaquli istiqamətdən böyük inhirafli quyuların qazılmasıdır. Üfüqi quyuların qazılması neft və qaz hasilatının intensivləşdirilməsinin perspektivli üsullarından biridir. Məqalədə İRS texnologiyasının üstünlükləri və çatışmazlıqları, onun modifikasiyaları, təsnifatı verilir, həmçinin





idarə olunan rotor sistemlərinin və ən çox istifadə edilən qazma mühərriklərinin iş fərqləri də müzakirə edilir.

İRS-in üstünlükləri:

- Mexaniki qazma sürətinin artması və müvafiq olaraq quyunun qazılması müddətinin azalması.
- Quyunun təmizlənməsinin yaxşılaşdırılması, endirmə və qaldırma əməliyyatlarından əvvəl yuyulma vaxtının azaldılması;
- Dinamik təzyiq artımlarının azalması, süxurların hidravlik qırılma ehtimalının azalması;
- Quyu lüləsinin keyfiyyətinin minimal mikro ayrılıqla yaxşılaşdırılması, qazma baltasının kəsici səthinin daimi monitorinqi nəticəsində spiral istehsalının olmaması, bu da qazmanın müvəffəqiyyətlə tamamlanmağa imkan verir;

İRS-in çatışmazlıqları:

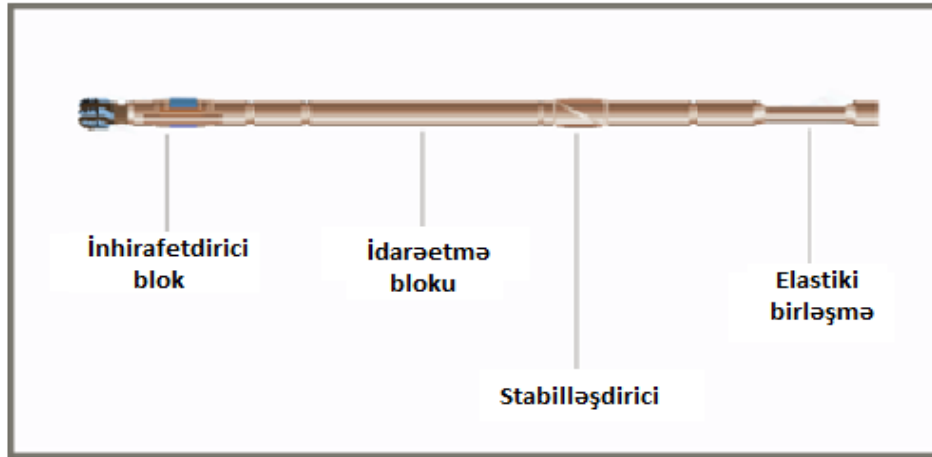
- Yüksək qiymət
- Vibrasiya yüklərinə qarşı həssaslıq;
- Güclü və etibarlı nasoslardan istifadə ehtiyacı;

Hal-hazırda idarə olunan rotor sistemləri tərəfindən baltanın qazma prosesində istiqamətini idarə etmək üçün üç fərqli sistemdən istifadə olunur: push-the bit; point-the bit və hibrid tipli IRS.

İdarə olunan rotor sistem - quyu lüləsinin şaquldan çox böyük inhirafli maili istiqamətlənmiş, üfüqi və çoxlüləli quyuların dəqiq qazılması və qeyri-ənənəvi ehtiyata malik mürəkkəb layların açılması, həmçinin çətin geoloji şəraitdə kontinental şelflərdə qazıma üçün nəzərdə tutulmuş qazma avadanlığıdır.

İdarə olunan rotor sistemi aşağıdakı elementlərdən ibarətdir (şək.1):

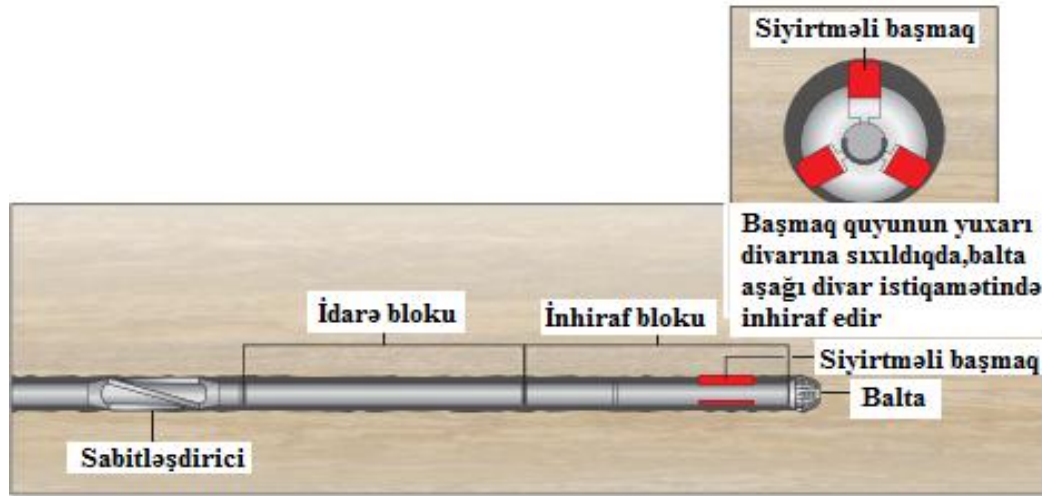
- çevik birləşmələr,
- stabilləşdirici ünsür,
- idarəetmə bloku,
- inhirafetdirici blok.



**Şəkil 1:** İdarə olunan rotor sisteminin elementləri

- Baltanın quyu divarına sıxılması ("push-the-bit") - (şək.2) idarə olunan rotor sistemin istədiyiniz istiqamətə istiqamətləndirilməsi idarə olunan rotor sistemin xüsusi geri çəkilə bilən başmaqların (qanadları) quyu divarına sıxılması ilə həyata keçirilir;

Bu tip sistem fırlanmayan əsas blokdan, qazma prosesinə nəzarət blokundan və qazma zamanı ölçmə (MWD) telesistem modulundan ibarətdir. Əsas bölməyə navigasiya sensorları, paylayıcı klapın və bələdçi qanadları daxildir. Qazma üçün idarəetmə bloku prosesə quyru kompüterini və turbin generatoru və ya litium batareyaları daxildir. Qazma zamanı quyru kompüterini ona yüklənmiş layihə məlumatlarını MWD modulundan gələn qiymətlərlə yoxlayır. Bu növ İRS-də 3 ədəd qazıma məhlul ilə hərəkətə gətirilən irəli çəkilən başmaqlı, və balta yaxınlığında inhirafetdirici yan gücü yaratmaq üçün yaxınlığında inhirafetdirici blok istifadə olunur. Süxura yan təzyiqliq yaratmaq üçün fırlanan gövdədən siyirtməli başmaq dinamiki çıxır və bu öz növbəsində qazıma istiqamətinin dəyişməsinə səbəb olur



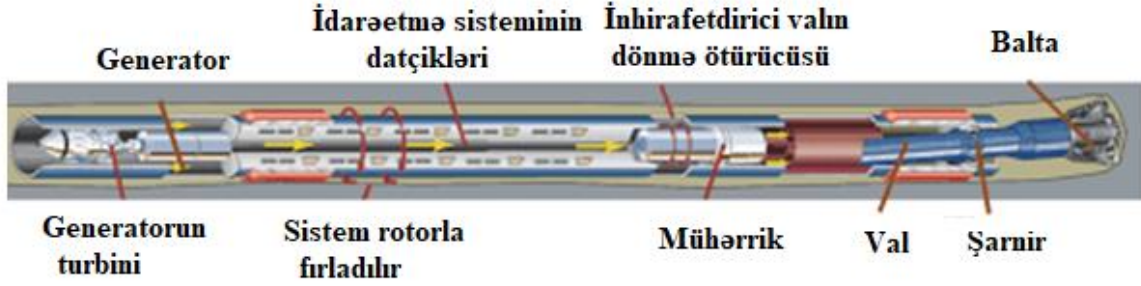
**Şəkil 2.** Baltanın quyru divarına sıxılması ("push-the-bit")

- baltanın istiqamətləndirilməsi ("point-the-bit") – (şək.3) alətin oxunu quyrunun cari oxundan inhiraf etdirmək və qazma istiqamətini dəyişmək üçün daxili əyilmədən istifadə olunur; belə bir sistemdə əyilmə nöqtəsi ağırlaşdırılmış qazıma borusunun içərisində qazıma baltasının üstündə yerləşir; İdarə olunan balta istiqamətini quyrunun dibinə nisbətən qazma aləti oxunun bucağını dəyişdirərək quyrunun trayektoriyasını dəyişir.

Aləti idarə edən və düzgün balta oriyentasiyasını saxlamaq üçün eksentrik daxili valın vəziyyətini avtomatik düzəldən kompüter tərəfindən daima nəzarət edilir.

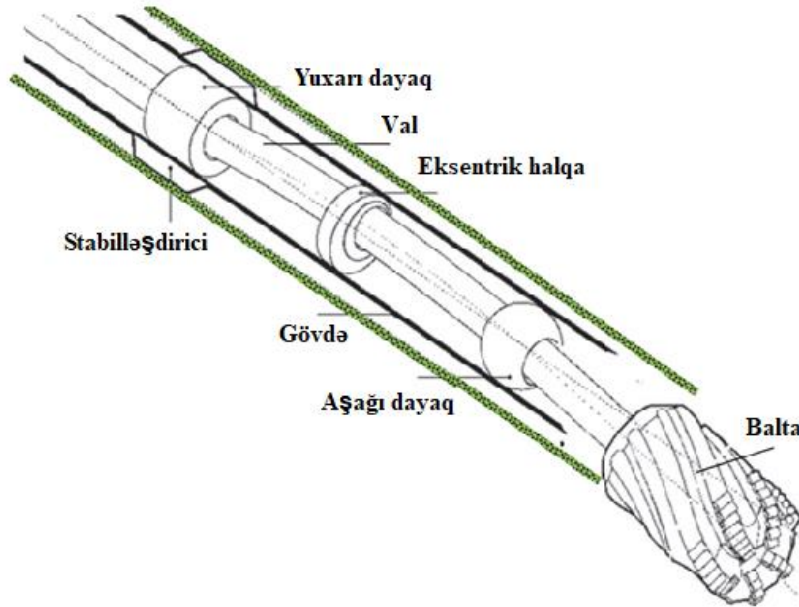
Baltanın istiqamətini dəyişdirmək üçün daxili qolun fırlanması litium batareyası və ya bir turbin generatoru ilə təchiz edilmiş ultra yüksək fırlanma anı olan bir DC mühərriki tərəfindən həyata keçirilir.

İlk RSS texnologiyası Baker Huger şirkəti tərəfindən 1996-cı ildə yaradılmış "AutoTrak Baker Hughes INTEQ" modelidir. Daha sonra 1998-ci ildə Schlumberger "PowerDrive" modeli sektora daxil olmuşdur. Belə ki hər iki sistemin də işləmə mexanizmi "Push the bit" dir.



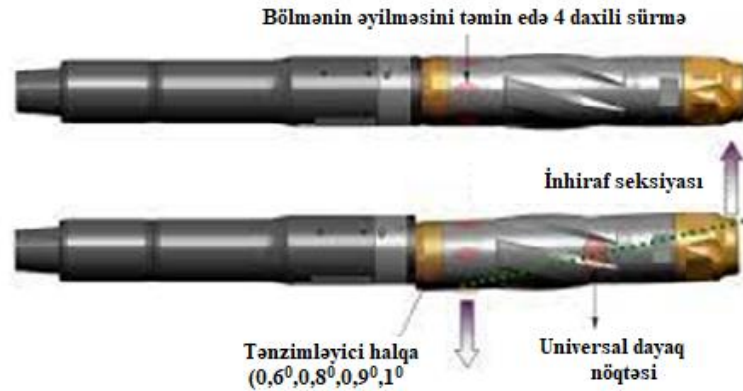
Şəkil 3. Baltanın istiqamətləndirilməsi ("point-the-bit")

2000-ci illərdən artıq Halliburton "GeoPilot" IRS modelidə (şəkil 4) istifadə olunmağa başlamışdır. Bu sistemin işləmə mexanizmi digərlərindən fərqli olaraq "Point the bit" dir.



Şəkil 4: GeoPilot

Hibridli İRS- (Power Drive Archer) (şəkil 5) bucağın yüksək sürətlə artmasını təmin edən idarə olunan rotor sistemi sahəsində son nailiyyətlərdən biri, özündə baltanın istiqamətləndirmə və baltanı inhiraf etdirmə sistemlərinin xarakteristikalarını birləşdirən hibridli sistemdir. Bu hibridli sistem özündə sürməli başmaq və inhirafı idarə edən val yerləşdirir; quyuda, daxili mühitdən qorumaq üçün bütün bu detallar AQB-nun daxilində yerləşdirilir. Bu sistem fəzada quyuyu mövqeyinin bucaqlarını avtomatik saxlamağa imkan verir. Sistem tərəfindən ayrılıq intensivliyi quyunun 406,4 ilə 660,4 mm arasında dəyişə bilən diametrindən asılı olaraq 0,1 - 0,3 dərəcə/m təşkil edir.



**Şəkil 5:** Hibridli idarə olunan rotor sistemi (Power Drive Archer)  
Aşağıdakı cədvəldə idarə olunan sistemlərin müqayisəsi verilmişdir.  
İRS-lərinin müqayisəsi.

**Cədvəl 1:** İRS-lərinin müqayisəsi.

Эксплуатационные характеристики	«PowerDrive» компания «Schlumberger»	«AutoTrak» компания «Baker Hughes»	«Revolution» компания «Weatherford»	«Suresteer» компания «APS technology»	«Wellguide» RSS компания «Gyrodata»	«DART» компания «Андергейдж»
Диаметр ствола, мм	393-711	215,9-250	146-470	152,4/171	393-711	149,2-171,5
Тип бурового раствора	PBO/ПУО	PBO/ПУО	PBO/ПУО	PBO/ПУО	PBO/ПУО	PBO/ПУО
Максимальная рабочая температура, °C	150/190	150	149	150	150	150
Максимальное давление на забое, МПа	137/206	137,9	137,9	137,9	138	137
Максимальная пространственная интенсивность, °/30 м	3	3	5-10	6,5	3-12,5	3
Максимальная скорость вращения, об/мин	220	400	300	200	250	220
Максимальный крутящий момент на долоте, Н*м	24400	21000	27115-86770	15000	12202-57862	-
Максимальная нагрузка на долото, кг	22600	-	11340-40823	-	-	-
Диапазон расхода, л/с	19 - 126	19 - 126	22-113	68– 272,5	68 – 272,5	18,9 - 25

Max DLS	18	12	10	16	10	12
---------	----	----	----	----	----	----

İRS-in effektivliyi aşağıdakı hallarla müəyyən edilir:

- şlamların çıxarılması yaxşılaşdırılır, çünki İRS daralmış quyu lüləsi intervalları yaratmır;
- qazıma sürəti artır, çünki şlamların effektiv çıxarılması onun çökməsinin qarşısını alır, bu da süxurların dağıdılması prosesinə müsbət təsir göstərir;
- qazma sürəti və üfüqi quyu lüləsinin uzunluğu bütün kəmərin fırlanması ilə əlaqədar olaraq kəmərlə quyu divarı arasında sürtünmə qüvvəsini azaltmaqla artırılır;

Schlumberger şirkətinin məlumatlarına əsaslanaraq İRS ilə VQM arasındakı müqayisə aşağıda verilir. Schlumbergerin geologiya və yataqların işlənməsi şöbəsinin mütəxəssisləri Verxnechonskoye eft, qaz və kondensat yatağı üçün aşağıdakı məlumatları təqdim edirlər: dörd quyuda İRS-dən istifadə etməklə qazımanın orta mexaniki sürəti 16 m/saat (rekord – 21,85 m/saat) təşkil etmişdir ki, bu da quyudibi mühərriklərdən (VQM) istifadə zamanı ilə müqayisədə iki dəfə yüksəkdir. Bu, üfüqi hissələrin qazma dövrünü üç gün - 3,62 günə qədər azaltmağa imkan verdi. Başqa sözlə, İRS-dən istifadə etməklə 100 m qazma üçün iki dəfə az - 1,39 gün əvəzinə 0,65 gün tələb olunur.

Üfüqi hissənin effektiv uzunluğuna gəldikdə, burada İRS-in üstünlüyü də qeyd olunur, İRS-dən istifadə quyunun daha səmərəli qazılmasına və layın ən məhsuldar zonalarına yerləşdirilməsinə imkan verdi. Eyni zamanda üfüqi hissənin effektiv uzunluğu 70%-ə qədər artıb, VQM-lə qazılan quyularda isə bu göstərici cəmi 30%-dir. Nəticədə quyuların hasilatı iki dəfə artdı - sutkada 200-250 tona qədər

### Nəticə.

Beləliklə, biz idarə olunan rotor sistemlərin texnologiyasını, onun təsnifatını və modifikasiyalarını nəzərdən keçirdik. Dünyada bu texnologiyanın istismarı ilə bağlı təqdim olunan məlumatlara əsaslanaraq, maili istiqamətli quyuların və quyuların üfüqi hissələrinin qazılması üçün geniş istifadə edildiyi qənaətinə gələ bilərik.

İdarə olunan rotor sistemlərin praktiki tətbiqinin təhlilinin nəticələrinə görə qazma mühərrikləri ilə müqayisədə onların neft və qaz quyularının tikintisi üçün tətbiqinin aşağıdakı müsbət cəhətləri müəyyən edilmişdir:

- Qazıma kəmərinin endirilməsinin sonradan asanlaşdırılması ilə qazılma quyunun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması;
- Qazma vaxtının azaldılması;
- quyunun debitini artırmağa imkan verən layda quyu lüləsinin yerləşdirilməsinin yaxşılaşdırılması;
- Şaquli istiqamətdən böyük inhirafli quyuların qazılması və uzun üfüqi intervalların qurulması imkanı.

Nəzərə alsaq ki, gələcək üçün yan lülə quyuların sayı artacaq, əminliklə deyə bilərik ki, İRS texnologiyalarının inkişafı və tətbiqi də genişləyəcəkdir.

### Bəyannamələr

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

### Təhsil Məhdudiyyətləri

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

## Тəşəkkürlər

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Salavatov T.Sh., Shirinov M.M., Samadov V.N, Maili va ufuqi quyuların qazılması texnika va texnologiyası: darslik - Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin matbaası. 2017 – 357s
2. Khasanov R.A. Rotornyye upravlyayemye sistemy. Preimushchestva i nedostatki: materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii aspirantov i molodykh uchenykh №55, 2004.
3. Akbulatov T. O. Rotornyye upravlyayemye sistemy: uchebnoye posobiye / T. O. Akbulatov, R. A. Khasanov, L. M. Levinson — Ufa: UGNTU, 2006.
4. Schaaf, S. Mallary, C. R. and Pafitis, D., “Point-the-Bit Rotary Steerable System: Theory and Field Results”, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, Texas, U.S.A., 2000, doi:10.2118/63247-MS.
5. S., Cox, J., Blackwell, D., Slayden, W., Naganathan, S.: “High-Dogleg Rotary Steerable Systems: A Step Change in Drilling Process”. SPE 124498, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, Louisiana, USA, 4-7 October, 200

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЯЕМЫХ РОТОРНЫХ СИСТЕМ(РУС)

### Магомед Ширинов<sup>1</sup>, Захра Азизова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Старший преподаватель, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности. E-mail: shirinov46@mail.ru

<sup>2</sup>Владелец, Факультет газа, нефти и горного дела, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности. E-mail : azizovazehra.7@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

В процессе нефтяной промышленности возникает необходимость применения современных технологических решений в эксплуатации тяжелых углеводородов, недоступных для традиционных методов производства. Одна из этих технологий - бурение наклонных и горизонтальных скважин, что приводит к возникновению новых проблем в процессе бурения.

Как известно, это основные проблемы при добыче жилья и горизонта, в том числе изменение угла разложения скважины, улучшение очистки скважины от водородных частиц, снижение рисков затмения инструмента, устранение сопротивления при наклонной и горизонтальной добыче и др. Одним из основных способов устранения этих



технологических проблем в современном бурении является использование роторных управляемых систем (РУС). В настоящее время одним из наиболее распространенных методов наклонного и горизонтального бурения является бурение забойным двигателем. Однако при использовании данной технологии для наклонного и горизонтального бурения невозможно точно достичь желаемого угла кривизны, низкая скорость бурения, существует риск зацепления инструмента и т. д. возникает ряд недостатков. Это связано с тем, что при бурении горизонтальных частей скважины силы сопротивления могут увеличиваться и достигать таких значений, что придаваемой топору осевой нагрузки оказывается недостаточно для устранения фрикционного прилипания буровой ленты к стене. ствола скважины, что значительно усложняет процесс бурения скважин.

Альтернативой забойному двигателю в процессе бурения является современная технология управляемых роторных систем (IRS), разработанная в конце 1990-х годов. Важнейшей особенностью ИРС и, соответственно, основным преимуществом является то, что данная технология обеспечивает полную точность наклонно-направленного бурения наряду с непрерывным вращением всего бурового инструмента, тем самым улучшая условия и качество очистки скважины, предотвращая прихват и спиралеобразование труб. и обеспечивает оптимизацию скорости бурения, передачу необходимой нагрузки на топор для экономии времени и затрат. Кроме того, IRS снижает крутящие и поперечные нагрузки, а также явления скольжения по сравнению с буровыми двигателями. Однако для эффективного применения ИРС необходимо на стадии проекта обратить внимание на ряд технических и технологических аспектов.

**Ключевые слова:** Наклонные и горизонтальные скважины, технология РУС, Устройство управления, Гибридная РУС, Винтовой забойный двигатель

## PROSPECTS FOR THE USE OF CONTROLLED ROTOR SYSTEMS (RCS) TECHNOLOGIES

**Mohammad Shirinov<sup>1</sup>, Zahra Azizova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Senior Lecturer, Azerbaijan State University of Oil and Industry. E-mail: shirinov46@mail.ru

<sup>2</sup>Master, Faculty of Gas, Oil and Mining, Azerbaijan State University of Oil and Industry.  
E-mail: azizovazehra.7@gmail.com

### ABSTRACT

In the process of the oil industry, it becomes necessary to use modern technological solutions in the operation of heavy hydrocarbons that are not available for traditional production methods. One of these technologies is the drilling of domestic and horizontal wells, which leads to new problems during the drilling process.

As you know, these are the main problems in the production of housing and the horizon, including changing the angle of decomposition of the well, improving the cleaning of the well from hydrogen particles, reducing the risks of overshadowing the tool, eliminating resistance during domestic and horizontal production, etc. One of the main ways to eliminate these technological problems in modern drilling is the use of controlled rotary systems (RCS). Currently, one of the



most widely used methods in inclined and horizontal drilling is drilling with a downhole motor. However, when using this technology for inclined and horizontal drilling, the desired angle of curvature cannot be achieved accurately, the drilling speed is low, the risk of the tool catching, etc. a number of shortcomings arise. This is due to the fact that when drilling the horizontal parts of the well, the resistance forces can increase and reach such values that the axial load given to the ax is not enough to remove the frictional sticking of the drilling belt on the wall of the well barrel, which greatly complicates the well drilling process.

An alternative to the downhole motor in the drilling process is modern guided rotor systems (IRS) technology, developed in the late 1990s. The most important feature of IRS and, accordingly, the main advantage is that this technology provides full precision directional drilling, along with continuous rotation of the entire drilling tool, thereby improving the conditions and quality of well cleaning, preventing pipe sticking and spiraling. receives and ensures the optimization of the drilling speed, the transfer of the necessary load to the ax to save time and costs. In addition, IRS reduces torsional and lateral loads, as well as sliding phenomena compared to drilling motors. However, for the effective application of IRS, it is necessary to pay attention to a number of technical and technological aspects at the project stage.

**Keywords:** inclined and horizontal wells, control device, rcs elements, hybrid rcs, downhole motor.

#### Publication history

Article received: 18.01.2024

Article accepted: 07.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-145



## RHEOLOGICAL FEATURES OF LIQUID IN MICROCRACKED CHANNELS WITH THE “MICROCRACK-LIQUID” EFFECT DISPLAYED

Maleyka Mammadova<sup>1</sup>, Elshan Aliev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor, Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku. E-mail: mamedova-1944@mail.ru

<sup>2</sup>Laboratory director ten, docent, "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry" ETI.

E-mail: elsan67@mail.ru

### ABSTRACT

Based on experimental and theoretical studies in plane-radial and plane-parallel microcracks, a previously unknown pattern called “microcrack-liquid” effect was established for the first time, that when viscous liquids move in a microcrack at  $h < h_{cr}$ , anomalous properties appear, and when anomalous liquids move, rheological parameters increase, at  $h > h_{cr}$  these effects disappear.

It was revealed that the reason for the manifestation of anomalous properties of Newtonian liquids and the enhancement of the rheological properties of non-Newtonian systems when they move in microcapillary cracks is the new microcrack effect of the “microcrack-liquid” system.

The established critical values of crack opening for the studied viscous oils are 160  $\mu\text{m}$  at a temperature of 303 K

The results of experimental studies of the movement of viscous oil in a plane-parallel microcrack are summarized and the crack openings and rheological parameters of Newtonian fluids are determined. For Newtonian fluids flowing in a plane-parallel crack at a temperature of 303 K, empirical dimensionless relations for the dependences were obtained  $\tau_{0h} / \tau_{0\text{max}} = f(h / h_{kp})$ ,

$$\mu_h / \mu_{kp} = f(h / h_{kp}).$$

The dependence graph  $\tau_{0h} / \tau_{0kp} = f(h / h_{kp})$  и  $\mu_h / \mu_{kp} = f(h / h_{kp})$  consists of two straight lines, the first straight line is characteristic of the opening value with the size  $0 < h / h_{kp} < 1$  where all the liquids have changed their mechanical behavior. At the same time, viscous liquids became abnormal in their properties. The second straight line is typical for crack opening values with dimensions, while viscous fluids restore their mechanical behavior, i.e. the second straight line is not a continuation of the first straight line, since these straight lines characterize different behavior of the liquid.

To implement the process of developing fractured deposits, it is recommended to take into account the identified microcrack effect in the “microcrack-liquid” system.

Changes in the mechanical properties of liquids when moving in channels whose dimensions are  $h \leq h_{kp}$  and their restoration when moving in channels whose dimensions are  $h > h_{kp}$  represent the “microcrack-liquid” effect.  $h > h_{kp}$ . This is achieved by using strong physical fields. Consequently, to activate moving and quiescent liquids in microcracks, it is necessary that the channel sizes change from the state  $h \leq h_{kp}$  to the state  $h > h_{kp}$ .

**Keywords:** microcrack opening, non-Newtonian fluids, ultimate shear stress, structural viscosity, microcrack-liquid effect.

## Introduction.

For the first time, based on experimental and theoretical studies in plane-radial and plane-parallel microcracks, a previously unknown pattern called “microcrack-liquid” has been established, the effect that when viscous fluids move in a crack at  $h < h_{cr}$ , anomalous properties appear, and when anomalous fluids move, rheological parameters increase, at  $h > h_{cr}$  these effects disappear [3-6, etc.].

According to the microfracture-liquid effect, 70% of the geological reserve is in microfracture channels and low-permeability porous media. Therefore, to attract the influx of this oil to the bottom of the wells, it is necessary to develop an event that will bring the field from the  $h \leq h_{cr}$  state to the  $h > h_{cr}$  state and ensure an increase in production. The found “microcrack - liquid” effect will be considered in oil production practice to increase the oil recovery factor when displacing oil from fractured formations.

Works [1, 2, etc.] are devoted to studying the features of the movement of a viscous fluid in cracks. However, the manifestation of anomalous hydrodynamic behavior of liquids in a microcrack has not yet been sufficiently studied. There are different opinions about the manifestation of anomalous hydrodynamic behavior of liquids when moving in a microcrack.

A review of scientific publications obtained based on experimental and theoretical work by domestic and foreign research indicates discrepancies about the reasons for the manifestation of anomalous properties of Newtonian liquids and the enhancement of the rheological properties of non-Newtonian systems when they move in microcapillary cracks. For this reason, the “liquid-fracture” effect found in our research is not considered in oil production practice when extracting oil from such formations [3-6, etc.]. This effect determines the consideration of the noted phenomena when making decisions on regulating the operating modes of production facilities in order to enhance the flow of fluid from the formation into the well.

Based on the results of experimental studies of water, viscous and non-Newtonian oils in microcracks, a new effect was identified, the critical opening of a microcrack  $h_{cr}$ , the so-called “microcrack-liquid” effect, without which it is impossible to carry out technological calculations for various processes in industry, medicine, etc. [3- 6, etc.].

For rational development of oil fields with fractured reservoirs, information about the rheological parameters of the moving fluid is necessary. Based on this, an attempt was made to generalize the results of experiments on studying the movement of Newtonian fluids in microcrack channels, as it was shown that under conditions of a noticeable manifestation of the “microcrack-liquid” effect, the structural and mechanical properties of the liquid depend on the opening of the cracks.

The purpose of the work is to study the “microcrack-liquid” effect during the movement of liquids in cracks with micron openings and to generalize the experimental results for determining the opening of cracks and the rheological parameters of viscous liquids.

Below are the results of determining the crack opening and rheological parameters of Newtonian fluids when moving in plane-parallel cracks with micron opening. A generalization has been made of the results of experimental studies of the movement of viscous liquids in plane-parallel plane-radial microcracks [3-6].

## Experimental results, their processing and generalization.

Experimental studies were carried out on a setup with plane-parallel cracks with different openings  $h$  [3-6].

This article presents the results of determining the critical crack opening and rheological parameters of Newtonian fluids when they move in a plane-parallel crack. A generalization has been made of the results of experimental studies of the movement of viscous oil in a plane-parallel microcrack [6].

It has been established that when a viscous one-parameter fluid moves in channels with an opening less than critical  $h < h_{cr}$ , the viscous fluid behaves as anomalous, i.e. becomes two-parameter, and when moving in channels  $h > h_{cr}$ , the liquid becomes one-parameter. For anomalous liquids in channels  $h < h_{cr}$ , the rheological parameters of the liquid are enhanced, and in channels  $h > h_{cr}$  they remain unchanged. The scientific significance is as follows: a new unknown direction has been established in the field of mechanics—the mechanics of liquid, gas and plasma in channels with micron openings.

The constructed dependences of the average velocity gradient  $\square\square$  on the average tangential shear stress  $\square\square$  for various values of crack opening during the movement of viscous oils in plane-parallel microcracks showed that when viscous oils move in a plane-parallel microcrack, non-Newtonian properties appear, which weaken as the crack opening increases.

In Fig. 1 and 2, respectively, show the dependences  $\square_0h$  of the ultimate shear stress and  $\square h$  of structural viscosity on the opening value. As can be seen from these figures, when viscous oil moves in a plane-parallel fracture, with increasing opening, the ultimate shear stress and structural viscosity of the oil decrease to a certain value of the crack opening.

When viscous oils with a viscosity of 103 and 117 Pa s, respectively, move in a plane-parallel crack with an opening value of 160  $\mu\text{m}$  at a temperature of 303 K, the ultimate shear stress is zero, and the viscosity remains constant [6]

A generalization has been made of the results of experimental studies of the movement of viscous liquids in a plane-parallel microcrack [6].

Figures 3 and 4 show the results of changes in the dimensionless quantities  $\tau_{0h}/\tau_{0max}$  and  $\mu_h/\mu_{cr}$  depending on the ratio of crack opening to the critical value  $- h/h_{cr}$  at a temperature of 303 K. As can be seen from these figures, the graphical dependences are a straight line.

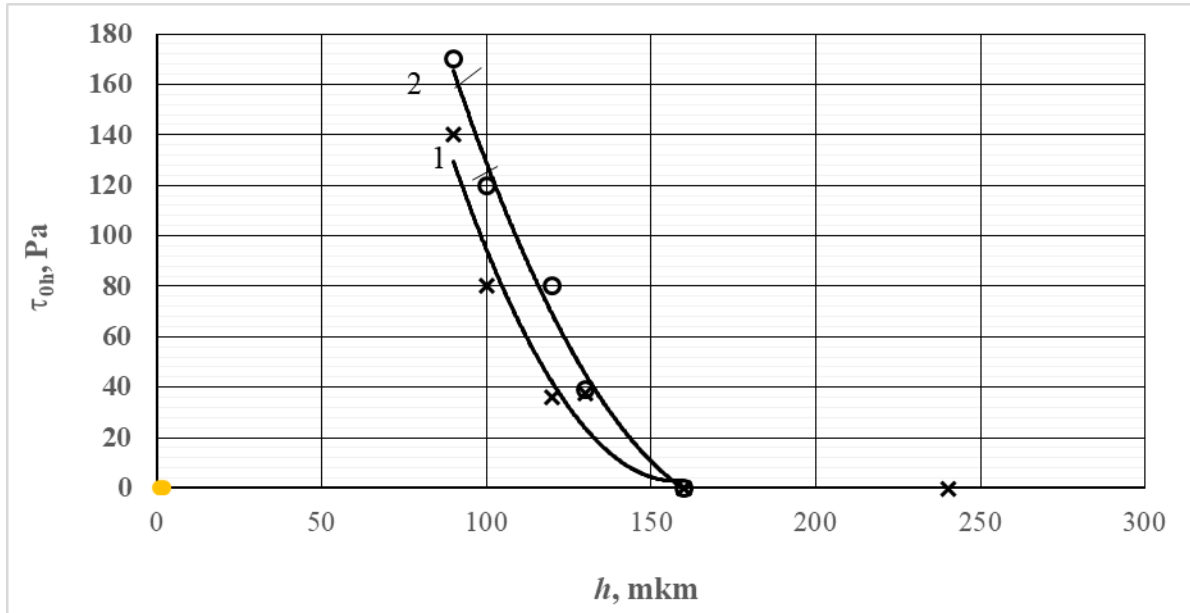
The following dependencies were obtained for these straight lines at  $(0 \leq h/h_{cr} \leq 1)$ :

$$\tau_{0h}/\tau_{max} = -2,1485h/h_{cr} + 2,0617 \quad (1)$$

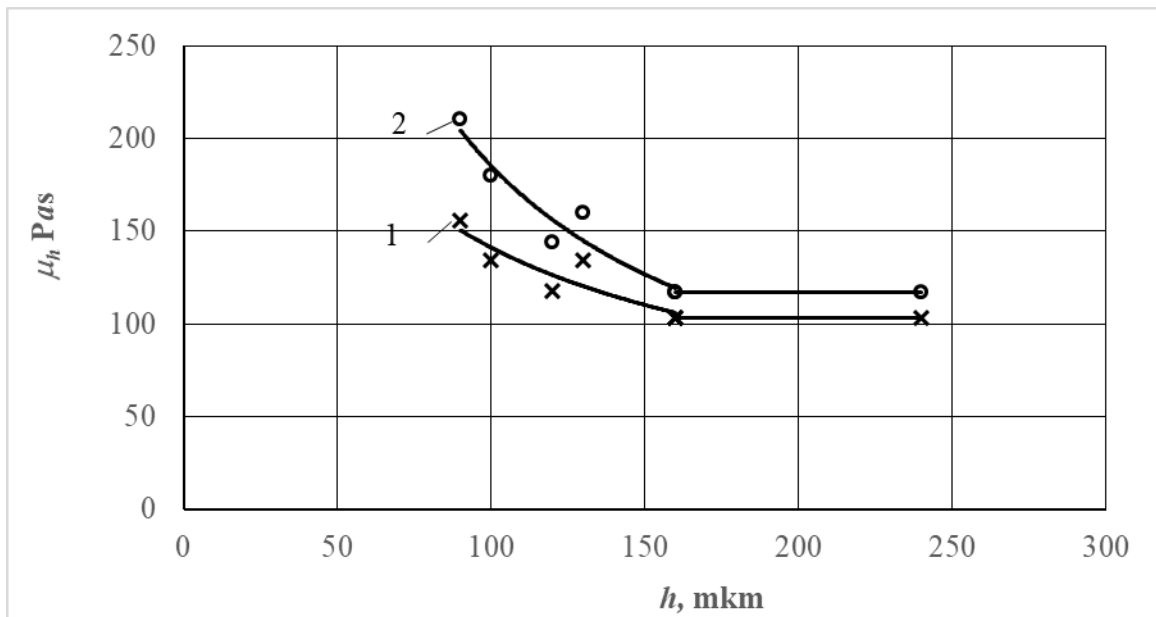
$$\mu_h/\mu_{cr} = -1,1986h/h_{cr} + 2,1907 \quad (2)$$

-dependence of the ratio of the ultimate shear stress to the maximum value  $(\tau_{0h}/\tau_{0max})$  on the ratio of the opening to the critical value  $(h/h_{cr})$ ;

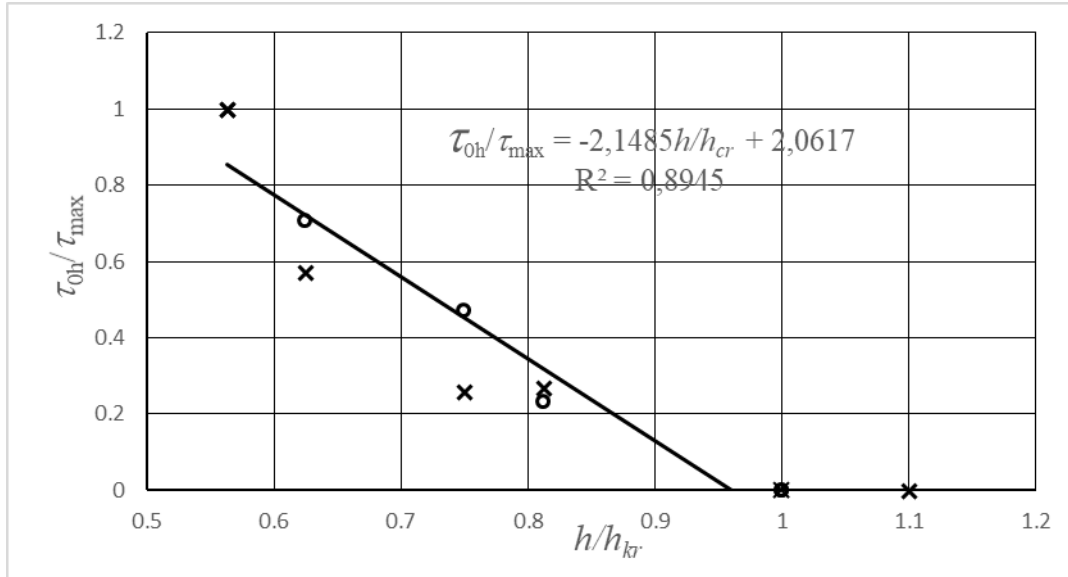
-dependence of the ratio of structural viscosity to the critical value  $(\mu_h/\mu_{cr})$  on the ratio of opening to the critical value  $(h/h_{cr})$ .



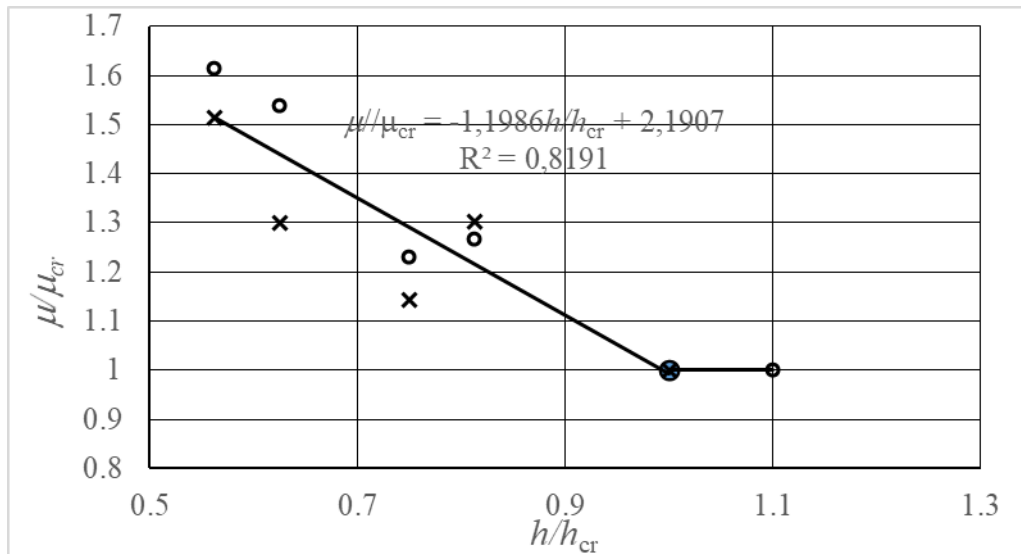
**Figure 1:** Dependence of  $\tau_{0h}$  on  $h$  during the movement of viscous oil in plane-parallel cracks at  $T = 303$  K: In the first well (curve 1) and in the second well (curve 2)



**Figure 2:** Dependence of  $\mu_h$  on  $h$  during the movement of viscous oil in plane-parallel cracks at  $T=303$  K: In the first well (curve 1) and in the second well (curve 2)



**Figure 3:** Dependence of  $\tau_{0h}/\tau_{0max}$  on  $h/h_{cr}$  during the movement of viscous oil in plane-parallel cracks at T = 303 K: In the first well (curve 1) and in the second well (curve 2)



**Figure 4:** Dependence of  $\mu_h/\mu_{cr}$  on  $h/h_{cr}$  during the movement of viscous oil in plane-parallel cracks at T = 303 K: In the first well (curve 1) and in the second well (curve 2)

From graphs 3 and 4 it is clear that the dependence  $\tau_{0h}/\tau_{0cr}=f(h/h_{cr})$  and  $\mu_h/\mu_{cr}=f(h/h_{cr})$  consists of two straight lines, the first straight line is characteristic of the opening value with size  $0 < h/h_{cr} < 1$  where all fluids have changed their mechanical behavior.

At the same time, viscous liquids acquired anomalous properties. The second straight line is typical for crack opening values with dimensions  $h/h_{cr} \geq 1$ , while viscous fluids restore their

mechanical behavior, i.e. the second straight line is not a continuation of the first straight line, since these straight lines characterize different behavior of the liquid.

Thus, for a wide class of viscous fluids, mathematical models of a plane-radial fracture at temperatures of 306 K have been obtained, which can be used to determine the parameters of fractured formations, as well as the rheophysical parameters of fluids.

### Conclusions

Based on experimental studies and theoretical generalizations of the results on the movement of various fluids in crack channels, “the fundamentals of fluid mechanics in ultra-low-permeability media and micro-crack channels have been developed”:

1. When viscous oil moves in a crack with an opening  $h < h_{cr}$ , non-Newtonian properties appear in the “microcrack-liquid” system, and when  $h > h_{cr}$  the indicated microcrack effects are absent.
2. The resulting microcrack effect for a homogeneous liquid, cleared of air or gas, acts as an additional resistance and can, during the flow of two and three-phase liquids in microcrack systems, further enhance the Jamin effect.
3. The established critical values of crack opening for viscous oils are 160 microns at a temperature of 303 K.
4. For the first time, it was experimentally revealed that the reason for the manifestation of anomalous properties of viscous liquids, in particular water, and the enhancement of these properties for anomalous liquids in cracks is a new microcrack effect of the “microcrack-liquid” system.
5. For Newtonian fluids flowing in a plane-parallel crack at a temperature of 303 K, empirical dimensionless relations were obtained for the dependences  $\tau_{0h}/\tau_{0max}, \mu_h/\mu_{cr}=f(h/h_{cr})$ .

In the hydrodynamics of fluids, to eliminate the influence of the degree of crack opening, i.e. In order to achieve the “crack-liquid” effect, it is advisable to influence the “microcrack-liquid” system with powerful ultrasonic, hydrodynamic, acoustic and other waves, which requires the manufacture of special installations.

### Declarations

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### Study Limitations

There are no limitations that could affect the results of the study.

### Acknowledgment

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### REFERENCES

1. Markhasin I. L. Physico-chemical mechanics of oil reservoir. Moscow: Nedra, 1977.
2. Romm E. S. Filtration properties of fractured rocks. Moscow: Nedra, 1966.



3. Gurbanov R.S., Mamedova M.A., Miriev G.M. Methodological guidelines for determining the parameters of reservoir systems and the effectiveness of using polymer influence in fractured reservoirs. Baku: AzNIPIneft, 1986. 35 p.
4. Mamedova M.A., Gurbanov R.S. Study of the rheology of fluids in fractured and pore channels and determination of their openness // Engineering and Physical Journal, 2015, volume 88, No. 4, pp. 790-799. (Mamedova M.A., Gurbanov R.S. Investigation of the Rheology of Fluids in Fracture and Pore Channels and Determination of Their Opening. Journal of Engineering Physics and Thermophysics: Volume 88, Issue 4 (2015), Page 815-824).
5. Gurbanov R.S., Mammadova M.A. Rheological peculiarities of fluids flow in microcracked channels // Mechanika. 2015. Vol 21. No 1. PP.34-39
6. Mammadova M.A., Aliyev E.N. Researching the rheological properties of oils in microconductive layers, development of methods for increasing the flow to wells/"Technological problems of oil, gas and chemistry" Scientific-research Institute. Scientific works. 2021. Ministry of Education of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan State Oil and Industry University. "Oil, gas and gas technological problems and chemistry" Scientific-research Institute. Scientific works. 2021. XXI volume. pp. 110-127.

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖИДКОСТИ В МИКРОТРЕЩИННЫХ КАНАЛАХ С ПРОЯВЛЕНИЕМ «ЭФФЕКТА «МИКРОТРЕЩИНА--ЖИДКОСТЬ»

Малейка Мамедова<sup>1</sup>, Эльшан Алиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Профессор, Азербайджанский Государственный Университет Нефти И Промышленности.

E-mail: mamedova-1944@mail.ru

<sup>2</sup>НИИ «Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химии». E-mail: elsan67@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

Впервые на основе экспериментальных и теоретических исследованиях в плоскорадиальной и плоскопараллельной микротрещинах, установлена неизвестная ранее закономерность с названием «микротрещина-жидкость» эффект, что при движении вязких жидкостей в микротрещине при  $h < h_{кр}$  проявляются аномальные свойства, а при движении аномальных жидкостей усиливаются реологические параметры, при  $h > h_{кр}$  указанные эффекты исчезают.

Было выявлено, что причины проявления аномальных свойств ньютоновских жидкостей и усиления реологических свойств неньютоновских систем при движении их в микрокапиллярных трещинах является новый микротрещинный эффект системы «микротрещина-жидкость».

Установленные критические значения раскрытости трещины составляет для исследуемых вязкоких нефтей 160 мкм при температуре 303 K

Обобщены результаты экспериментальных исследований движения вязких нефти в плоскопараллельной микротрещине и определены раскрытости трещин и реологических параметров ньютоновских жидкостей. Для ньютоновских жидкостей при течении в плоскопараллельной трещине при температуре 303К получены эмпирические безразмерные отношения для зависимостей  $\tau_{0h} / \tau_{0max} = f(h / h_{kp})$ ,  $\mu_h / \mu_{kp} = f(h / h_{kp})$ .

График зависимостей  $\tau_{0h} / \tau_{0kp} = f(h / h_{kp})$  и  $\mu_h / \mu_{kp} = f(h / h_{kp})$  состоит из двух прямых, первая прямая характерна для значения раскрытости с размером  $0 < h / h_{kp} < 1$  где все жидкости изменили свое механическое поведение. При этом вязкие жидкости стали аномальными свойствами. Вторая прямая характерна для значений раскрытости трещины с размерами  $h / h_{kp} \geq 1$ , при этом вязкие жидкости восстанавливают свое механическое поведение, т.е. вторая прямая не является продолжением первой прямой, так как эти прямые характеризуют разное поведение жидкости.

Для осуществления процесса разработки трещиноватых месторождений рекомендуется учесть выявленный микротрещинный эффект в системе «микротрещина-жидкость».

Изменение механических свойств жидкостей при движении в каналах, размеры которых  $h \leq h_{kp}$  и их восстановление при движении в каналах, размеры которых  $h > h_{kp}$  представляют собой эффект «микротрещина-жидкость».  $h > h_{kp}$ . Это достигается путем использования сильных физических полей. Следовательно, для активизации движущихся и покоящихся жидкостей в микротрещинах необходимы размеры каналов из состояния  $h \leq h_{kp}$  привести к состоянию  $h > h_{kp}$ .

**Ключевые слова:** раскрытость микротрещины, неньютоновские жидкости, предельное напряжение сдвига, структурная вязкость, эффект "микротрещина-жидкость".

## MİKROÇATLI KANALLARDA MAYENİN REOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNƏ “MİKROÇAT-MAYE” EFFEKTİNİN TƏSİRİ

Məleykə Məmədova<sup>1</sup>, Elşən Əliyev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. E-mail: mamedova-1944@mail.ru

<sup>2</sup>«Neftin, Qazın Geotexnoloji Problemləri və Kimya» ETİ. E-mail: elsan67@mail.ru

### XÜLASƏ

İlk dəfə olaraq, müstəvi-radial və müstəvi-parallel mikroçatlarda eksperimental və nəzəri tədqiqatlara əsasında, “mikroçat-maye” effekti adlanan əvvəllər məlum olmayan qanunauyğunluq müəyyən edilmişdir ki, özlü mayelər mikroçatda  $h < h_{kr}$ -də hərəkət etdikdə, anomal xassələr yaranır və anomal mayelər hərəkət etdikdə isə reoloji parametrləri güclənir,  $h/h_{kr} \geq 1$  olduqda bu təsirlər yox olur.

Məlum olmuşdur ki, Nyuton mayələrinin anomal xassələrinin təzahürü və qeyri-Nyuton sistemlərinin mikroçatlarda hərəkət etdikdə reoloji xüsusiyyətlərinin artmasına səbəb yeni “mikroçat-maye” effektidir.



Tədqiq edilən özlü neftlər üçün çatların aralanma dərəcəsinin müəyyən edilmiş kritik qiyməti 303 K temperaturda 160 mikrondur.

Eksperimentlərlə müxtəlif özlülüklü mayelər üçün çatın aralanma dərəcəsinin kritik qiyməti  $h$  müəyyən edilmişdir. Kritik ölçülərdən  $h_{kr}$  kiçik ölçülü çatlarda özlü neft anomal mayeyə çevrilir. Deməli, “mikroçat-maye” effekti çatlı mühitdə mayenin hərəkətinə əlavə müqavimət yaradır. Onda bu mühitdə təzyiq aşağı salınsa kritik çatlardan kiçik çatlı mühitdə maye ilkin təzyiqi özündə saxlamaqla hərəkətsiz qalar, “durğun” zona yaranar, kritik çatlardan böyük çatlı mühitdəki mayelər hərəkətə başlayar.

Özlü neftin müstəvi-paralel mikroçatda hərəkətinin eksperimental tədqiqatlarının nəticələrinin ümumiləşdirilməsi aparılmışdır. Nyuton mayeləri üçün müstəvi-radial çatlarda hərəkəti zamanı 303K temperaturda empirik ölçüsüz nisbi asılılıqlar alınmışdır;  $\tau_{0h} / \tau_{0max} = f(h / h_{kp})$ ,

$$\mu_h / \mu_{kp} = f(h / h_{kp})$$

$\tau_{0h} / \tau_{0kr} = f(h/h_{kr})$  və  $\mu_h / \mu_{kr} = f(h/h_{kr})$  qrafiki asılılıqları iki düz xətdən ibarətdir, birinci düz xətt çatın  $0 < h/h_{kr} < 1$  ölçüləri üçün xarakterik olub, burada bütün mayelər öz mexaniki xassələrini dəyişir. Bu halda bütün özlü mayelər anomal xassəyə malik olur, anomal mayelər isə qeyri-Nyuton xassəsini gücləndirir. İkinci düz xətt çatın aralanma dərəcəsinin ölçüsünün  $h/h_{kr} \geq 1$  qiyməti üçün xarakterik olub, bu halda bütün özlü və anomal mayelər öz mexaniki xassələrini bərpa edir, yəni ikinci düz xətt birincinin davami olmayaraq, mayelərin müxtəlif xassələrini xarakterizə edir.

Mikroçatlı neft yataqların işlənməsi prosesini həyata keçirmək üçün “mikroçat-maye” sistemində müəyyən edilmiş “mikroçat-maye” effektini nəzərə almaq tövsiyə olunur.

Mayelərin çatın aralanma dərəcəsinin  $h < h_{kr}$  qiymətlərində hərəkətində mexaniki xassələrinin dəyişməsi,  $h \geq h_{kr}$  olduqda isə onun bərpa olmasını təmin edən “mikroçat-maye” effektidir. Bu nəticə əsas verir ki, laydakı “qalıq neft”i mənimsəmək üçün yataqların işlənməsi və quyuların istismarı üçün elə texnologiyalar yaradılmalıdır ki, bu texnologiyaların tətbiqi nəticəsində laylardakı və quyuların drenaz zonalarındakı  $h < h_{kr}$  vəziyyətində olan neftləri  $h > h_{kr}$  vəziyyətinə gətirilə bilsin. Bu, güclü fiziki sahələrdən istifadə edərək əldə edilir.

**Açar sözlər:** çatın aralanma dərəcəsi, qeyri-Nyuton mayeləri, başlangıç toxunan gərginliyi, struktur özlülük, “mikrocrack-maye” effekti.

## Publication history

Article received: 18.01.2024

Article accepted: 08.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-154

# SIXILMA DEFORMASIYASINA MƏRUZ QALAN BÖYÜK ELASTİKLİ TERMOELASTİK TƏRKİBLİ İNTERMETAL ƏRİNTİLİ MONOKRİSTALLARDA YÜKSƏK TEMPERATURLARIN YARANMA XUSUSİYYƏTLƏRİ

Əmir Mustafayev<sup>1</sup>, Murad Əlizadə<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosent, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. E-mail: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Magistr, “Mexanika” kafedrası, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

E-mail: muradalizade901@gmail.com

## XÜLASƏ

Baxılan məqalədə yüksək temperaturlu böyük elastikli sızılma temperaturuna məruz qalan Ni-Fe-Ga monokristallı martensitin axma (LM) həddinin temperaturdan asılılığının nəticələri verilmişdir. Əldə olunan nəticələr göstərir ki martensit çevirmələri yük altında axma həddi  $L_{1,0}$  olan martensitin temperaturu axma həddi 14M olan martensitin temperaturuna nisbətən 1.7 dəfə az olur.

Bu məqalədə həmçinin Ni-Fe-Ga monokristallarda yüksək elastikli intervalın artma istiqamətində sızılma zamanı kritik gərginliklə temperaturun, deformasiyanın bərkimə əmsalı və martensitin ( $L_{1,0}$ ) axma həddinin böyüməsi müəyyən olunmuşdur.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki,  $L_{2,1}$ -(10M/14M)- $L_{1,0}$  termoelastikli intermetal ərintili Ni-Fe-Ga monokristaldan ibarət olan martensit çevrilmələrindən yüksək temperaturlara davamlı mühərriklərdə istifadə oluna bilər.

Yüksək temperaturlarda (645 °C və daha böyük) intermetallarda daha çox elastikliyin yaranması müşahidə olunur. Buna səbəb intermetalların tərkibində möhkəm austinitin yaranmasıdır.

Tədqiqatların nəticələri göstərir monokristalların (Ni-Fe-Ga) dartılması temperaturların 557-746 °C intervallarına təsadüf olunur və bu zaman deformasiya 8%-ə yaxın olur. Böyük elastikli martensitə çevrilmələr bütün intervallarda yükün təsir altında  $M_d=1024$  °C temperatura qədər austenitin plastik axma gərginliyinə qədər davam edir.

**Açar sözlər:** martensit, intermetal, monokristal, kritik gərginliyi, termoelastik, austenit, temperatur.

## Giriş.

Tədqiqatlar zamanı monokristallarda (Ni-Fe-Ga) dartılma sızılma deformasiyaları arasında böyük elastikli intermetal ərintilərdə martensitə keçiddə kritik gərginliklərin yaranma səviyyəsində assinmetriyanın əmələ gəlməsi müəyyən olunmuşdur.

Martensitə çevrilmələrdə böyük elastikli materiallarda temperaturun genişlənmə intervalı -454°C-dən çox olur bu intervalda (557-dən 737°C -ə qədər) dəyişir. Əgər martensitə çevrilmələrdə temperatur həddi  $T>374$  °C-də çox olarsa, onda monokristalların dartılma deformasiyası sızılma deformasiyasına nisbətən 2 dəfə çox olur.

Aparılan tədqiqatların nəticələri göstərir ki, böyük elastikli termoelastik tərkibli intermetal ərintilərin yüksək temperaturlarda dartılmaya, aşağı temperaturlarda isə sızılmaya işlənməsinin əsas səbəbi tədqiqatlarda bu vaxta qədər aydınlaşdırılmamışdır. Yəni, sızılma deformasiyasına qarşı daha yaxşı işləyən axma həddi  $L_{2,1}$  olan austenitdən daha az istifadə olunmuşdur.



Böyük elastikli Ni-Fe-Ga kristall tərkibli termoelastik intermetallarda temperaturun artmasını və genişlənməsini müəyyən edən kriteriyanı təyin etməkdən ötrü, yalnız yüksək temperaturların və sıxıcı gərginliklərin martensitə çevrilmə fazalarının möhkəmliyindən ( $T > M_d$ ) asılılığını deyil, həm də martensit fazalarının austenitdən ( $A_f$ -dən) martensitə ( $M_d$ -yə) qədər olan temperatur intervalında tədqiq olunması tələbi yaranır.

Bu cür yanaşma adətən böyük yük altında martensitin tərkibinin möhkəmliyinin artmasına və martensitdə gərginlikli plastiki axma həddinin baş verməsinə səbəb olur. Əgər martensitin axma həddi ( $\sigma_{01}$ ) termoplastik tərkibli intermetal ərintilərin yük altında sıxılma gərginliyinə yaxın olarsa, onda əks istiqamətdə yükün azalması martensit kristallarının yaranmasını çətinləşdirir.

Aparılan çoxsaylı tədqiqatlar zamanı martensit çevrilmələrində monokristalların (Ni-Fe-Ga) sıxılma deformasiyası zamanı temperaturların martensitin yaranma fazasında plastik sıxılmanın gərginliklərdən asılılığı da tədqiq edilməmişdir.

### **Məsələnin qoyuluşu.**

Sıxılma deformasiyasına məruz qalan termoelastik tərkibli intermetal ərintili monokristallarda yüksək temperaturların yaranma xüsusiyyətlərinin tədqiqi.

### **Məsələnin həlli üsulları.**

Aparılan tədqiqatın əsas məqsədi sıxılma deformasiyasında yüksək temperaturlarda böyük elastikli termoplastik tərkibli intermetal ərintilərin martensitə çevrilmə intervalının martensitin axma həddinə uyğun gəlməsinə və martensit monokristallarında (Ni-Fe-Ga) kritik gərginliklərin əmələ gəlmə səviyyəsinə baxılmasıdır [1,3].

Bir fazalı vəziyyətdə monokristallar əlavə termiki emal olunmadan tədqiq olunmuşdur. Belə monokristalların strukturu yüksək temperatur fazasında  $L_{2,1}$  strukturuna malikdir [2,4].

Tədqiq olunan nümunələrin ölçüləri düzbucaqlı paralelipiped ( $3 \times 3 \times 6$ ) formasında olmuşdur. Tədqiqatlar zamanı monokristalların sıxılması yükün təsiri ilə müşayiət olunmuşdur. Tədqiqatlar zamanı "gərginlik-deformasiya" əyrisi yük və yükədən azad olunma vaxtı sabit temperaturlarda ( $T = 569^\circ\text{C} - 897^\circ\text{C}$  temperatur intervalında) alınmışdır.

Təcrübi tədqiqatlar zamanı mikrokristalların (Ni-Fe-Ga) soyuması (qızması) yalnız bir mərhələdə qararlaşmış rejimdə tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatlar zamanı müəyyən olunmuşdur ki, temperatur artdıqca martensitin kristal quruluşunda tədricən dəyişikliklər baş verir.  $556-603^\circ\text{C}$  temperaturlar intervalı arasında  $L_{2,1}-14M$  martensitin yükün təsiri altında kristal quruluşunda dəyişikliklər baş vermiş başlanğıc temperaturlarda  $M_s = 558^\circ\text{C}$ , sonda isə  $M_f = 542^\circ\text{C}$  olmuş, əks istiqamətdə isə austenitin kristal quruluşunda dəyişikliklər baş vermiş, başlanğıcda temperaturlar  $A_s = 552^\circ\text{C}$ , sonda isə  $A_f = 558^\circ\text{C}$  olmuşdur.

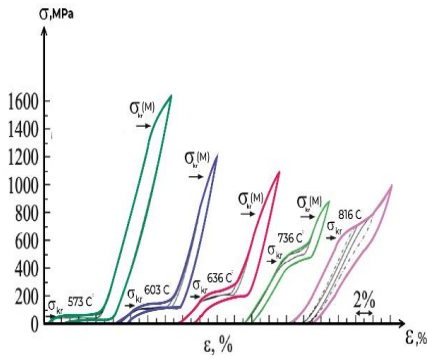
Tədqiqatlar zamanı temperaturlar artdıqca, martensitin kristallik quruluşunda baş verən struktur dəyişməsi ( $556-603^\circ\text{C}$  intervalında) yük artdıqca, monokristalların strukturu martensitin  $L_{2,1}-14M$  formasına çevirilir.

Şəkil 1-də gərginliyin nisbi deformasiyadan asılılıq qrafiki verilmişdir ( $\sigma = f(\epsilon)$ ), İzotermik şəraitdə yüklənmə və yükədən azad olunma vaxtı martensitin yükün təsiri altında kritik gərginliklərdən ( $\sigma_{kr}$ ) asılılığı müəyyən olunmuşdur (şəkil 2 (a, b)).

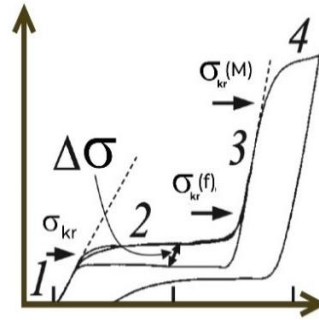
Temperaturun artması ilə kritik gərginliyin artması ( $\sigma_{kr}$ ) Klapeyron-Klanzius tənliyinə əsasən xətti qanun üzrə dəyişir.

$$\frac{d\sigma_{kr}}{dT} = - \frac{\Delta S}{\varepsilon_{tr}} = - \frac{\Delta H}{\varepsilon_{tr} T_0} \quad (1)$$

burada,  $\Delta S$ - entropiyanın dəyişməsidir,  $\Delta H$  entalpiyanın vahid həcmə düşən entalpiya çevrilməsidir.

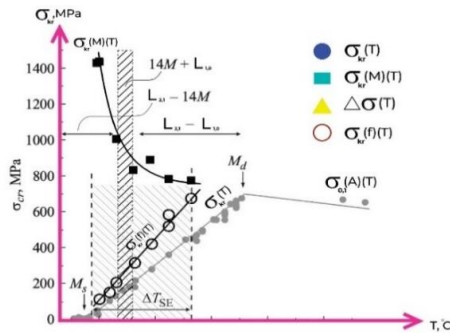


a)

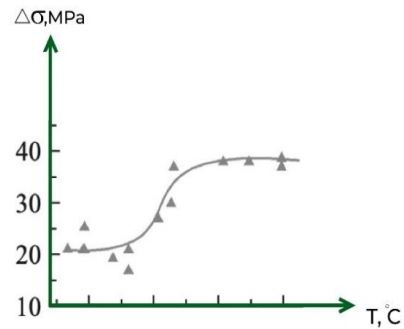


b)

**Şəkil 1:** (a,b). Monokristalların sıxılması zamanı yaranan gərginlikli vəziyyətin nisbi deformasiyadan asılılığını göstərən qrafik.



a)



b)

**Şəkil 2:** Yüksək temperaturlarda böyük elastikli monokristalların (Ni-Fe-Ga) sıxılması zamanı kritik gərginliklərin temperaturlardan martensitin axma həddindən ( $\sigma_{kr}^M$ ) və austenitin axma həddindən  $\sigma_{0,1(A)}$  və mexaniki histerizədən ( $\Delta\sigma$ ) asılılığını göstərən qrafik

$T_0$ -kimyəvi tarazlıq fazasındakı temperaturları Ni-Fe-Ga monokristallarının dartılması zamanı termoelastik tərkibli intermetal ərintilərdə yüksək temperaturların yaranması iki mərhələdə baş verir.  $\sigma_{kr}=f(T)$ -də yüksək gərginlikli temperaturlarda  $\alpha_1$ -əmsalının qiyməti  $\alpha_1=d\sigma_{kr}/dT=1.7 \text{ MPa}/^\circ\text{C}$ , aşağı gərginlikli temperaturlarda isə  $\alpha_2=d\sigma_{kr}/dT=0.5 \text{ MPa}/^\circ\text{C}$  olur.





(1) tənliyinə əsasən  $d=d\sigma_{kr}/dT$ -nin qiyməti martensitə çevrilmədə deformasiyanın ( $\epsilon_t$ ) qiyməti ilə tərs mütənasibdir. Martensitə çevrilmələrin birinci mərhələsində nisbi dartılma deformasiyası ( $\epsilon_{tr}=6.4\%$   $L_{2,1}$ - $14M$ ), çevrilmənin ikinci mərhələsindəki nisbi dartılma deformasiyasına ( $\epsilon_{tr}=13.5\%$   $L_{2,1}$ - $L_{1,0}$ ) nisbətən daha az olur. Əks istiqamətdə yükün təsiri altında sıxılma deformasiyası zamanı termoelastik tərkibli intermetal ərintilərə  $\alpha$  əmsalı ( $\alpha=2.1$  Mpa/°C) təsir etmir. Buna səbəb  $\epsilon_{tr}$ -qiymətinin martensitə çevrilmələrdə  $14M$  və  $L_{1,0}$ -ın struktur qurluşuna bu əmsalın eyni dərəcədə təsir göstərməsidir [5,6].

Ni-Fe-Ga monokristallarının əks yükün təsiri altında sıxılması zamanı martensitin yaranmasına təsir edən temperatur artımının mexaniki histerizədən qrafiki asılılığı ( $\Delta\sigma=f(z)$ ) müəyyən olunmuşdur.  $14M$  ərintili martensitin  $566$  °C - $603$  °C intervalında temperaturların histerizədən asılılığı çox az olur (bu asılılıq təqribən  $\Delta\sigma\approx 20$  MPa-dır) (şəkil 2).  $633$  °C - $736$  °C arasında temperaturlar intervalında yük altında austenitin  $L_{2,1}$ -dən  $L_{1,0}$  -ə keçidində histerizə daha geniş vüsət alır ( $\Delta\sigma\approx 40$  MPa) və onun temperaturlardan asılılığı çox zəif olur [4,7,8].

Gərginliyin artması ilə temperaturların artması martensitin ikili strukturuna və mexaniki histerizəyə təsir etmədiyindən ( $T<603$  °C və  $T>633$  °C,  $603$ - $633$  °C -də) histerizənin artması martensitə çevrilmədə strukturunun  $L_{1,0}$  qədər dəyişməsinə səbəb ola bilər.

$\sigma=f(\epsilon)$  qrafiki asılılıq əyrisində yükün təsiri altında 4 mərhələ qeydə alınmışdır (Şəkil 1(a,b)).

Birinci mərhələ austenitin elastiki deformasiyası, ikinci mərhələ yükün təsiri altında termoelastik tərkibli intermetalla, üçüncü mərhələ martensitin elastiki deformasiyaya, dördüncü mərhələ isə martensitin plastiki deformasiyaya uqraması ilə bağlıdır.

Qrafikdən görüldüyü kimi temperatur artdıqca kritik gərginlik artmağı başlayır. Qrafikin 1-ci mərhələsində kritik gərginliyin ( $\sigma_{kr}$ ) artması əvvəlcə termoelastik tərkibli intermetallarda yükün təsiri altında gərginliyin artmasına, 2-ci mərhələsində əks deformasiyasının azalmasına, 3-cü və 4-cü mərhələlərində isə martensitin axma həddinin azalmasına səbəb olur.

Əks istiqamətdə yaranma sıxılma deformasiyasının qiymətinin temperaturların  $546$  °C - $736$  °C intervalında dəyişməsi ( $6.2\%$  qədər azalması) martensitin strukturunun dəyişməsindən asılı olmayıb, martensitə çevrilmələrdə  $L_{1,0}$  və  $14M$ -in martensitə çevrilmə strukturlarının nəzəri cəhətdən eyni dərəcədə azalması ilə ( $62.5\%$ ) izah olunur [4,7].

Deformasiyanın azalmasına səbəb  $\sigma=f(\epsilon)$  asılılığından görüldüyü kimi austenitin elastiklik modulunun ( $E_A$ ) səmərəliliyinin martensitin elastiklik modulunun səmərəliliyindən ( $E_M$ ) xeyli aşağı olması və austenitin elastiklik modulunun az olmasına səbəb isə martensit çevrilmələrinin yükün təsiri altında austenitin struktur qəfəsini dəyişərək martensitin parametirlərinə yaxınlaşmasıdır.

$T_i$   $N_i$  ərintilərində [10] və  $N_i$ -Fe-G<sub>1</sub>-C<sub>0</sub> kristallarının [11] əks istiqamətdəki deformasiyası ( $\epsilon_{rez}$ ) yalnız austenitin martensitə çevrilməsi ilə bağlı olmayıb, austenitin elastiklik modulu ( $E_A$ ) ilə martensitin ( $E_M$ ) elastiklik modulları arasındakı səmərəliliyin fərqli olması ilə bağlıdır:

$$\epsilon_{rev} = \epsilon_{tr} + \left[ \frac{1}{E_M} - \frac{1}{E_A} \right] |\sigma_{kr}| \quad (2)$$

burada,  $\sigma_{kr}$ -kritik gərginlikdir.

$N_i$ -Fe-G<sub>a</sub> kristallarında sıxılma zamanı austenitin elastiklik modulu, martensitin elastiklik modulundan az olur ( $E_A < E_M$ ) (şəkil 1). (2) bərabərliyindəki ikinci toplanan mənfi işarəli olur. Temperatur artdıqca kritik gərginliyin ( $\sigma_{kr}$ ) səviyyəsi ilə ikinci toplananın qiyməti də artır, deformasiya yarandıqda isə bu qiymət əksinə azalır. Şəkil 2-də temperaturların martensitin axma



həddindən ( $\sigma_{0.1(M)}$ ) və kritik gərginliyin ( $\sigma_{kr}$ ) martensitə çevrilmələrdən (prosesin əvvəlindən sonuna qədər) asılılığını göstərən qrafik quruluşdur.

M14 tərkibli martensit yüksək sıxlığa malik olduğundan, o bu tərkibli intermetallarda sürüşmənin artmasının qarşısını alır. Ona görə də M14 monokristallı martensitin axma həddi çox olur,  $\sigma_{0.1(M)}=1430$  MPa.

Martensitin strukturu 14M-dən  $L_{1,0}$ -a qədər dəyişdikdə ani olaraq gərginliklər azalır, martensitin axma həddi  $633$  °C temperaturlarda axma həddi  $830$  MPa-ya qədər azalır.

$T>632$  °C temperaturların artması ilə martensitin  $L_{1,0}$  çevrilməsində,  $T=736$  °C-də martensitin axma həddi  $775$  MPa-ya qədər azalır. Eyni zamanda martensit çevrilmələrində gərginliyin qiymətinin ( $\sigma_{kr}-\sigma_{kr}(f)$ ) və temperaturların artması deformasiyanın möhkəmləndirilmə əmsalının  $\Theta=d\sigma/d\varepsilon$ -in  $2 \cdot 10^2$  MPa-dan ( $T=568$  °C -də),  $21 \cdot 10^2$  MPa-ya ( $T=736$  °C) qədər artmasına səbəb olur.

Kritik gərginliyin artımı, martensitə çevrilmənin kritik yükün təsiri altında ( $\sigma_{kr}$ ),  $\Theta=d\sigma/d\varepsilon$  əmsalının artmasına,  $736$  °C temperaturlarda gərginliyin qiyməti  $\sigma_{kr}(f)=700$  MPa çatır, martensitin axma həddinin qiymətinə yaxın olur ( $\sigma_{0.1(M)}=775$  MPa) (şəkil 2).

Beləliklə,  $T_{se2}=736$  °C temperaturlarda böyük elastikliyin yaranmasına əsas səbəb martensit çevrilməsində deformasiyanın qiymətinin yüklənmədə və yükdən azad olunmada əks tərəfə yönəlməsidir.

$736$  °C  $T < 816$  °C temperatur intervallarında  $N_i-F_e-G_a$  monokristallarının sıxılmasında  $L_{2,1}-L_{1,0}$ -nin martensit çevrilmələrində  $\alpha$  əmsalının  $\alpha=d\sigma_{kr}/dT=2.1$  MPa/°C əmsalının qiymətində temperaturla yanaşı kritik gərginlikdə artır.

Bu zaman temperaturlar  $T < T_{SE2}$  olur. Temperaturların  $736$  °C  $T < 816$  °C intervalında kritik gərginliyin  $\sigma_{kr}(T) > \sigma_{0.1(M)}$  qiymətində martensit çevrilmələrində mikroplastik deformasiya yaranır və  $L_{1,0}$ -martensitinə çevrilmə qərarlaşmış rejimə keçir, proses stabilləşir. Yükdən azad olunmada deformasiyanın müəyyən hissəsi əks istiqamət də yönəlir.

Martensit çevrilmələrində temperaturlar  $M_d \approx 823$  °C yaxınlığıqda yükdən azadolmada deformasiya prosesin əksinə tərəfə yönəlmiş olur (şəkil 1,  $816$  °C- ayrısı).

$T \approx 823$  °C eyni zamanda martensitə çevrilmələrdə austenitlə martensit arasında plastiki deformasiya baş verir. Belə çevrilmələr adətən materialların bir fazadan digər fazaya keçməsi prosesində baş versə də, lakin plastik deformasiya zamanı keçidlərin sayı artır.

Onu da qeyd etmək lazımdır ki,  $816$  °C-də tsiklik yükün təsiri altında materialın sərtləşməsi martensitin möhkəmlənməsinə təsir edir. Yəni  $816$  °C temperaturlarından əvvəl deformasiyanın əks tərəfə yönəlməsi baş verir (şəkil 1) ( $816$  °C, 3-cü əyri).

Beləliklə,  $N_i-F_e-G_a$  kristallarında elastiki genişlənmə temperaturların  $\Delta T_{SE}=T_{SE2}-T_{SE1}$  intervallarında baş verir.

### Nəticə.

1.  $\alpha=d\sigma/d\varepsilon$  əmsalının qiyməti martensitin tərkibinin möhkəmləndirilməsinə təsir edən temperatur intervalında austenitin və martensitin kristal qəfəslərinin tərkibini və hər iki çevrilməni temperaturların təsiri ilə möhkəmləndirilməsini müəyyən etməyə imkan verir.  $\alpha=d\sigma/d\varepsilon$  əmsalı əlavə əmsal olmaqla böyük elastikliyə malik olan intermetallarda temperaturların artma intervallarında istifadə edilməklə yanaşı digər monokristalların, o cümlədən də  $N_i-F_e-G_a$  tərkibli monokristalların dartılma deformasiyasında da istifadə oluna bilər.



2. Sıxılma deformasiyasına məruz qalan böyük elastikliyə malik olan termoelastik tərkibli intermetal ərintilərin yüksək temperatur intervallarında austenitin tərkibinin yüksək möhkəmliyə malik olması və  $\alpha = d\sigma_{kr}/dT$  əmsalının kiçik qiymətlər alması daha məqsədəuyğun hesab edilir. Buna səbəb böyük yükün təsiri altında martensitə çevrilmələrdə  $\sigma_{0.1(M)}$ -in artımı istiqamətində və böyük elastikli sıxılma deformasiyalarına məruz qalan intermetal ərintilərin monokristallarında çevrilmələrdə austenitə və martensitin möhkəmliyinə təsir edən deformasiya əmsalının ( $\Theta = d\sigma/d\epsilon$ ) sifıra yaxınlaşmasıdır

### **Bəyannamələr**

Əlyazma başqa heç bir jurnala və ya konfransa təqdim edilməyib.

### **Təhsil Məhdudiyyətləri**

Tədqiqatın nəticələrinə təsir göstərə biləcək məhdudiyyətlər mövcud deyil.

### **Təşəkkürlər**

Müəllif bu tədqiqatda iştirak edən, öz dəyərli fikirlərini və təcrübələrini bölüşən qayğı göstərən işçilərə və yaşlı insanlara təşəkkürünü bildirir. Onların əməkdaşlığı və açıqlığı tədqiqat nəticələrinin dərinliyinə və zənginliyinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək etmişdir.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Nikolaev V.I., Yakushev P.N., Malygin G.A. et al. // Techn. Phys. Lett. 2016. V. 42. Iss. 4. P. 399–402.
2. Chumlyakov YU.I., Kireyeva I.V., Panchenko Ye.YU. i dr. // Izv. vuzov. Fizika. 2008. T. 51. № 10. S. 19–37.
3. Chumlyakov Yu., Kireeva I., Panchenko E. et al. // J. Alloys Compd. 2013. V. 577. P. S393–S398.
4. Hamilton R.F., Sehitoglu H., Efstathiou C., Maier H.J. // Acta Mater. 2007. V. 55. P. 4867–4876.
5. Timofeyeva Ye.Ye., Panchenko Ye.YU., Chumlyakov YU.I., Tagil'tsev A.I. // Vestnik Tambovskogo un-ta. 2013. T. 18. V. 4. S. 1617–1619. [6] Liu Y., Galvin S.P. // Acta Mater. 1997. V. 45. N 11. P. 4431–4439.
6. Sutou Y., Kamiya N., Omori T. et al. // Appl. Phys. Lett. 2004. V. 84. P. 1275–1277.
7. Kaufmann S., Roßler U.K., Heczko O. et al. // Phys. Rev. Lett. 2010. V. 104. P. 145702.
8. Efstathiou C., Sehitoglu H., Carroll J. et al. // Acta Mater. 2008. V. 56. P. 3791–3799.
9. Liu Y., Yang H. // Mater. Sci. Eng. A. 1999. V. 260. P. 240–245.
10. Panchenko E., Chumlyakov Y., Maier H.J. et al. // Intermet. 2010. V. 18. P. 2458–2463.

## FEATURES OF HIGH TEMPERATURES IN INTERMETAL ALLOY MONOCRYSTALS OF LARGE ELASTIC THERMOELASTIC COMPOSITION SUBJECTED TO COMPRESSION DEFORMATION

**Amir Mustafayev<sup>1</sup>, Murad Alizada<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Docent, Department of "mechanics", Azerbaijan State Oil and Industry University.

E-mail address: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Master, Department of "mechanics", Azerbaijan State Oil and Industry University.

E-mail: muradalizade901@gmail.com

### ABSTRACT

In the article under consideration, the results of the temperature dependence of the flow rate (LM) of Ni-Fe-Ga monocrystalline martensite subjected to high-temperature large-elastic compression temperature are given. The results obtained show that martensite transformations under load the temperature of martensite with a flow rate of  $L_{1,0}$  is 14M temperature of martensite with a flow rate of 1.7 times.

This article also defined the growth of temperature, deformation, hardening coefficient and flow rate of martensite ( $L_{1,0}$ ) with critical stress during compression at high elastic interval in Ni-Fe-Ga monocrystals.

The results of the studies show that martensite transformations consisting of an intermetal alloy Ni-Fe-Ga monocrystal with thermoelastic  $L_{2,1} - (10M/14M) - L_{1,0}$  can be used in engines resistant to high temperatures.

At high temperatures (645 °C and greater), the formation of greater elasticity in intermetals is observed. The reason for this is the formation of solid Austenite in the composition of intermetals.

The results of the research show that the tensile strength of monocrystals (Ni-Fe-Ga) coincides with the temperature intervals of 557÷746 °C, at which the deformation is close to 8%. Transformations into martensite with large elasticity continue at all intervals under the influence of the load to a temperature of  $M_d=1024$  °C to the plastic flow voltage of austenite.

**Keywords:** martensite, intermetal, monocrystalline, critical voltage, thermoelastic, austenite, temperature.

## ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР В МОНОКРИСТАЛЛАХ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ КРУПНОЭЛАСТИЧНОГО ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО СОСТАВА, ПОДВЕРГНУТЫХ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЕМ

**Мустафаев Амир<sup>1</sup>, Ализаде Мурад<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доцент кафедры "Механика" Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности.

Адрес электронной почты: mustafaev-1959@mail.ru

<sup>2</sup>Магистр кафедры "Механика" Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности.

Адрес электронной почты: muradalizade901@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

В рассматриваемой статье представлены результаты температурной зависимости предела текучести (LM) монокристаллического мартенсита Ni-Fe-Ga, подвергающегося высокотемпературным температурам упругого сжатия. Полученные результаты показывают, что при мартенситных превращениях температура мартенсита с пределом текучести  $L_{1,0}$  под нагрузкой в 1,7 раза ниже, чем температура мартенсита с пределом текучести 14м.

В данной статье также определены температура, коэффициент деформационного упрочнения и увеличение предела текучести мартенсита ( $L_{1,0}$ ) при критическом напряжении, при сжатии в направлении увеличения высокоэластичного интервала в монокристаллах Ni-Fe-Ga.

Результаты исследований показывают, что мартенситные превращения, состоящие из монокристалла Ni-Fe-Ga из интерметаллического сплава с термоупругостью  $L_{2,1}$  - (10м / 14м) -  $L_{1,0}$ , могут быть использованы в двигателях, устойчивых к высоким температурам.

При высоких температурах (645 °C и выше) наблюдается образование большей упругости в интерметаллидах. Причиной этого является образование твердого аустенита в составе интерметаллов.

Результаты исследований показывают, что растяжение монокристаллов (Ni-Fe-Ga) приходится на интервалы температур 557÷746 °C, и деформация в это время близка к 8%. Превращения в мартенсит большой упругости протекают во всех интервалах под действием нагрузки до температуры  $M_d=1024$  °C при пластическом напряжении аустенита.

**Ключевое слово:** мартенсит, интерметалл, монокристалл, критическое напряжение, термоупругий, аустенит, температура.

## Publication history

Article received: 18.01.2024

Article accepted: 07.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-163

## WELL TO INCREASE SLUDGE OIL PRODUCTION ABOUT THE APPLICATION OF WAVE TECHNOLOGY THROUGH THE SYSTEM

Azer Gasimli<sup>1</sup>, Elshan Aliyev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Senior researcher, ted, "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry" ETI, E-mail: qasimli36@mail.ru

<sup>2</sup>Laboratory director ten, docent, "Geotechnological problems of oil, gas and chemistry" ETI,  
E-mail: elsan67@mail.ru

### ABSTRACT

The article talks about the results of the work on increasing the oil yield of the formations by applying the shock wave technology. It is noted that when applying the shock wave method to the layer:

first - the expansion of the feeding contour of the wells as a result of the increase in permeability of the collector in the bed,

the second - due to the decrease in the viscosity of the oil, its filtration will improve.

It is recommended to improve the equipment used to get higher results from the application of the method.

**Keywords:** shock-wave, elastic wave, seismoacoustic, vibration, perforation, rheological property.

### The actuality of the subject.

During the development of the field, it is possible to absorb only a part of the oil reserve, and the rest (40-60%) remains in the formation without extraction. In this regard, hydraulic fracturing or enhanced liquid extraction is used to ensure productive production of the layer. At the same time, in order to increase the oil yield, expensive and technologically limited methods are used. Therefore, in contrast to the above, recently, wave technology is preferred, which is related to increasing oil yield of formations by physical methods.

### Analysis of literature review.

There are many data on the application of the wave vibration method from the ground surface or to a well [1,2,3,4,5].

With the loss of energy in the formation from the surface source, the high degree of extinction of the mountain rocks is 70%. When the source is located at the depth of the productive layer in the well, the effect is more intense. In this case, seismoacoustic energy enters the productive layer directly. In rock, seismic wave attenuation increases with increasing frequency, so low-frequency propagation affects the oil reservoir over a greater distance than a high-frequency source of the same power. The applied low-frequency vibration and its extinction in the productive layer can cover a large area of the oil layer. The coverage of the effect also increases with the wave nature of the layer.

One advantage of using the well method is that it does not require constant supervision of the equipment during its use.

There are three types of application of wave technology to the well:

1. The technology of using the pressure drop caused by the compression of liquid in the compression chamber.



With this system, the liquid phase of the formation is affected. Examples of such systems are the installation of the Russian company "Nefteotdacha" [6] and the installations of the United States "Applied Seisnik Deseardi" [7]. In these systems, the working fluid is compressed in a special chamber or pump-compressor pipes. The injection of the working fluid into the production line creates a shock hydraulic wave, which reaches the perforation interval and creates a seismic wave in the productive layer.

2. The technology of using the pressure drop caused by the formation of an empty volume and its subsequent opening.

In order to implement this technology, a device developed by AO "Tatneft" and applied using stratum pump rods is used [8].

3. Well using mechanical variable pressure with free water line bottom impact technology.

The technology of impact on the solid matrix of the layer was carried out by ООО НПФ «Недра ЕСТЕП» [9]. The effect of the technology is to increase the strength of the rocks in the productive formation by reducing the weight of the underground column.

Developed by the institute of the Russian EA Siberian branch, there is a wave pressure device applied to the layer [10,11]. The formation of an elastic wave in the device is due to the creation of an empty volume in the chamber. Due to the closure of the chamber, the internal volume is filled with liquid under pressure. At this time, the generated wave is directed to the liquid column in the well.

This process has two main directions:

- when the liquid filling the chamber passes, the extraction of oil through hydrowave technology is possible both due to the intensification of oil seepage from wells with small production, and due to the generation of strong seismic pressure in the surrounding wells with a cyclic frequency.

- these impulses with a wave-like feature in the productive layer spread widely, affect the physico-chemical and geomechanical forces in the layer, increase the phase permeability of the collector for oil, improve the coverage of the compressing agent in the layer, prevent hydrodynamic effects on the development of the field (cyclic compression, changing the direction of the seepage flow) prevents it from happening.

Oil, like all structured media, has a thixotropic property, so when it is shaken, its viscosity decreases due to the collapse of its structure. This situation can be used to increase the oil yield of the formations with high probability.

Thus, when a certain number of wells, including shock wells, are operated with a strong wave shock:

first - the expansion of the feeding contour of the wells as a result of the increase in permeability of the collector in the bed,

the second - due to the decrease in the viscosity of the oil, its filtration will improve.

Such an effect will not only increase the flow rate of the wells, but also increase the oil yield of the field.

Boosting the flow of oil wells by means of shock waves is highly effective and can be proposed for a wide range of industrial applications. The main attention should be focused on the sharp increase of its oil production coefficient.

The development of this field can be an alternative to expensive technologies such as hydraulic fracturing and drilling of horizontal wells.



As a result of theoretical and experimental studies, the practical importance of using the shock wave method has been proven:

1. There is a literature review about the physical meaning, method and applied devices of Laya shock-wave technology,

1. The effect of shock wave technology on reservoir oil yield was studied.

When explaining the physical mechanism of the method, various types of the method are mentioned, for example, vibrating, acoustic, seismoacoustic, vibrating-acoustic, etc., in the articles given in the literature about increasing oil yield by applying elastic waves to the oil layer [10-15].

At present, in order to increase the oil yield of the layers, various types of wave method have been applied by the researchers. The frequency of the generated wave field is divided into two groups: low-frequency methods (up to 1kHz) and high-frequency (higher than 1kHz) methods [13].

The theory of propagation of elastic waves, their propagation in areas of porous media with absorption properties, and the results of the experimental study of the method show that the coverage radius of the low-frequency wave method is measured in hundreds and thousands of meters, while during high-frequency impact, the layer is affected only in a small area around the well [15].

Physical basis of the application of the Laya wave method.

Studying the process, focusing on the effect of the absolute elastic field of the wave on the main factors - the reduction of the final oil yield coefficient, when the formation is properly affected by the wave

must be done:

- the formation of capillary and adhesion forces that affect the filtration of oil through the micro-inhomogeneous porous medium,
- the formation of stagnant zones in the incomplete development system of the bed,
- that the productive layer has a micro-heterogeneous structure and a multi-layered system.

Most modern oil recovery methods overcome some of the barriers that affect oil filtration. Failure to apply the methods on time, as well as failure to take into account the movement of hydrocarbon liquids by gravity and capillary forces, affects technical and economic indicators.

For the first time, elastic forces were used to increase oil yield, and oil production increased as a result of an earthquake that occurred near the field. For example, as a result of the earthquake that occurred in the area near the Old Grozny field, the daily oil production increased by 45%, and then returned to its previous state.

The same incident happened in the American state of California. Seismic activity

As a result, daily production increased by 100% in Reyndcli field, whose pressure decreased and continued for a long time.

Works [6,7,8] show that low-frequency vibration increases the relaxation process in a mechanically stressed elastic medium. This causes unnecessary events in the field around the well, a natural leveling condition in the main part of the formation - dispersion of the elastic reserve along the formation occurs.

The high-amplitude pulsation of the fluid saturating the porous medium leads to an increase in absolute permeability due to the formation of old and newly created microcracks [9].





The authors [10] experimentally noted that the rheological properties of some non-Newtonian oils change due to wave action, so that the viscosity decreases by 20-30%, intensive vibration 8-100 kW/m 20 Hz - 4.5 MHz, after 5-6 exposures, when stored the previous viscosity is restored.

Capillary and adhesion forces are dependent on surface tension and to them is affected by the elastic wave field. In [11], it was mentioned that the value of surface tension decreased by 3 times as a result of the wave effect during the study of surface tension.

The author [12], who studied the effect of the wave effect on the capillary forces, shows that the water level in the capillary decreases as a result of the wave effect. It is noted that the wave effect increases the rate of oil extraction in a porous medium as a result of capillary absorption.

E.M.Simkin [ 16 ] shows that the wave beam affects the oil gasification mechanism. Separation of oil and gas occurs due to high-frequency elastic wave action.

### **The result**

Two reasons for obtaining a positive effect as a result of the application of the wave method can be indicated. First, the method to store the happenings must be repeated continuously, because when stored, the system relaxes and returns to its previous state. This includes improvement of the rheological properties of the fluid, reduction of surface tension, changes in the properties of seepage in pores, movement of droplets with small permeability, as well as the gasification process and the formation of a second gas cap.

To the second group - the distribution of the stress state of the productive layer, unchanged cracking, cleaning of the porous area from contamination, acceleration of the capillary absorption process.

One of the positive effects obtained as a result of the application of the wave method is the reduction of dilution of the obtained product.

Thus, the analysis of the results of the conducted research related to the wave method shows that positive effects have been obtained in the direction of increasing the oil yield of the formation and it is possible to have higher results by improving the used devices.

### **Declarations**

The manuscript has not been submitted to any other journal or conference.

### **Study Limitations**

There are no limitations that could affect the results of the study.

### **Acknowledgment**

The author would like to express gratitude to the care support workers and elderly individuals who participated in this study, sharing their invaluable insights and experiences. Their cooperation and openness have significantly contributed to the depth and richness of the research findings.

### **REFERENCES**

1. Abasov M.T., Nikolaev A.V. Vibration effect on the oil field. / Vestnik AN SSSR, 1986, No. 9, p. 95-99.

2. Dyblenko V.P., Marchukov E.Yu, Tufanov I.A. Wave technologies and their use in the development of oil fields with hard-to-extract reserves. / M. RAEN, 2012, 344 p.
3. Gadiev S.M. Vibration effect on the downhole zone of wells. /Nef't and gas, 1973, No. 5, pp. 47-50.
4. Bogatov B.A., Voytenko V.S., Kireev A.M. Prospects of well mining of useful minerals in Belarus. Minsk, Technoprint, 2004.
5. Silvestrov L.K. World reserves of oil and coefficients of its extraction. /Energy, economy, technology, ecology. 2008, No. 8.
6. Voytenko V.S., Gruzdilovich D.M., Kireev A.M., Smychnik A.D. Fundamentals and practical application in mining. Minsk, Unipak, 2007.
7. Vahitov G. G., E. M. Simkin. The use of physical fields for the extraction of oil from the reservoir. / M. Nedra, 1985, 230 p.
8. Kuznetsov O.L. Intellectual and natural resources of Russia as the basis of the country's innovative economy. /Vest.Ros.Acad.Estest.Nauk. 2004.
9. Pat. 2172825 RF. Ways of limiting subsurface waters and trapped inflows in operational wells.
10. Gadiev S.M. The use of vibration in oil extraction. M. Nedra, 1977, 158s.
11. Gadiev S.M., Rabinovich E.Z., Karandasheva V.M. Influence of vibration on the rheological properties of liquids. / Azerbaijan. Oil. Economy, No. 3, 1970, pp. 30-31.
12. Dyblenko V.P. Novnovyye metody na nafyanyye platy s trodovlechemymi razrami. Obzor i klavikatsiya. /M.OAM «VNII OYENG», 2008, 80s.
13. Novnovyye metody na nafyanyye platy s trodovlechemymi razrami. Obzor i klavikatsiya. /M.OAM «VNII OYENG», 2008, 80s.
14. Kuznetsov O.L., Simkin E.M., Chilingar D. Physical foundations of vibrational and acoustic impact on oil reservoirs. / M. Mir, 2001, 260 p.
15. Kuchumov R.Ya. Application of the vibration impact method in oil production. /UFA, Bashk.kn.iz-vo, 1988, 112p.
16. Simonov B.F., Oparin V.N., Kniskin N.A. Influence of elastic oscillations on capillary water impregnation of oil-saturated porous media./ Doklady AN SSSR, 1991, No. 6, 1334-1336.
17. Simkin E.M., Vibroseismic method of increasing the productivity of flooded oil and gas reservoirs. Neftegazovyye tekhnologii, 1998. No. 2.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СКВАЖИННОЙ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ**

**Азер Гасымлы<sup>1</sup>, Эльшан Алиев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Главный научный сотрудник, д.т.н., «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химии»

E-mail: qasimli36@mail.ru

<sup>2</sup>Заведующий лабораторией, доцент «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химии», адрес электронной почты: elsan67@mail.ru

### **РЕЗЮМЕ**



В статье приводится обзор работ, посвященных увеличению нефтеотдачи пластов с применением ударно-волновых методов воздействия. Отмечается, что применением ударно-волнового метода в пласты:

первое – с увеличением проницаемости коллекторов пласта увеличится контуры питания скважин; второе – уменьшение вязкости нефти приведет к улучшению фильтрационной способности коллекторов.

Для получения еще более положительных результатов от применения необходимо усовершенствовать имеющиеся установок.

**Ключевые слова:** ударно-волновая, упруговая волна, сейсмоакустика, вибрация, перфорация, реология.

## LAYIN NEFTVERİMİNİ ARTIRMAQ MƏQSƏDİLƏ QUYU SİSTEMİ VASİTƏSİLƏ DALĞA TEXNOLOGİYASININ TƏDBİQİ HAQQINDA

Azər Qasımlı<sup>1</sup>, Elşən Əliyev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Baş elmi işçi, t.e.d., “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ, E-mail: qasimli36@mail.ru

<sup>2</sup> Direktor müavini, t.e.n., dosent, “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ, E-mail: elsan67@mail.ru

### XÜLASƏ

Məqalədə zərbəli dalğa texnologiyasının tətbiqi ilə layların neftveriminin artırılmasına aid aparılmış işlərin nəticələrindən bəhs edilir. Qeyd edilir ki, zərbəli dalğa üsulunu laya tətbiq etdikdə:

birinci - yataqda kollektorun keçiriciliyinin yüksəlməsi nəticəsində quyuların qidalanma konturunun genişlənməsi,

ikinci - neftin özlüliyünün azalması hesabına onun süzülməsinin yaxşılaşması baş verəcəkdir.

Üsulun tətbiqindən daha yüksək nəticə almaq üçün istifadə edilən qurğuların təkmiləşdirilməsi tövsiyə olunur.

**Açar sözlər:** zərbəli-dalğa, elastik dalğa, seysmoakustik, titrəyiş, perforasiya, reoloji xassə.

### Publication history

Article received: 18.01.2024

Article accepted: 08.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-171

## ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПЕРСПЕКТИВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Саида Мусави<sup>1</sup>, Лала Алиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Лаборант, кафедра «Механика», Азербайджанский государственный университет нефти и промышленность. E-mail: saidamusavi@mail.ru

<sup>2</sup>Лаборант, кафедра «Промышленные машины», Азербайджанский государственный университет нефти и промышленность. E-mail: lalealiyeva1@bk.ru

### РЕЗЮМЕ

Для возможностей перспективного применения современных электроэнергетических систем в различных отраслях промышленности, включая и нефтегазовую, предъявляются ряд требований. Эти требования устанавливаются для повышения в основном потребительского качества применяемых систем. В конечном итоге применение в отдельности или в целом требований определяют в основном степень их доступность, многофункциональность (способность решения различных по назначению задач), лояльность к окружающей среде (определяет взаимодействие с окружающей средой), соответствие условиям местности функционирования (топографические показатели местности), вид и наличие объемов потребляемого топлива (использование различных по происхождению топлив). Вызвано это тем, что уровень потребления энергоресурсов в мире и соответственно и отрицательно-вредного влияние реализуемых для этой цели производственных процессов на окружающую среду стремительно растет.

Технологии производства электроэнергии с применением твердооксидных топливных элементов отвечают всем вышеперечисленным требованиям, т.е. могут использовать различные топливные ресурсы, влияние на окружающую среду сведено к минимуму, проектируются с учетом коммерческой привлекательности, а также широкий спектр практического применения и способны работать как для производства электроэнергии, так и химического производства.

В настоящей работе представлены методология проектирования высокотемпературных твердооксидных топливных элементов плоского слоистого макрокомпозитного исполнения для повышения их показателей работоспособности и качества.

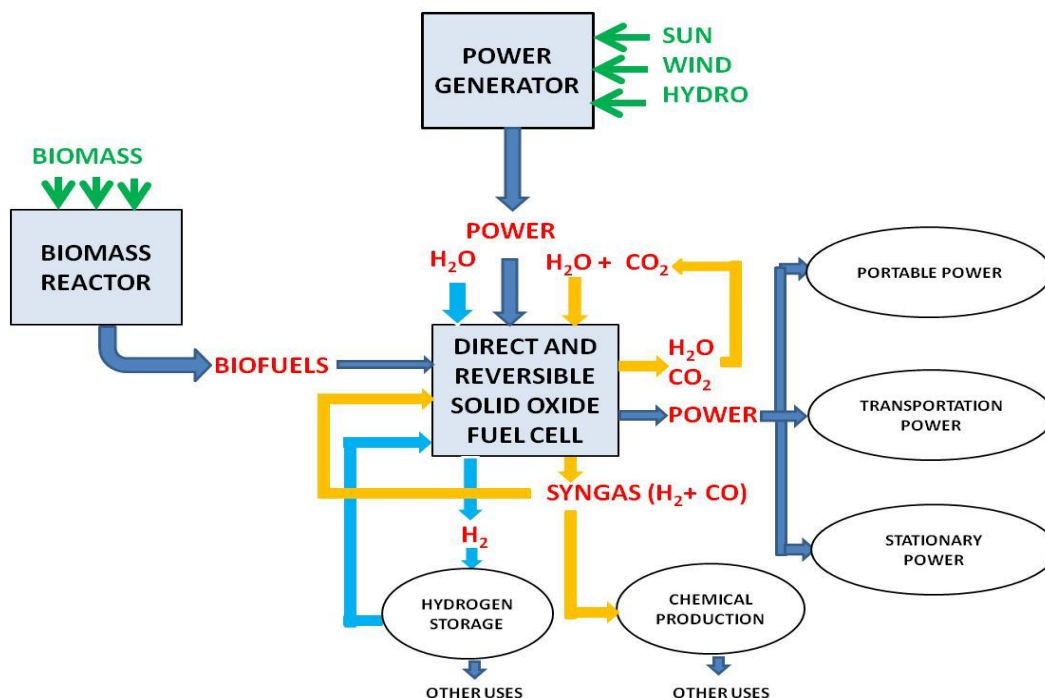
**Ключевые слова:** твердооксидные топливные элементы, макрокомпози́ты, электроэнергия, химический источник тока.

### Актуальность темы.

Топливные элементы являются хорошо известными химическими источниками тока. На этих установках в электричество превращается прямым превращением энергия различных топлив. На этих установках происходит непосредственное вырабатывание электроэнергии в результате высокоэффективного холодного горения. Топливные элементы положительно отличаются от других источников энергии нижеприводимые качества. Устройства функционирует до истощения топлива и окислителя в соответствующих системах. Из-за постоянства химического состава электролита в процессе функционирования топливные элементы (ТЭ) перезарядке не подлежат.

Ниже приводится образец низ неспособной и устойчивой системы, основанной на ПО-SOFCs (DR-SOFCs), которая предназначена для производства электроэнергии трех уровней, а именно:

- 1–(portable power) малой мощности;
- 2 – (transportation power) распределяемой мощности;
- 3–(stationary power) стационарно сетевой мощности (см.рис.1)



**Рисунок 1:** Жизнеспособная ПО-TOTE (DR-SOFC) система

**Конструктивные особенности ТЭ.** Существуют различные типы топливных элементов. Классифицируются топливные элементы по уровню температурного фактора и бывают низкотемпературные (А) и высокотемпературные (Б) классов.

Низкотемпературные (А) топливные элементы ТЭ в свою очередь имеют нижеприводимые модификации:

- с щелочным (alkaline) электролитом – AFC, которые имеют уровень температуры – 80-200<sup>0</sup>С, потребляют в качестве топлива (fuel)-H<sub>2</sub>, в качестве оксиданта (oxidant)-O<sub>2</sub>/(воздух-air), эффективность составляет (\*LHV)-50-60%;

- с полимерным (polymer) электролитом-PEFC (DMFC, HT-PEFC), которые имеют уровень температуры -80-100<sup>0</sup>С, потребляют в качестве топлива (fuel)-H<sub>2</sub>, в качестве оксиданта (oxidant)-O<sub>2</sub>/(воздух-air), эффективность составляет (\*LHV)-40-45%;

- с фосфорно-кислотным (phosph. acid) электролитом (PAFC), которые имеют уровень температуры –200<sup>0</sup>С, потребляют в качестве топлива (fuel)-H<sub>2</sub>, в качестве оксиданта (oxidant)-O<sub>2</sub>/(воздух-air), эффективность составляет (\*LHV)-40-45%;

Высокотемпературные (Б) топливные элементы подразделяются на:

- с твердооксидным (SOFC) электролитом из керамических материалов, которые имеют уровень температуры  $-700-1000^{\circ}\text{C}$ , потребляют в качестве топлива (fuel)- $\text{H}_2/\text{CO}/\text{CH}_4$ , в качестве оксиданта (oxidant)- $\text{O}_2$ /(воздух-air), эффективность составляет (\*LHV)-50-55%, в том числе для LT-SOFC-500-650 $^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{H}_2/\text{CO}/\text{CH}_4$ , 50-55%, соответственно;

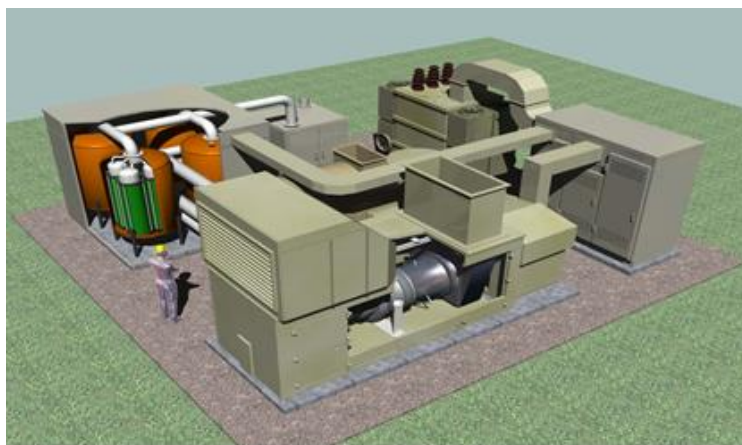
-с дробленным карбонатным (MCFC) электролитом из дробленного карбоната, которые имеют уровень температуры  $-650^{\circ}\text{C}$ , потребляют в качестве топлива (fuel)- $(\text{H}_2)/\text{CO}/\text{CO}_2/\text{CH}_4$ , в качестве оксиданта (oxidant)- $\text{O}_2$  / (воздух-air), эффективность составляет (\*LHV)-50-55%.

Надо отметить, что с гибридными TOTE-ГТ (SOFC-GT) системами значительно повышается эффективность энергоустановок (см. таблица 1)

**Таблица 1:** Повышение эффективности с системами TOTE-ГТ (SOFC-GT).

Показатель/Компоновка	Простая	Гибридная	Recycle
Эффективность, (%)	44.8	61.1	71.1
Мощность* ТОТЭ, (kw)	3709	3709	4099
Мощность* ГТ, (kw)	0	976	1447
Полезная мощность	(389 kw)	(100 kw)	(288kw)
Полезная мощность установки	3320 kw	4585 kw	5258kw
Давление в TOTE	1.3 атм.	4.6 atm	4.6 atm

Ниже приводится конструктивное исполнение гибридной TOTE-ГТ (SOFC-GT) установки (см. рис.2):



**Рисунок 2:** Конструктивное исполнение гибридной установки

Характерными особенностями гибридной TOTE/ГТ (SOFC/GT) определенной мощности являются:

**Ключевыми компонентами и особенностями системы являются:**

Компоненты:



- анодно поддерживаемый пленарный топливный элемент;
- газовая турбина;
- паровой предварительный преобразователь.

Особенности:

- используется природный газ с давлением 4.6 атм;
- внутреннее преобразование.

Показатели системы нижеследующие:

- выход электроэнергии: 5.2 MW (из этого 4 MW по TOTE);
- эффективность системы: 71%

В принципе характерными особенностями SOFC технологий являются нижеследующие свойства:

Гибкость конструктивного исполнения, различные варианты производства и привлекательные операционные характеристики, включая:

способность работать на различных топливах;

внутреннее преобразование/прямое использование или прямое окисление

Широкий спектр размеров энергетической системы:

от малых (от 10 W до 500 W) до больших (от 100 kw до много MW-ных) мощностей;

Производство водорода и сингаза (H<sub>2</sub>+CO)

Очень характерным для SOFC технологий является зависимость эффективности системы от операционного давления. Пример подобной зависимости для 25 MW гибридной SOFC/GT системы приводится на рис.4,

показанной ниже:

Таким образом операционные факторы температура и давление является причинами и определяют деформационное поведение как отдельных SOFC, так и их стakov. Поэтому изучение НДС и разработка решающих правил для проектирования с высокими показателями работоспособности и качества являются актуальной научно-производственной задачей.

Топливные элементы применяются стационарно для бытового потребления, для комбинированного тепловой и электрической энергии в промышленном и коммерческом масштабах, для производства электроэнергии и бесперебойного энерго снабжения. Они могут быть также портативные и переносными. В зависимости от исполнения они могут иметь различные мощностные показатели (см. табл.2):

**Таблица 2:** Свойства различных ТЭ.

Market	Application	Power Size	Status
Portable	Soldier Power	20-100W	Demonstration
	Battery Charger	500 W	Demonstration
Transportation	Automobile and Truck APU	10-50 kW	Demonstration
	Aircraft APU	Up to 500 kW	Concept
Stationary	Residential	1-5 kW	Prototype
	CHP and DG	100 kW-1MW	Demonstration and concept



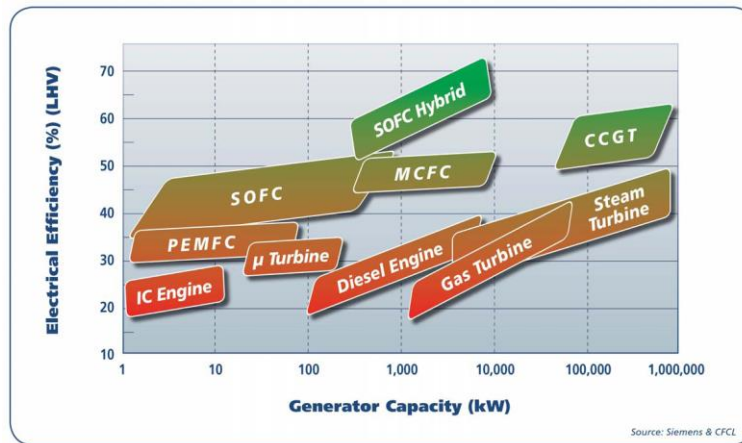
	Base Load	100-500 MW	Concept
--	-----------	------------	---------

Существуют различные стратегии развития топливных элементов. Современными программами развития топливных элементов являются

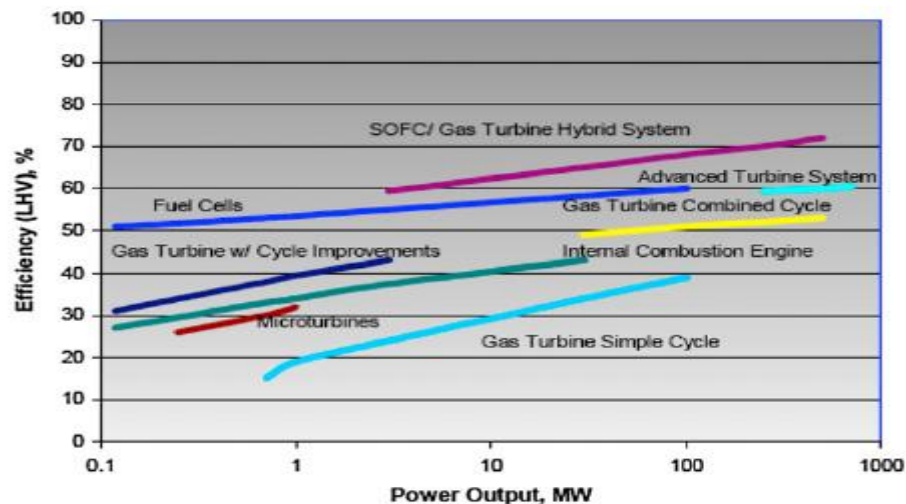
- программы, связанные со специфическим применением;
- программы, связанные с применением различных видов топлива;
- программы, требующие применения технологий специального преобразования топлив.

Существует большое разнообразие твердооксидных топливных элементов (SOFC) технологий с различной электрической эффективностью, приводимое на рис.3:

Эффективность и генерируемая мощность твердооксидных топливных элементов в сочетании с различными электрогенерирующими устройствами (гибридные) может изменяться в широком диапазоне и приводится на рис.4.



**Рисунок 3:** Эффективность и производственные мощности для различных SOFC технологий.



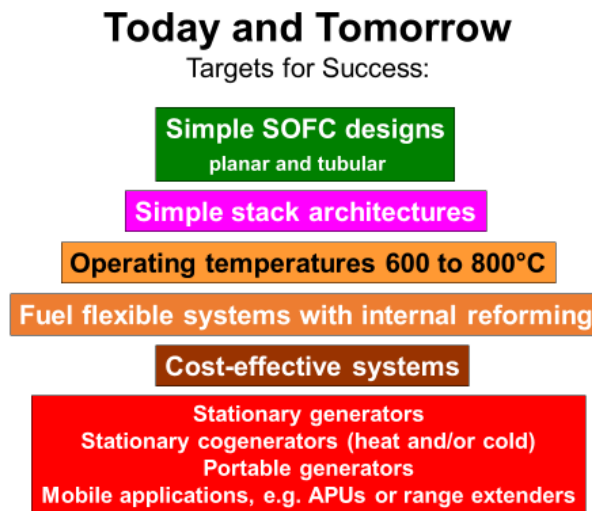
**Рисунок 4:** SOFC в сочетании с различными электрогенерирующими устройствами

Эффективность топливных элементов существенно зависит от вида топлива, используемого в топливной системе для различных их конфигураций, требования к которому приводится в таблице 3:

**Таблица 3:** Требования, предъявляемые к топливам топливных элементов.

Type	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Cl	Particles
1	2	3	4	5	6	7
PEFC	<10ppm	Tol.	Tol.	0	<0.05 ppm	0
PAFC	<2%	Tol.	<2%	<50 ppm	<1 ppm	1mmq/m <sup>3</sup>
MCFC	Tol.	Tol.	Tol.	<0.1 ppm	<1 ppm	<1 μm
SOFC	Tol.	Tol.	Tol.	<1ppm	<1ppm	<1 mq/ m <sup>3</sup>

Ниже приводятся настоящее и будущее перспективы развития топливных элементов:

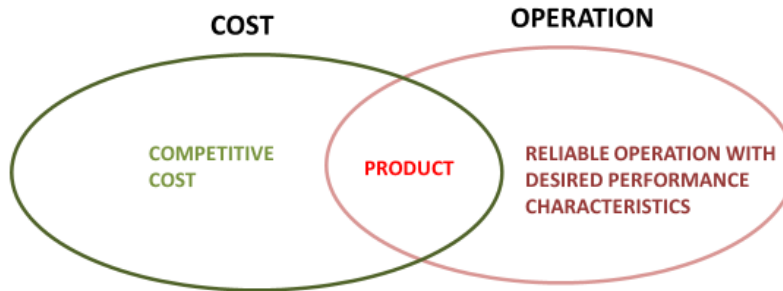


**Рисунок 5:** Перспективное развитие топливных элементов

Основными направлениями коммерциализации топливных элементов является снижение их стоимости и повышение надежности с требуемыми производственными показателями, что тесно связано с повышением их потребительского качества.

На рис.6 зависимость стоимости установок топливных элементов от их размеров на примере 25MW-ной гибридной ТОТЕ/ГТ (SOFC/GT- 25MW):

## Key Drivers to Enable Commercialization

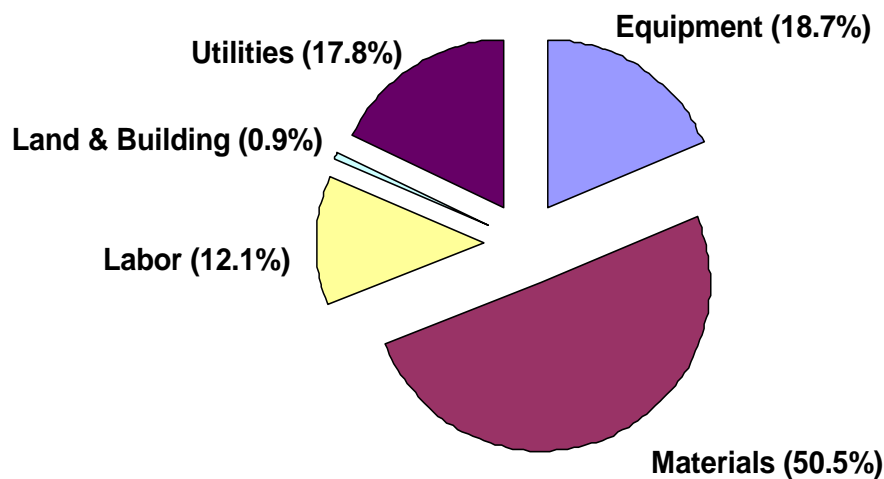


**Рисунок 6:** Направление коммерциализации TOTE  
 Операционные возможности топливных элементов приведены в табл.4.

**Таблица 4:** Операционные стоимостные возможности топливных элементов.

	stationary $\mu$ -CHP for single housing (1-5 kW)	APU for cars (5-10 kW)
operation time	40.000 hours	5.000 hours
degradation	< 1% in 1000 hours	< 10% in 1000 hours
cycling	> 50 (thermal)	250 (thermal) 250 (red-ox)
start up	4-5 hours	< 10 minutes
cost	\$ 100/kW for stack	\$ 50/kW for stack

Структура формирования стоимости 5 KW-ной системы приводится на рис.7. Как видно из структуры основную долю в формировании стоимости системы занимает стоимость их материального исполнения (50.5 %)



**Рисунок 7:** Структура формирования стоимости 5kW-ной системы

Таким образом, можно сделать следующие заключение.

- Топливные элементы являются хорошо известными химическими источниками тока и могут быть использованы в качестве альтернативного источника энергии.
- Топливные элементы применяются стационарно для бытового потребления, для комбинированного тепловой и электрической энергии в промышленном и коммерческом

#### **Декларации**

Рукопись не была представлена в какой-либо другой журнал или на конференцию.

#### **Ограничения исследования**

Ограничений, которые могли бы повлиять на результаты исследования, нет.

#### **Подтверждение**

Автор хотел бы выразить благодарность работникам службы поддержки и пожилым людям, которые приняли участие в этом исследовании, поделившись своими бесценными знаниями и опытом. Их сотрудничество и открытость в значительной степени способствовали глубине и богатству результатов исследований.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Materialovedeniye: uchebnik dlya vuzov / B. N. Arzamasov i dr. 3-ye izd., ster. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana, 2002. 648 s.
2. R.Z. Valiyev, I.V. Aleksandrov. Nanostrukturnyye materialy, poluchennyye intensivnoy plasticheskoy deformatsiyey. Logos, M. (2000). 272 s.
3. M.YU. Gutkin, I.A. Ovid'ko. Defekty i mekhanizmy plastichnosti v nanostrukturnykh i metallicheskiykh materialakh. Logos, SPb (2001). 178 s.
4. H.S. Kim, Yu. Estrin, M.B. Bush. Acta Met. Mater. 48, 493 (2000).
5. M. Ke, S.A. Hackney, W.W. Milligan, E.C. Aifantis. Nanostr. Mater. 5, 689 (1995).
6. R.J. Asaro, S. Suresh. Acta Mater. 53, 3369 (2005).

7. N.I. Noskova, Ye.G. Volkova. FMM 91, 100 (2001).

## YANACAQ ELEMENTLƏRİ VƏ ONLARIN ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏYİ KİMİ İSTİFADƏSİNİN PERSPEKTİVLƏRİ

**Səidə Musəvi<sup>1</sup>, Lalə Əliyeva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Mexanika” kafedrası laborantı. E-mail: saidamusavi@mail.ru

<sup>2</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Sənaye maşınları” kafedrasının laborantı.

E-mail: lalealiyeva1@bk.ru

### XÜLASƏ

Müasir elektrik enerjisi sistemlərinin neft və qaz da daxil olmaqla müxtəlif sahələrdə perspektivli tətbiqi imkanları üçün bir sıra tələblər qoyulur. Bu tələblər əsasən istifadə olunan sistemlərin istehlak keyfiyyətini artırmaq üçün müəyyən edilir. Nəticədə, ayrı-ayrılıqda və ya ümumiyyətlə tələblərin tətbiqi əsasən onların dərəcəsini müəyyənləşdirir əlçatanlıq, çox funksionallıq (məqsədi ilə müxtəlif vəzifələri həll etmək bacarığı), ətraf mühitə sədaqət (ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqəni müəyyənləşdirir), iş yerinin şərtlərinə uyğunluq (ərazinin topoqrafik göstəriciləri), istehlak olunan yanacaq növü və mövcudluğu (müxtəlif mənşəli yanacaqların istifadəsi). Bunun səbəbi dünyada enerji istehlak səviyyəsinin və buna görə də bu məqsədlə həyata keçirilən istehsal proseslərinin ətraf mühitə mənfi və zərərli təsirinə sürətlə artmasıdır.

Qatı oksid yanacaq hüceyrələrindən istifadə edərək elektrik enerjisi istehsalı texnologiyaları yuxarıda göstərilən bütün tələblərə cavab verir, yəni müxtəlif yanacaq ehtiyatlarından istifadə edə bilər, ətraf mühitə təsiri minimuma endirilir, kommersiya cəlbədiciliyi nəzərə alınmaqla dizayn edilir və geniş tətbiq olunur və həm elektrik enerjisi istehsalı, həm də kimyəvi istehsal üçün işləyə bilər.

Bu əsər, performans və keyfiyyət göstəricilərini artırmaq üçün yüksək temperaturlu qatı oksid yanacaq hüceyrələrinin dizayn metodologiyasını təqdim edir.

**Açar sözlər:** qatı oksid yanacaq hüceyrələri, makrokompozitlər, elektrik enerjisi, kimyəvi cərəyan mənbəyi.

## FUEL CELLS AND THE PROSPECTS OF THEIR APPLICATION AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ELECTRICITY

**Saida Mousavi<sup>1</sup>, Lala Alieva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratory assistant, Department of Mechanics, Azerbaijan State University of Oil and Industry.

E-mail: saidamusavi@mail.ru

<sup>2</sup>Laboratory assistant, Department of Industrial Machines, Azerbaijan State University of Oil and Industry.

E-mail: lalealiyeva1@bk.ru

### ABSTRACT



There are several requirements for the prospective application of modern electric power systems in various industries, including oil and gas. These requirements are established to improve the consumer quality of the systems used. Ultimately, the application of requirements individually or mainly determines the degree of their accessibility, their functionality (the ability to solve tasks of various purposes), loyalty to the environment (determines interaction with the environment), compliance with the conditions of the functioning area (topographic indicators of the area), the type and availability of fuel consumed (the use of various software the origin of fuels). This is since the level of energy consumption in the world and, accordingly, the negative and harmful impact of production processes implemented for this

purpose on the environment is growing rapidly. Power generation technologies using solid oxide fuel cells meet all the above requirements, i.e. they can use various fuel resources, the environmental impact is minimized, they are designed considering commercial attractiveness, as well as a wide range of practical applications and can work both for electricity generation and chemical production. This paper presents a methodology for designing high-temperature solid oxide fuel cells of a flat layered macrocomposite design to improve their performance and quality.

**Keywords:** solid oxide fuel cells, macrocomposites, electric power, chemical current source.

#### Publication history

Article received: 18.01.2024

Article accepted: 09.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-177

## ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УСТЬЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ШТАНГОВОГО НАСОСА

**Нурлан Нурмаммедов**

Магистрант, Нефтемеханический факультет, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан. E-mail: nurmamedov642@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

На сегодняшний день актуальными являются исследования, направленные на улучшение работоспособности устьевого оборудования штанговых насосов в связи с растущей значимостью их использования для эксплуатации скважин. Однако, наряду с их эффективностью, возникает необходимость повышения надежности и срока службы устьевого штока и сальника.

В данной работе рассмотрены основные проблемы, возникающие в устьевом оборудовании штанговых насосов, которые используются для герметизации устья нефтяных скважин, подвески трубопроводов в скважинах, а также для выполнения различных технологических, исследовательских и ремонтных операций. Анализируется эффективность работы узла уплотнения пары устьевого штока - устьевого сальника. Нарушение герметичности этой пары ведет к негативным последствиям, таким как загрязнение окружающей среды и отказ установки. Износ оборудования также усиливается абразивным воздействием песка в добываемой нефти, агрессивной средой и коррозией. Процессы старения и износа устьевых сальников приводят к потере герметичности и риску загрязнения окружающей среды. Исследование подчеркивает важность точности монтажа и сборки оборудования для предотвращения одностороннего износа. Работа выявляет также необходимость выбора материалов с устойчивостью к абразивам и воздействию нефтяных сред. Такие аспекты играют ключевую роль в обеспечении эффективной и надежной работы устьевого оборудования СШНУ.

**Ключевые слова:** штанговый скважинный насос, устьевое оборудование, шток, сальник, износ, отказ.

### Введение

В мировой практике эксплуатации скважин известно, что одним из наиболее распространенных методов добычи нефти является применение скважинных штанговых насосных установок (СШНУ). Широкое их применение обусловлено высокой надежностью конструкции, удобством обслуживания и ремонта в условиях эксплуатации.

Несмотря на высокую эффективность применяемых штанговых насосных установок, существуют определенные потребности, связанные с необходимостью увеличения надежности и срока службы устьевого оборудования. Так, нарушение герметичности пары устьевой шток - устьевой сальник не только приводит к отказу в работе установки, но, а также вызывает загрязнение и увеличение концентрации газов в окружающей среде.

Обеспечение высокой надежности узла уплотнения пары становится особенно важным при эксплуатации скважин, где добыча сопровождается наличием сероводорода ( $H_2S$ ) и углекислого газа ( $CO_2$ ), а также характеризуется сильным содержанием воды в



извлекаемой нефти, присутствием в ней значительного количества песка и разнообразных солей. На увеличение степени износа оборудования, включая компоненты устьевого штока-устьевого сальника, значительно влияет наличие в добываемой жидкости большого объема агрессивных и абразивных веществ.

В дополнение к этому условия функционирования устьевого оборудования усугубляются из-за возможных отклонений при сборке и монтаже станка-качалки, а также устьевого сальника. В итоге все упомянутые факторы вызывают преждевременные отказы в работе системы и загрязнение окружающей среды.

### **Основная часть**

Скважинные штанговые насосы (СШНУ) широко используются при эксплуатации нефтяных месторождений, что обусловлено их высокой производительностью, простотой ремонта и обслуживания. Вместе с этим, наряду с их высокой эффективностью, существует необходимость в увеличении срока службы и надежности пары устьевого штока - устьевого сальника. Нарушение герметичности данной пары приводит к негативному воздействию на окружающую среду и представляет собой отказ установки. Большое значение имеет обеспечение высокой надежности узла уплотнения пары, так как в добываемой продукции содержатся токсичные газы, и, кроме того, присутствует значительное содержание воды в извлекаемой нефти, большого количества песка и разнообразных солей. Под действием высокого давления могут возникнуть утечки в узлах устьевого оборудования, таких как соединения и уплотнения. Это создает потенциальный риск загрязнения окружающей среды и приводит к снижению эффективности работы установки.

Присутствие в жидкости, добываемой из скважины, большого количества абразивных и коррозионно-активных веществ увеличивает износ оборудования. Коррозия устьевого оборудования возникает под воздействием агрессивных компонентов, присутствующих в добываемых жидкостях. Например, наличие сероводорода ( $H_2S$ ) может вызвать химическую коррозию металлических поверхностей. Этот процесс приводит к постепенному разрушению материала и сокращению срока службы устьевого оборудования.

Одной из проблем, с которой сталкивается устьевое оборудование штанговых насосов, является наличие высокого содержания песка в добываемой нефти (объем песка, который извлекается с жидкостью из скважин, иногда может достигать 10% и более.). Этот песок, перемешиваясь с жидкостью, может вызвать абразивные износы в устьевом оборудовании. В процессе подъема песчаные частицы сталкиваются с поверхностями устьевого штока и сальника, приводя к их постепенному износу. Эти абразивные воздействия могут привести к формированию царапин, сколов и даже деформации металлических деталей устьевого оборудования. Кроме того, при наличии больших объемов песка в добываемой жидкости, возможно образование отложений, что существенно увеличивает риск засорения и снижения эффективности работы СШНУ. Кроме того, возникающие отклонения при сборке и монтаже станка-качалки и устьевого сальника ухудшают условия эксплуатации устьевого оборудования. Все вышеперечисленное в итоге способствует к преждевременным отказам оборудования и негативному воздействию на окружающую среду.

Для того чтобы соединить колонну штанг с головкой балансира станка-качалки, используется устьевой шток. Кроме этого, шток в паре с устьевым уплотнением используется для герметизации устья скважины. На функционирование пары устьевой шток - уплотнение помимо внешних сил, воздействующих на устьевой шток и приводящих его к отклонению от оси скважины, также оказывает влияние одностороннее прижатие к уплотнению. Итогом этого является то, что узел может потерять герметичность в результате одностороннего износа устьевого сальника и штока.

В большинстве случаев износ устьевых штоков происходит по тому же принципу, что и других пар трения, которые работают при возвратно поступательном движении, но в условиях абразивной прослойки. Из-за содержания абразивных частиц в продукции скважин и возможности их поступления извне происходит изнашивание устьевых штоков, которое сопровождается формированием продольных рисок и царапин на их рабочей поверхности.

Характер изнашивания также в определенной мере зависит от наличия среды, содержащей нефть или водонефтяные компоненты. Поверхности устьевого штока, которые расположены в начале и конце хода штока подвергаются наиболее сильному абразивному износу. На рабочей поверхности штока, в областях контакта с уплотнением, из-за абразивного износа формируются точечные участки выкрашивания, глубокие продольные царапины, износ по диаметру с образованием кольцевых выработок и задиоров, а также по всей длине хода штока наблюдается значительный износ и коррозионное разрушение.

На характер изнашивания и продолжительность эксплуатации устьевых штоков оказывает большое влияние точность монтажа и сборки оборудования устья скважин. Так при несоосности устьевых штоков относительно оси штанговой колонны часто происходит одностороннее изнашивание штоков.

Причинами отказов устьевого сальника являются в основном механический износ и старение материала его компонентов, таких как уплотнительные манжеты и направляющие. Уровень их износа напрямую зависит от степени песчаности скважин.

Характерным для используемых устьевых сальников является способность задерживать абразивные частицы, которые попадают под уплотнительные манжеты, в течение каждого двойного хода устьевого штока. Твердые частицы песка, проникая в поверхность эластичных манжет, вызывают высокоинтенсивный абразивный износ при движении штока во время его работы.

Наряду с этим воздействие агрессивной среды, давления, окружающей температуры и добываемой продукции вызывает процесс старения эластичных компонентов устьевого сальника. Этот процесс вызывает необратимые изменения их свойств в результате химических реакций. Прочность уменьшается, а хрупкость и проницаемость материала уплотнений увеличиваются. В итоге, вследствие старения, усиливается процесс износа, что в конечном счете приводит к потере герметичности устьевого сальника.

В некоторых случаях, когда своевременно не устраняется нарушение герметичности, и струя откачиваемой жидкости с абразивными частицами проникает через образовавшиеся неплотности, возникает значительное локальное углубление продольных рисок, а также разрушается поверхность устьевого штока из-за гидроэрозионно-абразивного износа и вызывает внезапный отказ.

Отклонение устьевого штока от соосности со скважиной является ещё одной причиной отказа сальников. Это приводит к интенсивному износу нижней части устьевого штока, пакета уплотнения устьевого сальника и верхней части насосно-компрессорной трубы (НКТ).

Для избежания этих последствий, необходимо обеспечить максимальную соосность точки подвеса штанг с осью скважины. Особое внимание следует уделить выбору материала для уплотнения устьевых сальников, которые должны быть высокоустойчивыми к износу, к воздействию нефтяных сред и способны сохранять свои характеристики при низких температурах.

Учитывая указанные конструктивные особенности и условия эксплуатации скважинных штанговых насосов (СШНУ), требуется решение ряда задач по обеспечению надежной работы устьевого оборудования.

### **Выводы:**

1. Несмотря на эффективность СШНУ, существует потребность в увеличении надежности и продолжительности службы устьевого оборудования.
2. Большое содержание агрессивных веществ в жидкости существенно влияет на износ оборудования.
3. Точность сборки и монтажа оказывает значительное влияние на характер изнашивания устьевых штоков и сальников, и их сроков службы, особенно при наличии несоосности с осью штанговой колонны.
4. Высокое содержание песка в добываемой нефти приводит к абразивному износу устьевого оборудования, создавая риск образования отложений и ухудшения эффективности работы СШНУ.

### **Декларации**

Рукопись не была представлена в какой-либо другой журнал или на конференцию.

### **Ограничения исследования**

Ограничений, которые могли бы повлиять на результаты исследования, нет.

### **Подтверждение**

Автор хотел бы выразить благодарность работникам службы поддержки и пожилым людям, которые приняли участие в этом исследовании, поделившись своими бесценными знаниями и опытом. Их сотрудничество и открытость в значительной степени способствовали глубине и богатству результатов исследований.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Babayev S.G., Kershenbaum V.YA., Gabibov I.A. Evolyutsiya nadezhnosti v kompleksakh «kachestvo-konkurentosposobnost'» neftepromyslovogo oborudovaniya. Mezhdunarodnoye nauchnoye izdaniye. - M.: «Natsional'nyy institut nefti i gaza», 2020. – 416 s.

2. Babayev S.G., Gabibov I.A, Melikov R.KH. Osnovy teorii nadezhnosti neftepromyslovogo oborudovaniya. // Baku; izd. AGUNP, -2015, - 400s.
3. Babayev S.G., Gabibov I.A. Problemy kachestva, nadezhnosti i tekhnologichnosti neftegazopromyslovogo oborudovaniya. Baku, Izdatel'skiy dom AGUNP, 2022.- 327.

## INCREASING THE PERFORMANCE OF ROD PUMP WELLHEAD EQUIPMENT

**Nurmammadov Nurlan**

Master's degree, Faculty of Petroleum Mechanics, Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Azerbaijan.  
E-mail: nurmamedov642@gmail.com

### ABSTRACT

Today, research aimed at improving the performance of wellhead equipment of sucker rod pumps is relevant due to the growing importance of their use for the operation of wells. However, along with their efficiency, there is a need to improve the reliability and service life of the wellhead rod and gland.

This article discusses the main problems that arise in the wellhead equipment of sucker rod pumps, which are used to seal the mouth of oil wells, suspend pipelines in wells, and also to perform various technological, research and repair operations. The efficiency of the seal unit of the wellhead rod - wellhead gland pair is analyzed. Violation of the tightness of this pair leads to negative consequences, such as environmental pollution and installation failure. Equipment wear is also enhanced by the abrasive effect of sand in the produced oil, aggressive environment and corrosion. The aging and wear processes of wellhead seals lead to loss of tightness and the risk of environmental pollution. The study highlights the importance of precision installation and assembly of equipment to prevent unilateral wear. The work also reveals the need to select materials that are resistant to abrasives and oil environments. Such aspects play a key role in ensuring efficient and reliable operation of the wellhead equipment of the Rod Pumping System.

**Keywords:** sucker rod pump, wellhead equipment, rod, stuffing box, wear, failure.

## ŞTANQLI NASOSUN QUYUAĞZI AVADANLIĞININ İŞGÖRMƏ QABİLİYYƏTİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

**Nurməmmədov Nurlan**

Magistrant, Neft-Mexanika fakültəsi, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan.  
E-mail: nurmamedov642@gmail.com

### XÜLASƏ



Bugün ştanqlı nasosların quyuağzı avadanlığının işgörmə qabiliyyətin yüksəldilməsinə yönəlmiş tədqiqatlar onların quyuların istismarı üçün istifadəsinin əhəmiyyətinin artması ilə əlaqədardır. Bununla belə, onların səmərəliliyi ilə yanaşı, quyu ağzının ştok və kipləndiricisinin istismar müddətinin artırılması vacib məsələlərdir.

Bu işdə neft quyularının quyuağzı avadanlığının möhkəmləndirilməsi, dayanıqlığın artırılması kimi aktual problemlər öz həllini tapmışdır. Quyuağzı ştok və kipləndirmə düyününün səmərəliliyinin təhlili verilmişdir. Tədqiqat birtərəfli aşınmanın qarşısını almaq üçün avadanlıqların dəqiq quraşdırılması və yığılmasının vacibliyi vurğulanır. İş həm də aşındırıcı maddələrə və neft mühitinə davamlı materialların seçilməsi zərurətini ortaya qoyur. Bu kimi cəhətlər ştanqlı nasosun quyuağzı avadanlığının səmərəli və etibarlı istismarının təmin edilməsində əsas rol oynayır.

**Açar sözlər:** ştanqlı nasos, quyuağzı avadanlığı, ştok, kipləndirici, aşınma, nasazlıq.

#### Publication history

Article received: 19.01.2024

Article accepted: 09.02.2024

Article published online: 25.02.2024

DOI: 10.36962/ETM19012024-187

## Redaksiya Heyəti və Beynəlxalq Məsləhətçilər

### 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

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Fakültə dekanı "Neft-mexanika" fakültəsi. Texnika üzrə elmlər namizədi.

#### Əziz Əliyev

"AZİNMAŞ" ASC (Neft Maşınqayırma İnstitutu) direktoru.

#### İbrahim Həbibov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, "Sənaye maşınları" kafedrası. Texnika üzrə elmlər doktoru, Professor

#### Qasım Məmmədov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Tədris işləri üzrə prorektor. Texnika üzrə elmlər namizədi.

#### Mələykə Məmmədova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, "Sənaye maşınları" kafedrası. Texnika üzrə elmlər doktoru, Professor.

#### Tahir Cabbarov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, "Materialşünaslıq və emal texnologiyaları" kafedrası, Kafedra müdiri, Texnika üzrə elmlər namizədi.

#### Züleyxa Eyvazova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, "Sənaye maşınları" kafedrası. Texnika üzrə elmlər namizədi, Dosent.

### Almaniya

#### Xudaverdi Kərimov

Direktor "IXUN Lasertechnik Gmb". Texnika üzrə elmlər doktoru.

### Türkiyə

#### Şevket Levent Ergün

Hacettepe Universiteti, "Mədən Mühəndisliyi" Fakültəsi, Professor

#### Yunus Türen

Karabük Üniversitesi, "Mühəndislik Fakültəsi" Metalurgiya və Material Mühəndisliyi, İstehsalat Metalurjiyası Şöbəsinin Müdiri. Professor.

### Rusiya

#### İsgəndər Kuzeev

Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, "Kimya istehsalının maşın və cihazları" kafedrası, Professor.



## **Editorial Board & International Advisors Azerbaijan**

### **Alesgar Aliyev**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department "Mechanics". Doctor of Technical Sciences.

### **Ali Hikmat Akhmedov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, The head of the faculty "Oil-Mechanics" Candidate of Technical Sciences.

### **Aziz Aliyev**

"AZINMASH" OJC (Institute of Oil Mechanical Engineering) director.

### **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.

### **Jamaladdin Aslanov**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Head of Department "Industrial Machines". PhD in Technical Sciences.

### **Maleyka Mammadova**

Azerbaijan State Oil and Industry University, Department "Industrial Machines". Doctor of Technical Sciences, Professor.

### **Tahir Jabbarov**

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.

## **Germany**

### **Xudaverdi Karimov**

Director of "IXUN Lasertechnik Gmb", PhD in Technical Sciences, Associate professor.

## **Turkey**

### **Shevket Levent Ergun**

Hacettepe University, Faculty of Mining Engineering, Professor,

### **Yunus Turen**

Karabük University, "Faculty of Engineering" Metallurgical and Materials Engineering, Head of Production Metallurgy Department. PhD in Technical Sciences.

## **Russia**

### **Iskander Kuzeev**

Ufa State Petroleum Technical University, Department of "Machines and devices of chemical production", Professor.



## 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.

IRETC MTÜ The Baltic Scientific Journals seeks to be the world's premier open access outlet for academic research. As such, unlike traditional journals, IRETC MTÜ The Baltic Scientific Journals does not limit content due to page budgets or thematic significance. Rather, IRETC 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, IRETC MTÜ The Baltic Scientific Journals facilitates the discovery of the connections between papers, whether within or between disciplines.

IRETC MTÜ The Baltic Scientific Journals offers authors quick review and decision times; a continuous-publication format; and global distribution for their research via IRETC MTÜ The Baltic Scientific Journals Online. All articles are professionally copyedited and typeset to ensure quality.

Those who should submit to IRETC 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.



ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055

**ETM**

REFERRED & REVIEWED JOURNAL

**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/pahtei>

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://scsj.fisdd.org/index.php/esc>

**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/ALISJMSC

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)

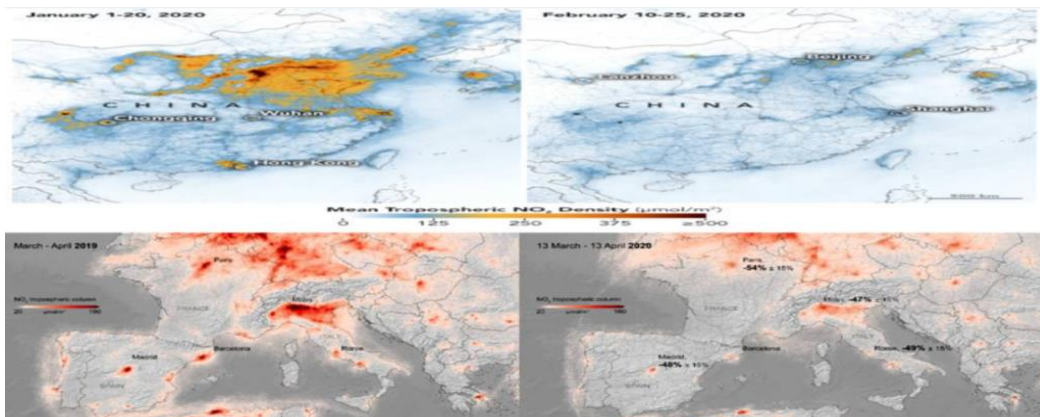
Authors are supposed to embed all figures and tables at appropriate place within manuscript. Figures and tables should neither be submitted in separate files nor add at the end of manuscript. Figures and Tables should be numbered properly with descriptive title. Each Figure/Table must be explained within 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)

<b>Layout</b>	<b>Size</b>	<b>Margin (Normal)</b>	<b>Header</b>	<b>Footer</b>	
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	
<b>Font</b>	<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
<b>Line Spacing</b>	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
<b>Page number</b>	We will format and assign page numbers				

New  
10)(Times  
Roman,

**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 AJJR [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 mənsubiyyəti (Departament, Fakültə/Kollec, Müəssisə/Universitet)

Cavabdeh 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 paraqrafda 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: IRETC. MTÜ (Estonia, Tallinn), R/C 80550594.

Director and Founder: Seyfulla İsayev (Azerbaijan).

Deputy and Founder: Namig İsayev. PhD in Business Administration. (Azerbaijan).

©Editorial office / Redaksiya: Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Narva mnt 5, 10117

Telephones / Telefonlar: +994 55 241 70 12 (Whatsapp); +994 55 280 70 12.

Website/Veb səhifə: <https://bsj.fisdd.org/>; <https://bsj.fisdd.org/index.php/etm>

E-mail: [sc.mediagroup2017@gmail.com](mailto:sc.mediagroup2017@gmail.com)

©Publisher: Azerbaijan State Oil and Industry University. I/C 1400196861 (Azerbaijan).

Acting rector: Vazeh Asgarov. PhD, Associate Professor.

Registered address: 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ1010.

©Editorial office: 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ1010.

©Typography: Azerbaijan State Oil and Industry University I/C 1400196861 (Azerbaijan).

Registered address: 20, Azadlig pr., Baku, Azerbaijan, AZ 1010.

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

# EQUIPMENT TECHNOLOGIES MATERIALS

AVADANLIQLAR, TEXNOLOGİYALAR, MATERIALLAR

VOLUME 19 (06) ISSUE 01 2024

CİLD 19 (06) BURAXILIŞ 01 2024



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

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



Platform &  
workflow by  
**OJS/PKP**

