



ISSN 2521-6376

Volume 5  
Number 2  
**2021**

# Journal of Baku Engineering University

MECHANICAL  
AND INDUSTRIAL  
ENGINEERING

Journal is published twice a year  
*Number-1. June, Number-2. December*

*An International Journal*

<http://journal.beu.edu.az>

## **Founder**

*Havar Mammadov*

## **Editor-in-chief**

*Huseyn Mirzeyev*

## **Co - Editor**

*Asif Quliyev*

## **Editorial advisory board**

*Garib Murshudov (York Academy, UK, London)*

*Maleykə Məmmədova (Azerbaijan State Oil and Industry University)*

*Rasim Beshirov (Azerbaijan Technical University, Azerbaijan)*

*Rasim Alizade (Azerbaijan Technical University, Azerbaijan)*

*Musa Kazimov (Azerbaijan State Oil and Industry University)*

*Nizami Yusubov (Azerbaijan Technical University, Azerbaijan)*

*Farhad Shirzadov (Baku Engineering University)*

*Fazil Veliyev (Azerbaijan Technical University, Azerbaijan)*

*İftixar Chelebi (Azerbaijan Technical University, Azerbaijan)*

*Vüqar Mustafayev (Mingəçevir Politexnik İnstitutu)*

## **International Advisory board**

*Ibrahim Hebibov (Azerbaijan State Oil and Industry University)*

*Yusuf Shahin (Nişantaşı University, Istanbul)*

*Alirza Motorcu (Çanakkale On Sekkiz Mart Üniversitesi)*

*Hikmet Kocabaş (İstanbul Teknik Üniversitesi)*

*Hakan Ateş (Gazi Üniversitesi, Ankara)*

*Ertuğrul Durak (Süleyman Demirel Üniversitesi, İsparta)*

*Robert Watty (University of Applied Sciences, Germany)*

*Adam Mazurkiewicz (University of Science and Technology, Poland)*

## **Executive Editors**

*Shafag Alizade*

## **Assistant Editors**

*Parviz Hasanov*

## **Design**

*Ilham Aliyev*

## **Contact address**

*Journal of Baku Engineering University  
AZ0102, Khirdalan city, Hasan Aliyev str. 120, Absheron, Baku, Azerbaijan*

**Tel:** 00 994 12 - 349 99 66/78 **Fax:** 00 994 12 349-99-90/91

**e-mail:** [journal@beu.edu.az](mailto:journal@beu.edu.az)

**web:** <http://journal.beu.edu.az>

**facebook:** [Journal Of Baku Engineering University](#)

Copyright © Baku Engineering University

ISSN 2521-6376

ISSN 2521-6376



# **Journal of Baku Engineering University**

**MECHANICAL AND  
INDUSTRIAL ENGINEERING**

**Baku - AZERBAIJAN**

# Journal of Baku Engineering University

## MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING

2021. Volume 5, Number 2

### CONTENTS

#### THE DEFINITION OF TIME TO CORROSION FAILURE

*Hijran A.Mammadova* .....51

#### DELAYED TORSIONAL DESTRUCTION OF AN ANISOTROPIC HOLLOW CYLINDER

*Mehriban Mammadova* .....60

#### GÜNƏŞ ENERJETİK QURĞULARININ TƏTBİQİNİN EKOLOJİ-İQTİSADİ GÖSTƏRİCİLƏRİ

*İlqar Qiyas oğlu Əliyev, Maarif Zabit oğlu Yusifov* .....65

#### SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF SAP QM MODULE IN PETROCHEMICAL INDUSTRY

*Tapdiq Dunyamali* .....69

#### ZOLAQVARI YATAQDA LAYIN AÇILMA DƏRƏCƏSİNƏ GÖRƏ HİDRODİNAMİK TAMAMLANMIŞ DÜZXƏTLİ YASTIDİBLİ KƏHRİZİN DƏQİQ MAYE DEBİTİ DÜSTURUNUN ÇIXARILMASI

*F.K. Kazımov, R.K. Hüseynova* .....75

UDC 620.194.2

## THE DEFINITION OF TIME TO CORROSION FAILURE

HIJRAN A.MAMMADOVA

Institute of Mathematics and Mechanics of ANAS, B.Vahabzade 9, Baku, AZ1141, Azerbaijan

*creepimm@gmail.com*

### ABSTRACT

A formula determining the time to corrosive failure was derived when depending on the applied stress the corrosion potential monotonically changes in time up to failure. A universal formula of long term corrosive strength that determines the time to corrosive failure under constant mechanical stress and potentials is offered.

**Key words:** metal-corrosive medium, stress, corrosive failure, temperature, corrosive strength

### KORROZIYA DAĞILMASINA QƏDƏR OLAN ZAMANIN TƏYİNİ

#### XÜLASƏ

Korroziya dağılmasına qədər olan zamanın təyini üçün nəzəri formullar məlum deyil. Bu işdə müəyyən dərəcədə buradakı boşluğu doldurmağa cəhd edilmişdir. Korroziya dağılmasının zamanını müəyyən edən formul çıxarılmışdır, dağılmaya qədər tətbiq olunan gərginlik nəticəsində korroziya potensialı zamandan asılı olaraq monoton dəyişir. Davamlı korroziya möhkəmliyinin universal formulu təqdim edilmişdir, hansı ki, sabit mexaniki gərginlik və potensialda korroziya dağılmasına qədər olan zamanı müəyyən edir.

**Açar sözlər:** metal – korroziya mühiti, mexaniki gərginlik, korroziya dağılmaları, temperatur, korroziya möhkəmliyi

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ДО КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ РЕЗЮМЕ

#### РЕЗЮМЕ

Теоретические формулы, позволяющие определить время до разрушения не известны. В данной работе сделана попытка в некоторой степени восполнить этот пробел. Выведена формула, определяющая время до коррозионного разрушения, когда в зависимости от приложенного напряжения потенциал коррозии монотонно изменяется во времени вплоть до разрушения. Предложена универсальная формула длительной коррозионной прочности, которая определяет время до коррозионного разрушения при постоянных механических напряжениях и потенциалах.

**Ключевое слова:** металл – коррозионная среда, механическое напряжение, коррозионное разрушение, температур, коррозионная прочность.

### Introduction

We define the metal corrosion process as a process of continuous accumulation of certain kind of damages. The proof on continuous crack propagation is in the paper [7]. We will assume that corrosive failure occurs when accumulated corrosion damages achieve a certain level. At this time, we will be interested in mechanism of formation and accumulation of these damages, although we note that apparently, they occur as a result of chemical reactions with aggressive medium components ongoing on the surface of the metal.

### Statement and solution of the problem

Let a non-negative function  $\eta(t)$  monotonically increasing with respect to time  $t$  characterize the degree (depth) of corrosion, in other words, the degree of accumulated corrosion damages. At this time, with regard to normalization we accept:  $0 \leq \eta(t) \leq 1$ . At the initial

moment of time the quantity  $\eta(t)$  equals zero:  $\eta(0)=0$ . Corrosive failure happens for the time  $t_*$  for which  $\eta(t_*)=1$ . We use the law of physical-chemical kinetics. Following this law, the function  $\eta(t)$  satisfies the following equation:

$$\frac{d\eta}{dt} = \Omega[\eta(t), u(\sigma_0, t)]. \quad (1)$$

Equation (1) means that the speed of accumulation of corrosive damages at the moment  $t$  is a function (denoted by  $\Omega$ ) from corrosiveness degree  $\eta(t)$  achieved to the moment  $t$  and potential  $u$  at the considered time moment. Accept that the quantities  $\eta$  and  $u$  have separate influence on the corrosion speed:  $\Omega = \psi(\eta)\phi(u)$ .

Allowing for this, we rewrite equation (1) in the form:

$$\frac{d\eta(t)}{dt} = \psi(\eta)\phi(u). \quad (2)$$

We integrate equation (2) provided  $\eta(0)=0$ :

$$\int_0^{\eta} \frac{d\eta(t)}{\psi(\eta)} = \int_0^t \phi(u(\sigma_0, \tau)) d\tau.$$

Taking into account the condition  $\eta(t_*)=1$ , we get

$$\int_0^{t_*} \phi(u(\sigma_0, \tau)) d\tau = 1 \quad (3)$$

where  $\phi = \phi/B$ ,  $B = \int_0^1 \frac{d\eta}{\psi(\eta)}$ .

If in the corrosive process, for every fixed  $\sigma_0$  the potential is maintained constant  $u = u_0 = u(\sigma_0, 0) = const$ , then from (3) we get

$$t_0 = \frac{1}{\phi(u_0)} = \frac{1}{\phi(u(\sigma_0, 0))}, \quad (4)$$

where  $t_0$  is the time to corrosive failure for the constant  $u_0 = u(\sigma_0, 0)$  (in this case  $t_*$  goes to  $t_0$ ). Assuming that  $t_0$  is a universal function for the "metal-corrosive medium" system, we can rewrite equation (3) in the form:

$$\int_0^{t_*} \frac{d\tau}{t_0(u(\sigma_0, \tau))} = 1. \quad (5)$$

The experiments that allow to determine the time to corrosive failure  $t_0$  for the constants  $\sigma_0$  and  $u_0$  are in references, in particular in [2,3,5,6]. An example of this are experimental data of dependences  $t_0 \sim u, \sigma_0$  represented by the solid lines in figure 1.

These data belong to H.Turnes [6]. They define the time to corrosive failure of rods made of chromium-nickel steel 18-9 on the magnitude of tensile stress and corrosive potential in the

boiling deaerated solution  $MgCl_2$ . Experimental data of H.Turnes are typical for many “metal-corrosive medium” systems.

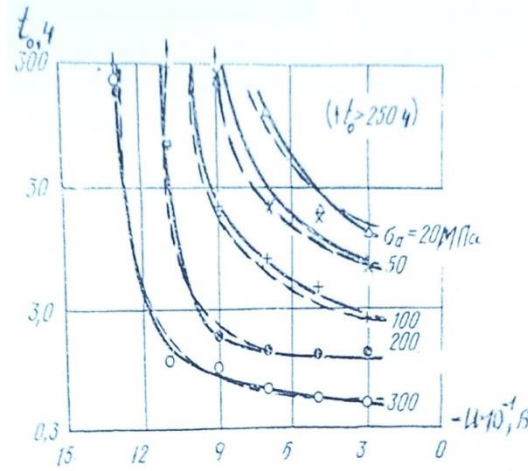


Fig. 1. Dependence of the time to failure of rods made of chromium-nickel steel 18-9 in the boiling solution  $MgCl_2$  on the magnitude of tensile stress and potential: solid lines are the data of H.Turnes experiment, broken lines are the calculations by formula (7)

We suggest the following empiric formula for the function  $t_0$  (we omit the index for  $\sigma$ )

$$t_0 = \left[ \frac{1}{t_{0s}(\sigma)} + \frac{1}{A(\sigma)} \left( 1 - \frac{u}{u_s(\sigma)} \right)^{\alpha(\sigma)} \right]^{-1} \cdot (6)$$

Here  $u_s(\sigma)$  is minimal value of the potential from the range of its change for the given stress  $\sigma$ ;  $t_{0s}(\sigma)$  is the time to corrosive failure for  $u = u_s(\sigma)$ ;  $A(\sigma)$  and  $\alpha(\sigma)$  are some functions from the applied constant stress. If the limits of experiments allow as  $u_s(\sigma)$  to choose the potentials that are threshold for each  $\sigma$ , in this case  $t_{0s}(\sigma) \rightarrow \infty$ . At this time formula (6) goes to the formula

$$t_0 = A(\sigma) \left( 1 - \frac{u}{u_s(\sigma)} \right)^{\alpha(\sigma)} \quad (7)$$

Experimental verification of empiric formula (7) was carried out by using H.Turnes experimental data. As can be seen, experiments on corrosive failure were conducted for the following values of the stress  $\sigma$ : 20; 50; 100; 200; 300 MPa .

1. Значение функций  $u_s, \alpha, A$  в зависимости от напряжения  $\sigma$  .

$\sigma, MPa$	$u_s, B$	$\alpha$	$A, h$
50	-0,09	1,35	4
100	-0,1	0,96	1,95
200	-0,11	0,92	0,6
300	-0,13	1,05	0,3

For each stress the quantities  $u_s$  were determined as threshold value of the potential. These values of  $u_s$  depending on  $\sigma$  were indicated in table 1. For these values of  $u_s$  the quantity  $t_{0s}(\sigma) \rightarrow \infty$ . Without going into details, note that using the method for determining the parameters of the empiric formula, the quantities  $A(\sigma)$  and  $\alpha(\sigma)$  were also found. The obtained values of these quantities were also given in table 1. The graphs of functions  $u_s$ ,  $A(\sigma)$  and  $\alpha(\sigma)$  were represented in fig.2.

As can be seen, for the systems of experiments under consideration the quantity  $\alpha$  weakly depends on the stress. For practical calculations the quantity  $\alpha$  can be accepted stress-independent. In the given case  $\alpha \approx 1$ . According to experimental data, the dependence  $u_s \sim \sigma$  clearly is linear character. But the function  $A$  changes in a substantial way when  $\sigma$  changes.

Proceeding from this fact, the functions  $u_s(\sigma)$  and  $A(\sigma)$  were approximated by the following formulas:

$$\frac{u_s}{u_{0s}} = a_0 \frac{\sigma}{\sigma_{0s}} + b_0; \quad A(\sigma) = A_0 \left( \frac{\sigma}{\sigma_{0s}} \right)^\sigma \quad (8)$$

But finding this law, especially for complicated geometry bodies, represents certain difficulties because of specificity of the corrosive process. In the case when in the corrosion process the stress  $\sigma_e$  changes in time  $t$  and the law  $\sigma_e = \sigma_e(t)$  is unknown, to determine the time to corrosive failure we will use the method suggested in [3]. According to [3], we accept the function  $\eta(t)$  in the form

$$\eta(t) = 1 - \frac{\sigma_{e0}}{\sigma_e(t)}, \quad (9)$$

where  $\sigma_{e0}$  is nominal stress:  $\sigma_{e0} = \sigma_e(t)|_{t=0}$ . Suppose that the quantity  $\frac{\sigma_{e0}}{\sigma_e(t)}$  for  $t = t_*$  becomes a small quantity compared to a unit.

In the first approximation we will assume  $\psi(\eta) = 1$ . In this case, from (4) we have:  $B = 1$ ,  $\varphi = \phi$ . Following [1] we also accept:  $\alpha = \frac{1}{2}$ . For these data, we take into account (5) and (8) in the equation (2) and get

$$\frac{\sigma_{e0}}{\sigma_e^2} \frac{d\sigma_e}{dt} = \frac{1}{A} \left( \frac{\sigma_e}{\sigma_s} - 1 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Integrate this relation

$$\frac{t_*}{A} = \sigma_{e0} \int_{\sigma_{e0}}^{\sigma_b} \frac{d\sigma_e}{\sigma_e^2 \left( \frac{\sigma_e}{\sigma_s} - 1 \right)^{1/2}}, \quad (10)$$

where  $\sigma_b$  is a stress at which separation of pure metal occurs [1].



Having calculated the integral and making some transformations, from (9) as a final result we get

$$t_* = A \left\{ \frac{\sigma_{e0}}{\sigma_s} \left( \lambda - \operatorname{arctanh} \sqrt{\frac{\sigma_{e0}}{\sigma_s} - 1} \right) - \sqrt{\frac{\sigma_{e0}}{\sigma_s} - 1} \right\} \quad (11)$$

Here:

We represent the function  $\psi(\eta)=1$  that enter the formula (2) as a power function  $\psi(\eta)=D_1\eta^\lambda$ , where  $D_1$  and  $\lambda$  are constants. Having adopted the denotation  $D_1B=D$ , we can rewrite the equation (2) in the form

$$\frac{d\eta(t)}{dt} = D\eta^\lambda(t)\varphi(u(\sigma_0,t))$$

or allowing for (4) in the form

$$\frac{d\eta(t)}{dt} = \frac{D\eta^\lambda(t)}{t_0(u(\sigma_0,t))}. \quad (12)$$

For the function  $\eta(t)$  a priori we have the following expression

$$\eta = \left( \frac{u - u_0}{u_b - u_0} \right)^\gamma, \quad (13)$$

where  $\gamma$  is a constant  $u_0 = u(\sigma_0;0)$ ;  $u_b = u(\sigma_0;t_*)$ . As we see  $\eta(u_0)=0$ ;  $\eta(u_b)=1$ . Meaning that  $\eta$  is a monotonically increasing time function, according to formula (13) the quantity  $u$  should be a monotonically increasing or monotonically decreasing function of  $t$ :  $\frac{du}{dt} > 0$  or

$$\frac{du}{dt} < 0.$$

The noted condition of monotonicity of the potential holds for example, in the case when the applied stress is less than the yield point [3,5] or the induction period occupies short part of test time under corrosive conditions in the stress state [4].

The choice of the kind of the function  $\eta$  is ambiguous, i.e. instead of the formula (13) another formulas for  $\eta$  can be chosen. But such an ambiguity when choosing formula  $\eta$  gives small deviation of the value of the quantity  $t_*$  because of normalizing constants  $D, \lambda, \gamma$  that are universal constants for each "metal-corrosive-medium" systems and at the final result should be determined by the data of corresponding experiments.

Now, using formula (13) we calculate

$$\frac{d\eta}{dt} = \gamma \left( \frac{u - u_0}{u_b - u_0} \right)^{\gamma-1} \frac{1}{u_b - u_0} \frac{du}{dt}. \quad (14)$$

To concretize the function  $t_0$  that enters into (12) we use formula (7). Now we take into account (7), (11) and (14) in equation (12) and get

$$dt = \frac{\gamma A}{D} \frac{(u - u_0)^{\gamma(1-\lambda)-1}}{(u_b - u_0)^{\gamma(1-\lambda)}} \left(1 - \frac{u}{u_s}\right)^{-\alpha} du. \quad (15)$$

Here  $D, \lambda, \gamma$  are the constants, the remaining quantities are the functions of the stress that was omitted at the time of computation  $\sigma_0$ . Integrate the relation (15):

$$t_* = \frac{\gamma A}{D} \frac{1}{(u_b - u_0)^{\gamma(1-\lambda)}} \int_{u_0}^{u_b} \frac{(u - u_0)^{\gamma(1-\lambda)-1}}{\left(1 - \frac{u}{u_s}\right)^{-\alpha}} du. \quad (16)$$

We make the following change of variables:  $\frac{u - u_0}{u_b - u_0} = x$ . At this time relations (16) are transformed to the form:

$$t_* = \frac{\gamma A}{D} \int_0^1 x^{\beta-1} \left[1 - \frac{u_0}{u_s} - \left(\frac{u_b - u_0}{u_s} - \frac{u_0}{u_s}\right)x\right]^{-\alpha} dx, \quad (17)$$

where  $\beta = \gamma(1 - \lambda)$ .

Furthermore, we accept the denotation

$$f(x) = \left[1 - \frac{u_0}{u_s} - \left(\frac{u_b - u_0}{u_s} - \frac{u_0}{u_s}\right)x\right]^{-\alpha}. \quad (18)$$

At this time  $0 \leq x \leq 1$ . Allowing for the change interval of the arguments  $x$  and wanting to express the integral (17) that enters into (17) by the elementary functions, we expand the function  $f$  determined by the formula (18) into Macleron series. Further use of the Macleron series of the function  $f(x)$  in (17) allows to calculase the integral included in (17). As a result, the relation (17) is reduced to the form:

$$t_* = A \left(1 - \frac{u_0}{u_s}\right)^{-\alpha} \left[ \frac{\gamma}{D\beta} + \frac{\gamma}{D} \frac{\alpha}{D\beta + 1} \frac{u_b - u_0}{u_s - u_0} + \frac{\gamma}{D} \frac{\alpha(\alpha + 1)}{2(\beta + 2)} \left(\frac{u_b - u_0}{u_s - u_0}\right)^2 + \dots \right]$$

By introducing new experimentally defined constants  $L_1, L_2, L_3$  we interrupt the series in the last formula

$$t_* = A \left(1 - \frac{u_0}{u_s}\right)^{-\alpha} \left[ L_1 + L_2 \frac{u_b - u_0}{u_s - u_0} + L_3 \left(\frac{u_b - u_0}{u_s - u_0}\right)^2 \right]. \quad (19)$$

Formula (19) defines the time to corrosive failure in the case of nonstationary change of the corrosion potential for the given stress through the initial value of the potential  $u_0$ , the values of the potential at the failure moment  $u_b$ , the threshold value of the potential  $u_s$  the functions  $A(\sigma), \alpha(\sigma)$  and the constants  $L_1, L_2, L_3$ . Allowing for (19) we write the relation (7) in the form

$$t_* = t_0(\sigma_0, u_0) \left[ L_1 + L_2 \frac{u_b - u_0}{u_s - u_0} + L_3 \left( \frac{u_b - u_0}{u_s - u_0} \right)^2 \right] \quad (20)$$

$u_0 = u(\sigma_0, 0)$  and  $u_b = u(\sigma_0, t_*)$  included in this formula for each given stress  $\sigma_0$  can be measured in the experiment conditions [3,6,9].

Following experimental data [9,10] the dependences  $u_0 \sim \sigma_0, u_b \sim \sigma_0$  are close to linear ones. To determine the constants  $L_1, L_2$  and  $L_3$  the results of the following experiment can be used. Let for every given stress  $\sigma_0$  potential  $u$  in the corrosion process change with constant speed  $u = \dot{u}t + u_0$ , where  $\dot{u} = const$ . At this time  $u_b = \dot{u}t_* + u_0$ .

Hence  $t_* = \frac{u_b - u_0}{\dot{u}}$ . We take this into account in (20)

$$L_1 + L_2 \frac{u_b - u_0}{u_s - u_0} + L_3 \left( \frac{u_b - u_0}{u_s - u_0} \right)^2 = \frac{u_b - u_0}{\dot{u}t_0(\sigma_0, u_0)} \quad (21)$$

Assigning different values  $\sigma_0 = \sigma_0^{(k)} = const, (k = 1, 2, \dots)$  on each  $k$ -th experiment, we find the quantities  $u_0(\sigma_0^{(k)}), u_b(\sigma_0^{(k)}), u_s(\sigma_0^{(k)})$ . Since the function  $t_0$  is also assumed to be determined from corresponding experiments then (21) represents a system of linear algebraic equations for determining three constants  $L_1, L_2$  and  $L_3$ . When defining these constants one of mathematical approximation methods should be used for experimental verification of formula (20).

The H.Turnes [6] experimental data on determining the times to corrosive failure of rods  $t_*$  made of chromium-nickel steel 18-9 in the boiling solution  $MgCl_2$  under stationary change of potential depending on the applied constant stress were used.

To this end, at first the dependences  $u_0 \sim \sigma_0$  and  $u_b \sim \sigma_0$  were used.

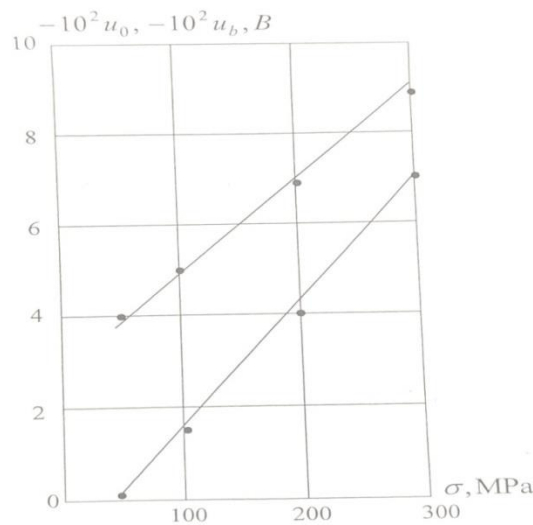


Fig. 2 Dependence of potentials  $u_0 = u(\sigma, 0)$  and  $u_b = u(\sigma, t_*)$  on the applied stress  $\sigma$ : the dots are the data of H.Turnes experiments, the lines are approximation of these points.

Experimental values of the quantities  $u_0(\sigma_0)$  and  $u_b(\sigma_0)$  were represented in table 2, and also were marked by the dots in fig. 3

As can be seen, these points lie near straight lines that were approximated by the following equations

$$\frac{u_0}{u_{0,s}} = 2,16 \frac{\sigma_0}{\sigma_{0,s}} + 0,92; \quad \frac{u_b}{u_{0,s}} = 2,67 \frac{\sigma_0}{\sigma_{s,0}} - 0,365. \quad (22)$$

Here, as in formulas (9), were accepted  $u_{0,s} = -0,03B$ ,  $\sigma_{0,s} = 300MPa$ .

**2. Experimental and calculation data of the quantities  $u_s, u_0, t_0, u_b$  and  $t_*$  depending on the given stress  $\sigma$**

$L_1 = 1; L_2 = 0,62; L_3 = 0,13$										
$\sigma$ MPa	$-10^2 u_s, B$		$-10^2 u_0, B$		$t_0, h$		$-10^2 u_b, B$		$t_*, h$	
	experim ent	calculati on	experi ment	calcul ation	experim ent	calculati on	experim ent	calcul ation	experim ent	calculati on
50	9	9,1	4	3,84	8,2	7,84	0,25	0,24	5,2	5
100	10	9,8	5	4,92	3,4	3,24	1,5	1,575	2,25	2,1
200	11	11,26	7	7,08	1,45	1,5	4,0	4,2	0,95	1
300	13	12,7	9	9,24	1	1,08	7,0	6,9	0,7	0,74

Calculation values of  $u_0$  and  $u_b$  obtained on the basis of equation (22), the values of  $u_s$  calculated according to the formula (18) were represented in table 2. Experimental and calculational data of the function  $t_0$  depending on the initial potential  $u_0$  determined for each stress, are also given here.

The constants  $L_1, L_2$  and  $L_3$  were also determined By our calculation these constants are the followings:  $L_1 \approx 1, L_2 \approx 0,62$  and  $L_3 \approx 0,13$ .

After finding all necessary quantities, according to formula (20) the calculations of the time to  $t_*$  to corrosive failure were carried out.

The results of calculations were represented in table 2. Experimental data for comparison are also given here.

The graph of the function  $t_*$  was constructed on the base of the obtained data.

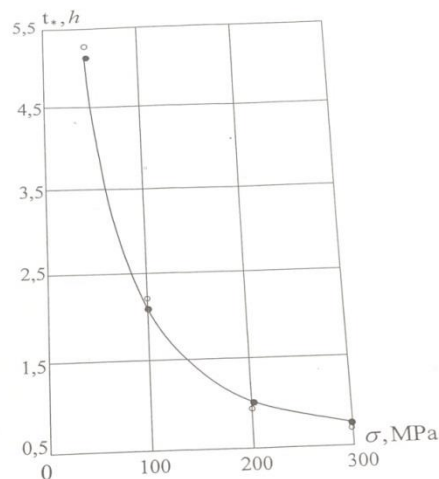


Fig.3.

This graph determines the time to failure of rods made of chromium nickel steel 18-9 in the boiling solution  $MgCl_2$  where for each applied stress the corrosion potential changes in time up to failure. Corresponding experimental data were represented in this figure by light dots. There is an acceptable consent of calculational data with experimental ones.

### Conclusions

A formula determining the time to corrosive failure was derived when depending on the applied stress the corrosion potential monotonically changes in time up to failure.

A universal formula of long term corrosive strength that determines the time to corrosive failure under constant mechanical stress and potentials is offered. The marked formulas were experimentally verified when using experimental data on corrosive failure of rods made of chromium nickel steel 18-9 in boiling solution,  $MgCl_2$  obtained by H.Turnes. It was shown that for the "metal-corrosive-medium" system used by H.Turnes the values that obtain potential at the initial moment of time, at the failure moment also linearly depend on the applied stress

### REFERENCES

1. H.L.Logan. The stress corrosion of metals. 1967, New-York, John Wiley&Sons, Inc. 239 p.
2. H.Kaesche. Die corrosion der Metalle. 1979, Berlin-Heidelberg-New-York, Springer-Verlaq, 400p.
3. H.D.Tomashov, G.P.Chernova. Theory of corrosion and corrosion resistant constructional alloys. 1986 Moscow USSR publ. 591p.
4. A.V.Ryabchenkov and V.M.Nikiforova. Intercrystalline corrosion. Corrosion of metals in stress state (editor-in – chief I.A.Levin) Moscow 1960, p.178-197.
5. H.Ternes. Dissertation, TU Clausthal 1963, Brauns E., Ternes H.: Werkstoffe und Korr. 1968, 19,1.
6. Baumel A., Enwell H-J.: Arch. Eisenhüttenwesen, 1957, 30, 417.
7. Talybly L.Kh. On determining the time to corrosion fracture of metals//Transactions of NASA, ser. of phys.-tech. and math. sc. Baku "Elm", 2003, v.XXIII, №1, p.239-246.
8. G.V.Akimov. Theory and methods for studying corrosion of metals. 1945. Moscow Leningrad USSR publ.414p.
9. E.M.Gutman. Mechanochemistry of metals and corrosion protection. Moscow Metallurgia, 1981, 271p.

UDC 620.194.2

## DELAYED TORSIONAL DESTRUCTION OF AN ANISOTROPIC HOLLOW CYLINDER

MEHRİBAN MAMMADOVA

Institute of Mathematics and Mechanics of NAS of Azerbaijan,

B.Vahabzade str.9, AZ 1141,

Baku, Azerbaijan

*meri.mammadova@gmail.com*

### ABSTRACT

The process of torsional scattered destruction of a cylindrical hollow shaft with variable shear modulus along the radius, was studied. The destruction front movement equation was derived and solved. The front extension curves were constructed on the base of the results of numerical calculations.

**Keywords:** Cylindrical anisotropy, scattered destruction, damageability, incubation period, fracture front, torsion.

**ДЛИТЕЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ АНИЗОТРОПНОГО ПОЛОГО ЦИЛИНДРА ПРИ КРУЧЕНИИ**

### РЕЗЮМЕ

Исследован процесс рассеянного разрушения цилиндрического полого вала при кручении, с переменным вдоль радиуса модулем сдвига. Выведено и решено уравнение движения фронта разрушения. На основе результатов численного расчета построены кривые распространения фронта.

**Ключевые слова.** Цилиндрическая анизотропия, рассеянное разрушение, повреждаемость, инкубационный период, фронт разрушения, кручение.

**ANIZOTROP BOŞ SILINDRIN BURULMADA UZUNMÜDDƏTLİ DAĞILMASI**

### XÜLASƏ

Radius boyu dəyişən sürüşmə modulu olan boş silindrik valın burulmada səpələnmiş dağılma prosesi tətbiq olunmuşdur. Dağılma cəbhəsinin hərəkət tənliyi alınmış və həll edilmişdir. Hesablamalar nəticəsində dağılma cəbhəsinin yayılmasını xarakterizə edən qrafiklər qurulmuşdur.

**Açar sözlər.** Silindrik anizotropiya, səpələnmiş dağılma, zədələnmə, inkubasiya periodu, dağılma cəbhəsi, burulma.

### I. Introduction

Delayed strength of hollow shafts, thickwalled cylindrical pipes under statical loading with a torque is determined by temporary destruction process dependent in particular on the size of the torque, rheology, anisotropy of mechanical features of the shaft, its geometry. Such a similar static fatigue phenomenon is explained by the availability of irreversible kinetic process of damage accumulation in the body, by the scattered destruction. Knowledge of the period of the latent and apparent destruction allows sufficient use of the life cycle of the construction.

In the present paper, based on the Suvorova – Akhundov hereditary type damage theory we study the process of scattered destruction of a hollow circular cylinder by the torsional moments applied to its endwalls. The material of the hollow shaft possesses cylindrical axisymmetric anisotropy under which mechanical module depend only on the current radius (cylindrical system of coordinates  $r, \theta, z$ ).

Let us consider a hollow circular cylinder with cylindrical anisotropy and twisted with moments applied to its endwalls. We suppose that this body is bounded by the surfaces of coaxial circular cylinders of radius  $a$  and  $b$ , and of length  $l$ . We assume that one endwall is fixed in position, and the another one is under the actions leading to the twisting moment  $M$ . Anisotropy of the cylinder is considered to be cylindrical and the anisotropy axis coincides with geometrical axis and is taken as the axis  $Z$ ; we locate the center of the axis  $Z$  on the unfixed endwall. On the anisotropy we impose the following restrictions: elastic features are such that relative radial, annual and axial deformations are independent of tangential stress in the cross - sectional plane; the main elasticity module are independent of annular and axial coordinates. These conditions may be satisfied if we assume that only annular and axial displacements are nonzero, and tangential stress in the cross – sectional plane perpendicular to the radius is non – zero. From common formulas from theory of elasticity of an anisotropic body we get that only the shear modulus  $G$  influences on this stress  $\tau_{\theta z}$ . We will consider it variable along the cross – sectional radius:  $G = G(r)$ .

## II. Literature review and problem statement

In model relations the damage accumulation process is described by a hereditary type damage operator that in the absence of unloading behaves as an ordinary viscoelasticity operator that allows to use the existing solution methods.

We accept the power law of change of shear modulus  $G$  ( $G_\theta$  – for cylindrical anisotropy) along the radius:

$$G = g\left(\frac{r}{b}\right)^n; n > 0.$$

Using the highest stress strength criterion [1] allowing for the single non – zero tangential stress, we have:

$$\tau_{\theta z}(t, t) + \int_0^t K(t-s)\tau_{\theta z}(t, s)ds = \tau_0, \quad (1)$$

where  $K(t-s)$  is a damage operator kernel. The stress has different representations for various values of the parameter  $n$  of nonlinear distribution in thickness of a shear modulus pipe [2]. For  $n > 0$  it has the form:

$$\tau_{\theta z} = \frac{M(4+n)}{2\pi} \frac{r^{1+n}}{b^{4+n} - a^{4+n}}, \quad (2)$$

where  $a$  and  $b$  are internal and external radii of the pipe,  $M$  is torque,  $r$  is a current radius of the inner point of the pipe's section.

## III. The aim and objectives of the study

Destruction will happen first in the place where the tangential stress  $\tau_{\theta z}$  attains its greatest value. Simple analysis of formula (2) shows that for  $n > 0$  this will be an external surface layer. And

$$\tau_{\theta z}^{\max} = \frac{M(4+n)}{2\pi a^3} \frac{d^{1+n}}{d^{4+n} - 1}; \quad n > 0 \quad (3)$$

where  $d = b/a$ .

Taking into account representation (3) in the strength criterion (1), we obtain an algebraic equation with regard to initial destruction time  $t_0$ , that for constant torque has the form:

$$\int_0^{t_0} K(s)ds = \frac{\tau_0}{\tau_{\theta_c}^{\max}} - 1 \quad (4)$$

Hence we get a condition imposed on the size of the torque and geometry of the pipe under which incubation period  $t_0$  of latent destruction exists. This condition is determined by the positivity of the right hand side of the equation (4).

$$M < \frac{2\pi}{4+n} (d^3 - d^{-1-n}) a^3 \tau_0; n > 0 \quad (5)$$

For the values of the torque greater than the ones determined by the inequality (5), the destruction of the surface boundary layer happens instantly on the application of torque.

For a weakly – singular kernel  $K(t, s) = K(t, s)^{-a}$ ;  $0 < a < 1$  from (4) we get:

$$t_0 = \left[ \frac{1-a}{k} \left( \frac{2\pi\tau_0 a^3 (d^{4+n} - 1)}{M(4+n)d^{1+n}} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{1-a}} \quad (6)$$

After the destruction of the surface layer, an expanding ring – shaped destruction zone adjacent to the external surface is formed over time for  $n > 0$ . Assuming that loss of load – bearing ability of the pipe material behind the front destruction the equation of its motion is obtained from the strength criterion (1), preliminarily having made substitution in (2):

$$\frac{r}{a} = \beta(t); \frac{b}{a} = \beta(\tau); \frac{2\pi a^3 \tau_0}{(4+n)M} = g_n; n > 0 \quad (7)$$

Then we get the following integral equation of destruction front motion:

$$\frac{\beta^{1+n}(t)}{\beta^{4+n}(t) - 1} + \int_0^t K(t-s) \frac{\beta^{1+n}(t)}{\beta^{4+n}(s) - 1} ds = g_n \quad (8)$$

In all the cases the function  $\beta(t)$  determines the coordinate of the destruction front. It should be noted that for  $n > 0$  the function  $\beta(t)$  is monotonically decreasing.

The integral equation (8) of the destruction front motion is a second kind nonlinear Volterra integral equation. In the general case, for an arbitrary form of the kernel of the integral member, its integration is a difficult mathematical problem. However, for some parts of the kernel of the integral term it is succeeded to obtain solutions in a visible analytic form. This allows to analyze qualitatively the destruction process picture and reveal its most significant features. To this end here in what follows we accept that the kernel of the integral term is a constant:  $K(t-s) = K = const$ . Then the destruction front equation takes the form:

$$\frac{1}{\beta^{4+n}(t) - 1} + K \cdot \int_0^t \frac{ds}{\beta^{4+n}(s) - 1} = \frac{g_n}{\beta^{1+n}(t)} \quad (9)$$



For obtaining a differential equation describing the motion of destruction front we differentiate equation (9) with respect to time. Then we get the following differential equation determining the velocity of destruction front extension;

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{k\beta^{2+n}(\beta^{4+n} - 1)}{(4+n)\beta^{5+2n} - (1+n)g_n(\beta^{4+n} - 1)^2} \quad (10)$$

For  $n > 0$  the function  $\beta(t)$  decreases, therefore the right hand side of (10) should be negative. Since  $\beta > 1$  the numerator of the right hand side of (10) is positive, then its denominator should be negative, i.e.

$$(4+n)\beta^{5+2n} - (1+n)g_n(\beta^{4+n} - 1)^2 < 0 \quad (11)$$

Hence we get a necessary condition imposed on the torque under which the process of destruction front motion is possible:

$$g_n > \frac{4+n}{1+n} \frac{\beta^{5+2n}}{(\beta^{4+n} - 1)^2} \quad (12)$$

This condition should be necessarily followed at least for the initial moment  $t_0$ , when  $\beta = \beta_0 = \frac{b}{a}$ .

Taking into account the expression for  $g_n$  (7), we write this condition in the explicit form:

$$M < 2\pi a^3 \tau_0 \frac{1+n}{(4+n)^2} \frac{(\beta_0^{4+n} - 1)^2}{\beta_0^{5+2n}} \quad (13)$$

$\beta = \beta_0 = d = \frac{b}{a}$  will be the initial condition of the differential equation (10) for  $t = t_0$ , where

$$t_0 \text{ is determined by formula (6) for } \alpha = 0; t_0 = \frac{1}{K} \left( g_n \frac{d^{4+n} - 1}{d^{1+n}} - 1 \right).$$

Now integrating (10) we get the following analytic expression determining the law of destruction front motion:

$$\ln \left| \frac{\beta^{4+n} - 1}{\beta_0^{4+n}} \right| - g_n(1+n) \times \left\{ \frac{1}{3}(\beta^3 - \beta_0^3) + \left( \frac{1}{\beta^{1+n}} - \frac{1}{\beta_0^{1+n}} \right) \right\} = K(t - t_0) \quad (14)$$

In fig.1. we give the curves of destruction front motion for  $n = 0; 1; 2$  calculated by formula (14) for  $\beta_0 = 2; (4+n)g_n = 18$

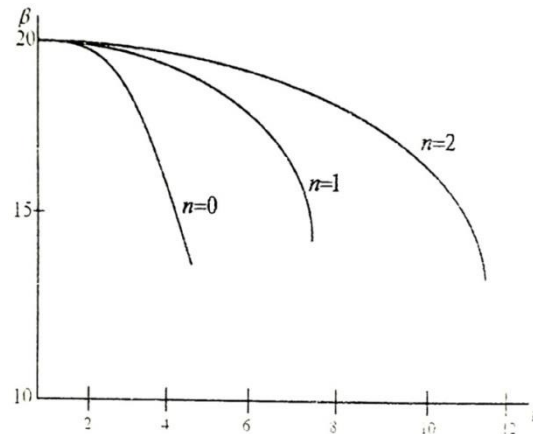


Fig.1. The curves of destruction front motion for a constant kernel

As it follows from the graphs, as the destruction front extends, the motion speed increases and with increasing the power  $n$  of variability of the shear modulus in thickness of the hollow shaft, the destruction process occurs less intense.

For a weakly – singular kernel of damage operator  $K(t,s) = K(t-s)^\alpha$  the nonlinear integral equation (8) was calculated numerically for the value  $\alpha = 0,15$ ;  $n = 0; 1; 2$  for  $\beta_0 = 2$ ;  $(4+n)g_n = 12$ . Appropriate curves are given in fig.2.

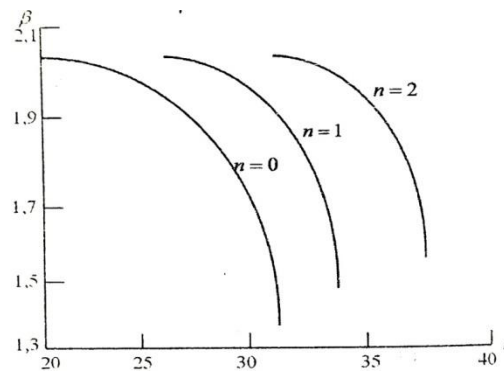


Fig.2. The curves of destruction front motion for a weakly – singular kernel.

The given graphs testify on significant influence of singularity of the damage operator kernel affecting a sharp acceleration of the destruction process.

#### IV. Conclusion.

A problem of initiation and development of torsional destruction zone in a cylindrical anisotropic hollow cylinder when shear modulus changes along the section. Significant influence of variability of shear modulus on the destruction front propagation velocity, is revealed.

#### REFERENCES

1. Suvorova Yu.V., Akhundov M.B. Delayed destruction of an isotropic medium under complex stress state conditions. Mashinovedenie, AN SSSR, 1986, №4, p.40-46
2. Lekhnitskiy S.Q. Theory of elasticity of anisotropic body. M., Nauka, 1977, p.416
3. Kachanov L.M. Fundamentals of fracture mechanics. M., Nauka, 1974, p.312

UDK 620.92

## GÜNƏŞ ENERGETİK QURĞULARININ TƏTBİQİNİN EKOLOJİ-İQTİSADİ GÖSTƏRİCİLƏRİ

İLQAR QIYAS OĞLU ƏLİYEV, MAARİF ZABİT OĞLU YUSİFOV

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti,*

*i\_q\_aliyev@mail.ru*

<https://orcid.org/0000-0002-5015-8354>,

*maarif\_yusifov@mail.ru*

### XÜLASƏ

Məqalədə ventilyasiya və kondisiyalaşdırma sistemlərinə günəş enerjisindən istifadə variantının hesabat sxemi işlənmişdir. Günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismar edilməsi məqsədilə işlənmiş investisiya layihəsinin iqtisadi səmərəliyi tədqiq edilərək, investisiya layihələrinin əldə edilmiş göstəricilərə və iqtisadi səmərəliyinin qiymətləndirilməsi üsullarına əsasən günəş energetik qurğularının quraşdırılmasının və istismara verilməsi müəssisələrdə nə dərəcədə səmərəli olduğunu müəyyənləşdirilmişdir. Təklif edilən investisiya layihəsinin həyata keçirilməsi sərmayəçilər üçün iqtisadi cəhətdən sərfəli olması əsaslandırılmışdır.

**Açar sözlər.** günəş energetik qurğuları, iqtisadi səmərəlilik, günəş enerjisindən istifadə, ventilyasiya, kondisiyalaşdırma.

### ECOLOGICAL-ECONOMIC INDICATORS OF THE APPLICATION OF SOLAR ENERGY DEVICES

#### ABSTRACT

The article has developed a scheme for calculating the use of solar energy in ventilation and air conditioning systems. The economic efficiency of an investment project developed for the purpose of installation and operation of solar power plants is investigated, and based on the obtained indicators and methods for assessing the economic efficiency of investment projects, it is determined how effective the installation and commissioning of solar power plants at enterprises is. It is proved that the implementation of the proposed investment project is economically beneficial for investors.

**Keywords.** solar energy facilities, economic efficiency, use of solar energy, ventilation, air conditioning.

### ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

#### РЕЗЮМЕ

В статье разработана схема расчета варианта использования солнечной энергии в системах вентиляции и кондиционирования. Исследована экономическая эффективность инвестиционного проекта, разрабатываемого с целью установки и эксплуатации солнечных энергетических установок, и на основе полученных показателей и методов оценки экономической эффективности инвестиционных проектов определено, насколько эффективна установка и ввод в эксплуатацию солнечных энергетических установок на предприятиях. Обосновано, что реализация предложенного инвестиционного проекта экономически выгодна для инвесторов.

**Ключевые слова:** солнечные энергетические установки, экономическая эффективность, использование солнечной энергии, вентиляция, кондиционирование.

Müasir dövrdə ölkədə yanacaq-enerjiyə olan tələbatın artması ilə əlaqədar olaraq günəş energetik qurğularının tətbiqinin genişləndirilməsi tələb olunur. Bina və qurğuların insanların komfort tələbləri çərçivəsində yaşaması baxımından və eləcə də enerjiyə ciddi qənaət baxımından kompleks təşkilatı və texniki tədbirlərin yerinə yetirilməsi ilə əldə edilir [1,2]. Məhz bu baxımdan, investisiya layihələrinin əldə edilmiş göstəricilərə və iqtisadi səmərəliyinin qiymətləndirilməsi üsullarına əsasən günəş energetik qurğularının quraşdırılmasının və istismara

verilməsi müəssisələrdə nə dərəcədə səmərəli olduğunu müəyyənləşdirək. Bu məqsədlə, investisiya layihəsi üzrə pul vəsaitləri axınının cari diskontlaşdırılmış dəyərinin hesablanması cədvəlini tərtib edirik. Buna görə təklif edilən investisiya layihəsi üçün müəyyən edilmiş və aşağıda verilmiş göstəricilərdən və Cədvəl 1-dəki məlumatlardan istifadə edək.

Cədvəl 1.

İllər (t)	Pul vəsaitlərinin cari dəyəri (CPV)	Diskont əmsalının hesablanması $D_a = \frac{1}{(1+r)^n}$	Pul vəsaitlərinin diskontlaşdırılmış dəyəri (DPV) $DPV_t = CPV_t \cdot D_a$
1-ci il	550500	0,909	478695,7
2-ci il	550500	0,826	416257,1
3-cü il	550500	0,751	361962,7
4-cü il	550500	0,683	314750,2
5-ci il	550500	0,620	273695,8
6-cı il	550500	0,564	237996,3
7-ci il	550500	0,513	206953,3
8-ci il	550500	0,466	179959,4
9-cu il	550500	0,424	156486,5
10-cu il	550500	0,385	136075,2
YEKUN	5505000	—	2762832

Əvvəlcə günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismar edilməsi məqsədilə işlənmiş investisiya layihəsinin iqtisadi səmərəliliyinin hesablanması üçün istifadə olunan ilkin məlumatları qəbul edirik.

Layihəyə sərf ediləcək investisiyanın həcmi, - 1831000 manat

İnvestisiya layihəsinin hesablamada nəzərdə tutulmuş istismar müddəti, -10 il

Layihənin həyata keçirilməsi nəticəsində qənaət ediləcək pul vəsaitlərinin həcmi, - 5505000 manat

O cümlədən illər üzrə: 1-ci ildə, -550500 manat, 2-ci ildə, - 550500 manat, 3-cü ildə, - 550500 manat, 4-cü ildə, - 550500 manat, 5-ci ildə, - 550500 manat, 6-cı ildə, - 550500 manat, 7-ci ildə, - 550500 manat, 8-ci ildə, - 550500 manat, 9-cu ildə, - 550500 manat, 10-cu ildə, - 550500 manat, Cəmi, - 5505000 manat.

Pul vəsaitləri axınının vaxtdan asılı olaraq dəyərinin qiymətləndirilməsində istifadə olunan diskontlaşdırma norması, - 15%. Burada investisiya layihəsinin hesablamada nəzərdə tutulmuş istismar müddəti qurğunun amortizasiya müddətinə bərabər götürülmüşdür.

Qurğunun istismarı sözsüz ki, qeyd olunan istismar müddətindən sonra da davam etdiriləcəkdir. Ancaq hesablamada həmin müddət nəzərə alınmayıb. Birinci üsuldən, günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismar edilməsi məqsədilə işlənmiş investisiya layihəsinin iqtisadi səmərəliliyinin hesablanması üçün istifadə olunan ilkin məlumatlardan və cədvəldən istifadə edərək günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismara verilməsi layihəsinin həyata keçirilməsindən əldə olunan xalis diskontlaşdırılmış gəlir göstəricisini müəyyənləşdirək [3,4]:

$$XDG = DPV - İV = 2762832 - 1831000 = 931000 \text{ manat}$$

Deməli təklif edilən investisiya layihəsindən əldə edilən xalis diskontlaşdırılmış gəlir 931000 manat təşkil edir. Bu o deməkdir ki, əgər sərmayəçi 1831000 manat dəyərində layihəni həyata

keçirsə on ildən sonra həm layihəyə sərf etdiyi 1831000 manatı həm də qoyulmuş kapitala əlavə olaraq 931000 manat gəlir əldə edə biləcəkdir.

İkinci üsuldən və eləcə də, verilmiş göstəricilərlə və cədvəldəki məlumatlardan istifadə etməklə günəş energetik qurğularının quraşdırılması layihəsi üzrə daxili gəlirlilik norması göstəricisini müəyyənləşdirək. Bu zaman elə diskont norması tapılmalıdır ki, ondan istifadə etdikdə 10 il ərzində əldə edilən pul vəsaitləri axınının cari dəyəri layihəyə sərf edilən investisiyanın məbləğinə bərabər gətirilmiş olsun.

Axtarılan diskont normasını tapmaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edirik.

$$DGN = \frac{XDG}{IV} 100 = \frac{931000}{183100} 100 = \frac{50,8}{10} = 5,1\%$$

Alınmış nəticədən göründüyü kimi layihənin daxili gəlirlilik norması yüksəkdir və DGN-nin hər ilə düşən qiyməti 5,1% olsa da, onun ümumi qiyməti 50,8% təşkil edir.

Üçüncü üsuldən və eləcə də, verilmiş göstəricilərlə və cədvəldəki məlumatlardan istifadə etməklə investisiya layihəsinin gəlirlilik indeksi göstəricisini hesablayaq.

$$GI = \frac{DVP}{GI} = \frac{2762832}{1831000} = 1,51$$

Alınmış nəticəyə əsasən layihənin həyata keçirilməsindən əldə edilən ümumi gəlir layihəyə sərf olunan maliyyə vəsaitinin dəyərindən yəni gəlirlilik indeksinin qiyməti vahiddən böyük olduğu üçün investisiya layihəsinin həyata keçirilməsi iqtisadi cəhətdən sərfəli hesab olunur. Deməli layihəyə sərf edilmiş vəsait 1,51 dəfə özünü doğruldur.

Dördüncü üsuldən və eləcə də, verilmiş göstəricilərlə və cədvəldəki məlumatlardan istifadə edərək layihənin həyata keçirilməsinə sərf edilən vəsaitlərin ödənmə müddətini hesablayaq. Bundan ötrü əvvəlcə aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə investisiya qoyuluşundan on il ərzində əldə edilən pul vəsaitlərinin orta illik cari dəyərini hesablayaq:

$$DVP(t) = \frac{\sum_{i=1}^n DVP^n}{t} = \frac{2762832}{10} = 276283,2 \text{ manat}$$

İnvestisiyanın ödənmə müddətini isə aşağıdakı kimi tapa bilərik:

$$\ddot{O}M = \frac{IV}{DVP(t)} = \frac{1831000}{276283,2} = 6,6 \text{ il}$$

Deməli, günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismarı üzrə investisiya layihəsinin reallaşdırılmasına sərf edilən investisiya resursları 6,6 il ərzində ödəniləcəkdir.

Yuxarıda hesablanmış göstəricilər kompleksinə əsaslanaraq qeyd etmək olar ki, təklif edilən investisiya layihəsinin həyata keçirilməsi sərmayəçilər üçün iqtisadi cəhətdən sərfəlidir. Onu da nəzərdən qaçıрмаq olmaz ki, layihə həm də ekoloji cəhətdən sərfəlidir. Belə ki, bu layihəni həyata keçirən zaman qaz yanacağına qənaət edilməsi nəticəsində atmosfərə atılan zərərli qaz qarışıqlarının da bilavasitə qarşısı alınır. Beləliklə, yuxarıda təklif edilən investisiya layihəsinin iqtisadi səmərəlilik göstəriciləri aşağıdakı kimi xarakterizə olunur.

$$XDG=931000 \text{ manat, } DGN=5,1\%, GI=1,51, \ddot{O}M=6,6 \text{ il}$$

Bütün bunlar təklif edilən layihənin həyata keçirilməsinin həm iqtisadi həm də ekoloji cəhətdən əhəmiyyətli olduğuna əsaslı şəkildə dəlalət edən amillərdir və sərmayəçilər üçün

kifayət qədər əsaslandırılmış investisiya qoyuluşu qərarının qəbul edilməsinə şərait yaradacaqdır.

### **NƏTİCƏ**

Ventilyasiya və kondisiyalaşdırma sistemlərinə günəş enerjisindən istifadə variantının hesabat sxemi işlənmişdir. Təsbit edilmişdir ki, hesabatı aparılmış konkret hal üçün daxili mənfəətlik normasının effektivliyi 5,1 % -ə malikdir. Şəhər təsərrüfatında bu effektin göstəricisi mövcud ventilyasiya və kondisiyalaşdırma sistemlərinə günəş enerjisinin tətbiqinin həcminə uyğun olaraq artacaq.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. M.F.Cəlilov. Alternativ regenerativ enerji sistemləri. Dərslik. Bakı, NPM «Təhsil», 2009 - 406 səh.
2. F.F.Məmmədov. Azərbaycanda günəş enerjisindən istifadə və müasir günəş energetik qurğuları. Dərs vəsaiti. "Proqres" nəşriyyatı, Bakı-2011, 204 səh.
3. Məmmədov F.F., Səmədova Ü.F. və b. Neft sənayesində bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunmasının texniki-iqtisadi və ekoloji əsasları / Xəzərneftqazıyataq-2008, Bakı, 5-6 noyabr, Elmi-praktiki konfransı. s.84.
4. Davies P. A solar cooling system for greenhouse food production in hot climates // Solar energy, 2005, v.79, p.661-668.

UOT: 531

## SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF SAP QM MODULE IN PETROCHEMICAL INDUSTRY

**TAPDIQ DUNYAMALI**

Subsea 7 (BP Company, the UK)

tdunyamali@std.beu.edu.az

### ABSTRACT

The article explains main features of SAP QM Module and its application in Petrochemical industry. SAP is one of the leading software-program that have proved itself from different aspects of Enterprise Resource Planning (ERP). The QM Module is only one of a few modules of SAP and it was implemented and demonstrated itself with positive outcomes. SAP QM Module clearly defines the way it works and how it simply minimizes possible human errors in real application. It's general rule that the human errors are the main issues for petrochemical industries as they play crucial role in conducting daily activities, whereas this does not always lead to positive upshot. SAP QM Module simply maximizes electronic transactions while also minimizes handwriting and paperwork. Module also works in correlation with other disciplines as Materials Management (MM), Production Planning (PP), Sales and Distribution (SD), even Human Resources (HR). Some of these modules have direct communication lines with SAP QM Module, and some has indirect connections. In general SAP QM Module works in harmony with other modules of the SAP Application. This is fantastic because the at the end of the day that leads to instant visibility to overall process, and specific instants of certain SAP Modules. Especially for Top Management this tool is essential and indispensable. The article also explains the main differences between traditional way of handling customer complaints and with the help of SAP QM Enterprise Resource Planning.

Key words Module, application, quality, data processing, inspection, master data

### NEFT KİMYA SƏNAYƏSİNDƏ SAP QM MODULUNUN UĞURLU TƏTBİQİ

#### XÜLASƏ

Məqalədə SAP QM Modulunun əsas xüsusiyyətləri və onun neft-kimya sənayesində tətbiqi izah edilir. SAP

Müəssisə Resurslarının Planlaşdırılmasının (ERP) müxtəlif aspektlərində özünü sübut etmiş aparıcı proqramlardan biridir. QM Modulu SAP-in bir neçə modulundan yalnız biridir və o, tətbiq edilib və müsbət nəticələrlə özünü nümayiş etdirib. SAP QM Modulu onun işləmə qaydasını və real tətbiqdə mümkün insan səhvlərini necə minimuma endirdiyini aydın şəkildə müəyyənləşdirir. İnsan səhvləri gündəlik fəaliyyətlərin həyata keçirilməsində həlledici rol oynadığı üçün neft-kimya sənayesi üçün əsas problemlər olması ilə özünü göstərir, lakin bu, heç də həmişə müsbət nəticələrə səbəb olmur. SAP QM Modulu sadəcə olaraq elektron əməliyyatları maksimum dərəcədə artırır, eyni zamanda əl yazısı və sənədləşmə işlərini minimuma endirir. Modul həmçinin Materialların İdarə Edilməsi (MM), İstehsalın Planlaşdırılması (PP), Satış və Paylama (SD), hətta İnsan Resursları (HR) kimi digər modullarla da əlaqəli işləyir. Bu modulların bəzilərində SAP QM Modulu ilə birbaşa əlaqə, bəzilərində isə dolaylı əlaqə var. Ümumiyyətlə, SAP QM Modulu SAP Tətbiqinin digər modulları ilə əhəngdar işləyir. Bu fantastikdir, çünki günün sonunda ümumi prosesə və müəyyən SAP Modullarının xüsusi anlarına yerində baxıla bilər. Xüsusilə Rəhbərlik üçün bu alət vacib və əvəzolunmazdır. Məqalədə həmçinin müştəri şikayətlərinə baxmağın ənənəvi üsulu ilə SAP. QM Modulunun köməyi ilə baxılmağı rasında əsas fərqlərdə izah edilir.

**Açar sözlər:** Modul, tətbiq, keyfiyyət, məlumatların işlənməsi, yoxlama, master data

### УСПЕШНОЕ ВНЕДРЕНИЕ МОДУЛЯ SAP QM В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### РЕЗЮМЕ

В статье объясняются основные особенности модуля SAP QM и его применение в нефтехимической промышленности. SAP является одной из ведущих программ, зарекомендовавших себя в различных аспектах планирования ресурсов предприятия (ERP). Модуль QM является лишь одним из нескольких модулей SAP, и он был внедрен и показал себя с положительными результатами. Модуль SAP QM четко определяет, как он работает и как он просто сводит к минимуму возможные человеческие ошибки в реальном приложении.

Общепринято, что человеческие ошибки являются основными проблемами для нефтехимической промышленности, поскольку они играют решающую роль в ведении повседневной деятельности, тогда как это не всегда приводит к положительному результату. Модуль SAP QM просто максимизирует количество электронных транзакций, а также минимизирует рукописный ввод и работу с документами. Модуль также работает во взаимосвязи с другими дисциплинами, такими как управление материальными потоками (MM), планирование производства (PP), продажи и распределение (SD), даже управление персоналом (HR). Некоторые из этих модулей имеют прямые линии связи с модулем SAP QM, а некоторые имеют косвенные связи. В целом модуль SAP QM работает в гармонии с другими модулями приложения SAP. Это замечательно, потому что в конце концов это приводит к мгновенной видимости всего процесса и конкретных моментов определенных модулей SAP. Особенно для высшего руководства этот инструмент необходим и незаменим. В статье также объясняются основные различия между традиционным способом обработки жалоб клиентов и с помощью модуля SAP QM.

Ключевые слова: Модуль, приложение, качество, обработка данных, проверка, основные данные

## **Introduction**

In modern world quality issues and concerns in manufacturing industry have always been important aspects of daily production rates and results. There is no doubt that the quality of the output decides the efficiency of process in general and leads to some sort of cost. In quality this is also called cost of quality (CoQ) where the manufacturer needs to rework defect materials [1]. The material is called defect when that does not comply with a given standard or specific requirements of the customers. Quality issues were considered very seriously in automobile industry, chemical industry and as well as in oil & gas industry. This is simply because the key to success of any manufacturer is its product quality that will address to needs of number of people within and outside country. Quality is now accepted to be an international term concerning all industries and as stated long ago by one of the very famous quality gurus – Deming ‘the quality is everybody’s responsibility’ [2]. Quality as a subject can be interesting to be dealt with whereas it has vast amount of problems related to daily production and process. If the quality system has not been implemented properly and there is not enough way of tracing and tracking this at the end will lead to some sort of problems for the facility. Especially Quality Assurance which works with process with a planned manner and there will be a need for sure to change the process at given stages. At this we also need to highlight that change is not a simple word but considered as a process and handled with Change Management Procedures. Application of a standard procedures and processes in each industry and facility takes enormous amount of time. The is not being solved easily with consumption of time but also cost and human support. So, considering this, the facility and top management always need to have a proper quality planning process in place and only after this the application of SAP QM Module would be possible. Quality planning (QP) is not an SAP Module but rather a part of SAP QM Module that requires to be worked on and prepared in advance. This does not only require general planning of the quality in a petrochemical (or any other) facility but some specific points where planned checks will be conducted. In SAP QM Quality planning we need to determine specifications and processes for the long-term base which are also called master records. With other words, Master Records (MR) are the specifications we define for each and every product that will be produced, and these specifications will lead us to final decision after production to make decision whether the product itself is on-spec (quality-wise accepted) or off-spec ( quality-wise unaccepted). This is an entrance to Quality Assurance (QA) process and most of the times the real outcome of the project and application indeed depends on good planning and pre-defined structures of



specifications. SAP QM Quality Planning section contains the bases of data we need for the inspection planning and as well as the inspection planning itself. Below in Table 1 the typical example of the quality planning for 4 different examples of polymer products have been give.

<u>Grade name</u>	<u>Inspection point</u>	<u>Inspection duration</u>	<u>Expected range</u>
Low-density polyethylene (LDPE)	Polymerization area	Each 4 hours	A
High-density polyethylene (HDPE)	Extruder area	Each 3 hours	B
Polypropylene (PP)	Extruder area	Each 6 hours	C
Polyvinyl chloride (PVC)	Final product area	1 for each silo	D

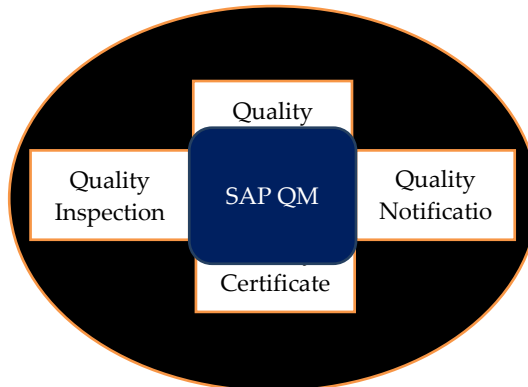
**Table 1:** Grade/Product Quality Planning sample

In general SAP QM Module splinter off four main categories as Quality Planning (QP), Quality Notification (QN), Quality Inspection (QI) and Quality Certificate (QC). We have mentioned the way Quality Planning (QP) works above but we also need to touch remaining sections of SAP QM Module to explain the way they also work. Quality notification (QN) of the SAP QM Module clearly describes the notifications that are related to quality in terms of ongoing production. As most of the petrochemical industries and facilities work day and night, the employees as well as shift supervisors and process engineers need to receive instant laboratory results as per Quality Planning (QP). This stage of the process is very crucial because without having instant quality assurance and quality control results from laboratory there is no opportunity to play with the ongoing production. These are all handled with the help of quality notifications, and each test result instantly pun in SAP QM Module is distributed to the respective employees which are also designed in advance as per requirements and agreement. During notification of inspection process there are two main features we need to consider. First, we need to and must make sure the people who are in control of production they all receive the notifications on time and instantly as per they are input by laboratory. Second, we must take into consideration that those who do have no full authority on production or are not responsible do not get any notifications as they might be very distracting. The employees who receive these notifications need to take actions as per requirement of SOP (Standard Operating Procedures) where explanation is available for the staff. Quality Inspection (QI) on the other hand is the duty of Quality Assurance division. Inspection points where they are defined as per Quality Planning (QP) need to be visited promptly as per given inspection durations. Some of the inspections might be required once or twice, but some of them are required four even six times in a day. While there is a lack of sufficient laboratory staff, this process can be handled with the help of operations' team. Again, from transparency and quality point of view the inspection samples should be taken and delivered to laboratory as per inspection and sampling procedures. And final stage of the SAP QM Module is Quality Certificate (QC). In Quality Certificate we need to consider customer requirements and sometimes even customs requirements. This is due to making sure customer (might be end user or not) is happy with the shape and data the certificate contains. Some of the customer might want to see product grade name, and some would like to see only grade code. In general, most of the customers wish to see both the grade name and as well as the grade specifications. This is connection point of quality certificate and quality inspection where the certificate takes grade name and quality characteristics from final quality inspection inputs.

<u>Grade name</u>	<u>Production date</u>	<u>Silo number</u>	<u>Result</u>
ABCD	02.04.2022	Number 1	Accepted
<u>Specifications</u>	<u>Spec unit</u>	<u>Spec range</u>	<u>Spec value</u>
Density	g/cm3	0.892 – 0.898	0.895
MFR	g/10 min	3.7 – 3.9	3.72
Physical properties (Elongation)	MPa	1280 - 1350	1310
Chemical properties (Smell)	Y/N	N	N
Colour	-	White	White
Shape	-	Granular	Granular
Type	1, 2, 3	1	1

**Table 2:** Typical customer certificate and grade data

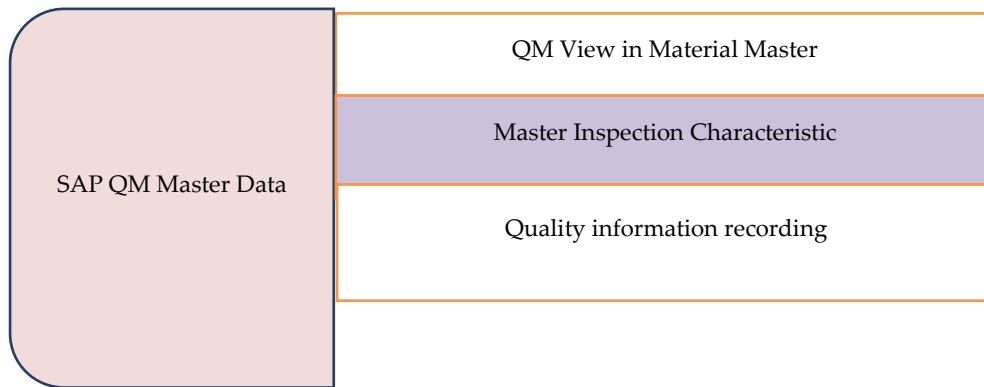
Research method SAP ERP has been providing reliable and customer-oriented services for heavy industries for a long time. SAP means Systems, Applications and Products in Data Processing [3]. SAP Quality Management (QM) is a component of SAP ERP that helps you to plan, notify and inspect while also print out reports as per internal or external- customer requirements [4]. The planning part of the QM Module is prepared by a Quality Expert where it defines at which points of the real production process will be inspected. This inspection points defines the sharing of instant results with either respective process engineers or shift supervisors. The real time test results allow shift staff to analyse ongoing chemical process within petrochemical plant and take proper decisions as per manual provided by licensor.



**Table 3:** Simple description of SAP ERP QM Module

Another advantage of SAP QM Module is making sure data is stored and archived. This will assist you in return for future if you receive a customer complaint and want to conduct investigation to know the root causes of the problem. The archived material certificates are the first reliable sources where internal investigation is to be conducted where it also creates the opportunity of Lessons Learned for young and new starters in the company. SAP ERP application also allows the end-users to be in communication with other SAP ERP modules, for example QM and SD (Sales & Distribution). The process is called integration of two or more modules, and the impact of on time data sharing allows to proceed with transaction in a very short period while also minimizing the error. The logic behind the process is simple. SAP ERP SD Module key-users are granted with SAP ERP QM-T-codes (Transaction codes) and they are in turn can access to the SAP ERP QM module to see the inspection and test results and even print out with an electronic signature. The process is also called managing certificate database. SAP

ERP QM module has the features of planning for inspection as well. This feature gives you the opportunity to create specific inspection points and respective inspection results. The point where QM Module mitigates possible human error and takes it to the better stage. Let's say the inspection result as per Laboratory test is 'A'. And 'A' takes a value between '0.910 - 0.928', the key user or business project owner predefines a way that if the end user inserts a value of '0.932' or '0.907' the system automatically highlight that making sure that is not an outsider. And with the help of the given range which are fixed on system the decision maker will now easily decide either to accept it or reject to make a final decision on controlled batch. In SAP QM Module this data is called master inspection characteristics (MIC) which is prepared by key- user or business process owner (BPO) where it clearly defines what type of outcomes or production results will have and what will be the minimum requirements to release the product.



**Table 4:** Master Data and parts containing details of the master data

However, if we had applied the traditional approaches to the same process, we could have easily seen that possibility of human error would be higher due to having no on time error checker. This also applies the way of handling customer complaints when arises a non-conformity pertaining to produced material. Archived paper-form documentation needs huge amount of time, effort, and human support to collect materials whereas SAP QM Module provides it within just a few minutes.

Discussion and results of the research, The only drawback of the process is that requires SAP QM Master Data preparation. It indeed depends on the type and size of industry, but as an example from the real application of software in a petrochemical industry is that the process might take from six months to a year. And during master data preparation process the expert works on data collection also needs to have a deep knowledge in Quality, not only in Information Technologies. Additionally, the company which wishes to implement SAP ERP QM Module in the production process can actually get support from different entities that are also expert in SAP ERP implementation scopes, however, the company definitely needs to have the quality expert in its staff. This is because, once the SAP ERP QM is fully applied the business process owner will have to be dealing all hard works and train super-users and end-users.

Implementation of SAP ERP QM Module is increasing efficiency and minimizing the possible risks related to human. and the effectiveness of the system in real applications. This paper clearly shows the key points where any wrong input made by end user and does not comply with master inspection characteristics is to be highlighted. Main point emphasized in the research paper is to demonstrate harmony between applied system, master date and end user. And because of application, the decrease in number of human errors clearly shows the

significance of SAP QM Module in the given industry. This also assists when staff works in a shift conditions where production is ongoing non-stop, 7 days and 24 hours. This approach not only provides safe and reliable control measures but also smooth transaction process among different disciplines and shifts in corporate companies.

**REFERENCES:**

1. Book: An improvement strategy for the defects and rework management process within an SME: An action research approach M. Taggart, L. K. Koskela, J. A. Rooke
2. Book: The Essential Deming: Leadership Principles from the Father of Quality by W. Edwards Deming
3. Book: Integrated Business Processes with ERP Systems by Jeffrey Word and Simha R. Magal
4. Book: Quality Management with SAP by Jawad Akhtar

UOT 622.276.1

## ZOLAQVARI YATAQDA LAYIN AÇILMA DƏRƏCƏSİNƏ GÖRƏ HİDRODİNAMİK TAMAMLANMIŞ DÜZXƏTLİ YASTIDİBLİ KƏHRİZİN DƏQİQ MAYE DEBİTİ DÜSTURUNUN ÇIXARILMASI

F.K. KAZIMOV<sup>1</sup>, R.K. HÜSEYNOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SOCAR "Neftqazelmitədqiqatlayihə" İnstitutu, <sup>2</sup>ADNSU

<sup>1</sup>fazilkazimov@gmail.com, <sup>2</sup>huseynova.rita@mail.ru

### XÜLASƏ

Qalınlığı böyük, nefti və ya suyu nyuton xassəyə malik olan zolaqvari yatağa qazılmış düzxətli kəhriz layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış yastıdıblı olur və məhsuldar layı iki hissəyə ayırır. Layın açılmış yuxarı hissəsində yastı-parallel, açılmamış aşağı hissəsində isə mürəkkəb süzülmə axını baş verir.

Bu elmi məqalədə nəzərdən keçirilən mövzuda əsas məqsəd layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış yastıdıblı kəhrizin ümumi sutkalıq maye (neft və ya lay suyu) debitini dəqiq müəyyən etməkdir. Məhsuldar təbəqənin yer səthinə yaxın, dayaz dərinlikdə yerləşdiyi hallarda bu təbəqənin istismarı üçün şaxta üsulundan istifadə edilir. Ona görə də bu məsələnin praktiki əhəmiyyəti böyükdür. Məhsulu bu kəhrizin dibindən yer səthinə qaldırmaq üçün, dibində mərkəzdənqaçma elektrik nasosunun quraşdırıldığı xüsusi bir quyuyu qazmaq lazımdır.

1 №-li yastıdıblı kəhriz dibi çökək yarımşilindrik səthə malik 2 №-li kəhrizlə əvəz edilmişdir. Laydakı hər iki kəhrizdə Nyuton neftinin və ya suyun süzülmə axını Darsi qanununa tabedir.

Kəhriz №2 üçün iki müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələ həll edilir. Layın yuxarı və aşağı hissələrindən ayrılmaqla əldə edilən maye debitləri üçün düsturlar çıxarılır, bu maye debitləri cəmlənərək kəhriz №-in tam debiti üçün dəqiq düstur alınır.

Açar sözlər: böyük qalınlıqlı lay, dəqiq tam debit düsturu, hidrodinamik tamam, yastıdıblı kəhriz, zolaqvari yataq, açılma dərəcəsi, açılma xarakteri, yarımşilindrik səth, Darsi qanunu, nyuton nefti.

### ВЫВОД ТОЧНОЙ ФОРМУЛЫ ДЕБИТА ЖИДКОСТИ ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ НЕСОВЕРШЕННОЙ ПО СТЕПИ ВСКРЫТИЯ ПЛАСТА ПЛОСКОДОННОЙ ГАЛЕРЕИ В ПОЛОСООБРАЗНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

### РЕЗЬЮМЕ

Прямолинейная галерея, пробуренная в полосообразном месторождении большой толщины, являющейся гидродинамически несовершенной по степени вскрытия пласта бывает плоскодонной, которая разделяет пласт на две части. В верхней вскрытой части пласта происходит плоско-параллельные фильтрационные потоки, а в невскрытой нижней части пласта – сложный фильтрационный поток.

В рассматриваемой теме в данной научной статье основной целью является то, что требуется определить точную полную суточную производительность флюида (нефти или пластовой воды) гидродинамически несовершенной галереи, имеющей плоское дно. Так как в тех случаях, когда продуктивный пласт залегает в небольшой глубине, близко к поверхности Земли, применяется шахтный способ эксплуатации этого пласта. Поэтому этот вопрос имеет большое практическое значение. Для подъема продукцию с забоя данной галереи на дневную поверхность необходимо пробурить специальную скважину, на забое которой устанавливают центробежный погружной электронасос.

Плоскодонная заданная галерея № 1, заменяется галереей № 2 с забоем в виде вогнутой полуцилиндрической поверхности. По обоим галереям в пласте фильтрационные потоки ньютоновской нефти или воды подчиняются закону Дарси.

Для галереи №2 решаются две различные стационарные гидродинамические задачи. Выводятся формулы дебитов жидкости, добываемых из верхней и нижней части пласта в отдельности, суммируя эти дебиты жидкости, получается формула точного и полного дебита галереи № 1.

Ключевые слова: пласт большой толщины, точный полный дебит, гидродинамически несовершенная, плоскодонная галерея, полосообразные месторождение, степень вскрытия, характер вскрытия, полуцилиндрическая поверхность, закон Дарси, ньютоновская нефть.

DERIVATION OF THE EXACT FORMULA FOR THE FLOW RATE OF A RECTILINEAR LIQUID THAT IS HYDRODYNAMICALLY IMPERFECT IN THE STEPPE OF OPENING FORMATION OF A FLAT-BOTTOMED GALLERY IN A STRIP-LIKE FIELD

ABSTRACT

A rectilinear gallery drilled in a strip-like deposit of great thickness, which is hydrodynamically imperfect in terms of the degree of opening of the reservoir, is flat-bottomed, which divides the reservoir into two parts. Plane-parallel filtration flows occur in the upper exposed part of the formation, and a complex filtration flow occurs in the unopened lower part of the formation.

In the topic under consideration in this scientific article, the main goal is to determine the exact total daily fluid productivity (oil or formation water) of a hydrodynamically imperfect gallery having a flat bottom. Since in cases where the productive layer lies at a shallow depth, close to the surface of the Earth, the mine method of exploiting this layer is used. Therefore, this issue is of great practical importance. To lift products from the bottom of this gallery to the daylight surface, it is necessary to drill a special well, at the bottom of which a centrifugal submersible electric pump is installed.

The flat-bottomed gallery No. 1 is replaced by gallery No. 2 with a bottom in the form of a concave semi-cylindrical surface. In both galleries in the reservoir, the filtration flows of Newtonian oil or water obey Darcy's law.

For gallery No. 2, two different stationary hydrodynamic problems are solved. Formulas are derived for fluid rates produced from the upper and lower parts of the reservoir separately, summing these fluid rates, the formula for the exact and complete flow rate of gallery No. 1 is obtained.

Key words: thick layer,, exact full flow rate, hydrodynamically imperfect, flat-bottomed gallery, strip-like field, degree of opening, nature of opening, semi-cylindrical surface, Darcy's law, Newtonian oil.

**Giriş.**

Qalınlığı böyük, nefti və ya suyu nyuton xassəyə malik olan zolaqvari yatağa qazılmış düzxətli kəhriz layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış yastıdibli olur və məhsuldar layı iki hissəyə ayırır. Layın açılmış yuxarı hissəsində yastı-paralel, açılmamış aşağı hissəsində isə mürəkkəb süzülmə axını baş verir. İki növ kəhriz olur: biri yer səthinə yaxında yerləşir və atmosferlə əlaqəli olur. Bu halda layda sərbəst səviyyəli süzülmə prosesi baş verir. Digəri isə bir qədər dərinədə yerləşdiyindən, atmosferlə əlaqəsi olmur. Birinci növ kəhriz kanal şəklində qazılır, onun ağzı açıq olur və ondan neftin qaldırılıb çıxarılması asan olur. İkinci növ kəhriz isə tunel şəklində qazılır, ondan neftin qaldırılıb hasil edilməsi məqsədilə xüsusi quyu qazılır. Hər iki kəhriz üzrə layda baş verən süzülmə axınları Darsi qanununa tabe olur.

Qeyd etmək lazımdır ki, tunelin qazılması ilə kəhrizin yaradılması neft yatağında çox çətindir. Çünki burada yerin altında qazmaçılar karbohidrogen qazı və ya hidrogen sulfid qazı ilə zəhərlənə bilirlər. Lakin içməli, yaxud mineral su yatağında tunel formalı kəhrizin qazılması asan həyata keçirilir və heç bir problem yaratmır. Bu saxta istismar üsulu ilə böyük həcmdə su hasil etmək mümkündür. Onu yeraltı su kəhrizləri ilə müxtəlif yaşayış məntəqələrinə nəql edirlər. Hər yaşayış məntəqəsi üçün bir pilləkənli quyu qazılır və bu quyudan adamlar düşüb suyu vedrə ilə götürürlər. Belə yeraltı kəhrizlərin suyu həm sərin, həm də təmiz olur.

**Tədqiqat metodu.**

Zolaqvari yataqda onun uzunluğu istiqamətinə perpendikulyar vəziyyətdə qazılmış yastıdibli kəhrizin tam debit düsturunun çıxarılması üçün müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələlərin həlli;

### Tədqiqat işinin müzakirəsi və onun nəticələri.

Zolaqvari yataqda onun uzunluğu istiqamətinə perpendikulyar vəziyyətdə qazılmış yastıdıblı kəhriz yatağı iki hissəyə ayırır: yuxarı açılmış hissədə neft yastı-parallel sadə axınla, aşağı açılmış hissədə isə mürəkkəb axınla kəhrizə süzülür [1, 2]. Kəhriz vasitəsilə yataqdan neftin hasil edilməsinə onun şaxta üsulu ilə istismarı deyilir.

Şəkildə layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış yastıdıblı düzxətli kəhriz № 1 və dibi çökək yarımşilindr şəkilli səthə malik olan düzxətli kəhriz № 2-nin sxemi verilmişdir.

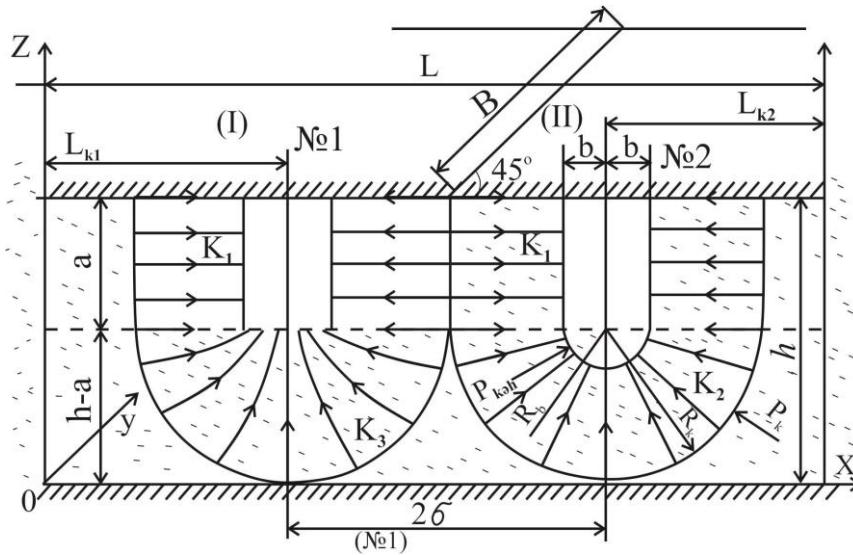
Şəkildəki şərti işarələr aşağıdakılardır :

$L$  – zolaqvari yatağın uzunluğu,  $B$  – zolaqvari yatağın eni,  $h$  – layın qalınlığı,  $a$  – layın açılmış yuxarı hissəsi,  $h-a$  – layın açılmamış aşağı hissəsi,  $b$  – kəhrizin eninin yarısı,  $RB=b$  – çökək yarımşilindrik səthin radiusu,  $2\sigma$  – kəhrizlər arasındakı məsafə,  $K_1$  – layın yuxarı hissəsindəki kollektor süxurlarının keçiricilik əmsalı,  $K_2$  – kəhriz № 2 üzrə layın aşağı hissəsi süxurlarının keçiricilik əmsalı,  $K_3$  – kəhriz

№ 1 üzrə layın aşağı hissəsinin keçiricilik əmsalı,  $L_{k1}$  – kəhriz № 1-in yatağın sol konturundan məsafəsi,  $L_{k2}$  – kəhriz № 2-nin yatağın sağ konturundan məsafəsi,  $R_k$  – kəhrizin qidalanma konturunun radiusu,  $P_k$  – lay təzyiqi,  $P_{kəh}$  – kəhrizin dinamik dib təzyiqi,  $(XYZ)$  – koordinat sistemi.

$$\text{Burada } \frac{2\sigma}{2} = R_k \text{ -dir.}$$

Məqalədə qoyulmuş məsələnin dəqiq və tam həlli məqsədilə iki stasionar hidrodinamik məsələ həll edilmişdir.



Şəkil. Yastıdıblı kəhrizin (№1) və yarımşilindrik çökək səthi olan dibli kəhrizin (№2) sxemi.

**Məsələ 1.** Layın açılmış yuxarı hissəsindən kəhriz № 2-yə süzülən mayenin sadə yastı-parallel axını aşağıdakı differensial qanuna tabedir [3, 4] :

$$v_1 = -\frac{K_1}{\mu} \frac{dP}{dx} \dots\dots\dots (1)$$

Burada,  $v_1$  - cari süzülmə sürəti,  $\mu$  - nyuton mayesinin lay şəraitində dinamik özlülüüyü,  $\frac{dP}{dx}$  - təzyiq qradientidir.

Yuxarı hissədə süzülmə səthinin sahəsi:

$$F_1 = aB \dots\dots\dots (2)$$

Layın yuxarı açılmış hissəsindən kəhriz № 2-yə süzülən mayenin debiti:

$$Q_1' = F_1 \cdot v_1 = -aB \frac{K_1}{\mu} \frac{dP}{dx} \dots\dots\dots (3)$$

Differensial tənlik (3)-ü dəyişənlərinə ayıraq:

$$\frac{Q_1' \mu}{aBK_1} = -\frac{dP}{dx}, \frac{Q_1' \mu}{aBK_1} dx = -dP \dots\dots\dots (4)$$

Bu tənliyi aşağıdakı sərhədlərdə inteqrallayaq:

$$\frac{Q_1' \mu}{aBK_1} \int_b^{R_k} dx = - \int_{P_k}^{P_k} dP \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{Q_1' \mu}{aBK_1} (R_k - b) = -(P_k - P_{keh.}) \dots\dots\dots (6)$$

Buradan alınır:

$$Q_1' = \frac{aBK_1 (P_k - P_{keh.})}{\mu(R_k - b)} \dots\dots\dots (7)$$

Bu düsturla layın yuxarı açılmış hissəsindən kəhriz № 2-yə sol tərəfdən süzülən flüidın debiti hesablanır. Kəhrizə sağ tərəfdən də bu qədər süzülür. Onda  $Q_1 = 2Q_1'$  olur.

Məsələ 2. Layın aşağı açılmamış hissəsindən kəhriz № 2-yə süzülən mayenin yarımşilindrik sadə axını da (1) düsturunda verilmiş qanunla baş verir.

Burada cari süzülmə səthinin sahəsi aşağıdakı kimi olur:

$$F_2 = \pi \cdot b \cdot B \dots\dots\dots (9)$$

Burada,  $\pi = 3,14$ ,  $b$  - yarımşilindrik səthin radiusudur.

Layın aşağı açılmamış hissəsindən kəhriz № 2-yə süzülən mayenin debiti aşağıdakı kimi olur:

$$Q_2 = F_2 v_2 = -\pi \cdot b \cdot B \frac{K_2}{\mu} \frac{dP}{dx} \dots\dots\dots (10)$$

(9) ifadəsini dəyişənlərinə ayıraq:



$$\frac{Q_2 \mu}{\pi \cdot b \cdot B \cdot K_2} = -\frac{dP}{dx} \dots\dots\dots (11)$$

Bu differensial tənliyi dəyişənlərinə ayıraq:

$$\frac{Q_2 \mu}{\pi \cdot b \cdot B \cdot K_2} dx = -dP$$

(11) tənliyini aşağıdakı sərhədlərdə inteqrallasaq,

$$\frac{Q_2 \mu}{\pi \cdot b \cdot B \cdot K_2} \int_b^{R_k} dx = - \int_{P_{keh.}}^{P_k} dP \dots\dots\dots (12)$$

alanıq.

$$\frac{Q_2 \mu}{\pi \cdot b \cdot B \cdot K_2} (R_k - b) = -(P_k - P_{keh.}) \dots\dots\dots (13)$$

Buradan alınır:

$$Q_2 = -\frac{\pi \cdot b \cdot B \cdot K_2 \cdot (P_k - P_{keh.})}{\mu \cdot (R_k - b)} \dots\dots\dots (14)$$

(13) düsturu ilə layın aşağı açılmamış hissəsindən kəhriz № 2-yə süzülən nyuton mayesinin (nyuton neftinin və ya suyun) debiti hesablanır.

(7) və (13)-də verilmiş debitlər cəmlənərək, aşağıdakı ifadə alınır:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{B \cdot (P_k - P_{keh.})}{\mu \cdot (R_k - b)} (2 \cdot a \cdot K_1 + \pi \cdot b \cdot K_2) \dots\dots\dots (15)$$

(15) düsturu ilə layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmamış yastıdibli kəhriz № 1-in tam maye debiti dəqiq hesablanır.

### Nəticə

1. Böyük qalınlıqlı zolaqvari, nyuton nefti olan yataqlarda qazılmış düzxətli kəhriz layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış yastıdibli olur, hansı ki layı iki hissəyə ayırır.
2. Layın açılmış yuxarı hissəsindən kəhrizə süzülmə axını sadə yasti-paralel olur, aşağı açılmamış hissəsindən isə mürəkkəb süzülmə axını baş verir.
3. Yastıdibli kəhriz № 1, çökək yarımşilindrik səth şəklində olan kəhriz № 2 ilə əvəz edilir.
4. Hər iki kəhriz üzrə laydakı süzülmə axınları Darsi qanununa tabe olurlar.
5. Kəhriz № 2 üçün iki müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələ həll edilir, layın yuxarı və aşağı hissələrinin hər biri üçün ayrılıqda mayelərin debit düsturları çıxarılır.
6. Bu iki debit düsturları cəmlənərək, yastıdibli kəhriz № 1-in dəqiq tam debit düsturu alınır.

**ƏDƏBİYYAT**

1. Shelkachev V.N., Lapuk B.B. Podzemnaya qidravlika. "Qostoptexizdat". Moskva-Leningrad. 1949, 523 s. (rus dilində).
2. Pikhachev Q.B., İsayev R.Q. Podzemnaya qidravlika. M.: "Nedra". 1973, 359 s. . (rus dilində).
3. Charniy I.A. Podzemnaya qidroqazodinamika. M.: "Qostoptexizdat". 1963, 396 s. . (rus dilində).
4. Kristea N. Podzemnaya qidravlika. M.: "Qostoptexizdat". 1961, 343 s. (rus dilində).

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

1. "The Baku Engineering University Mechanical and Industrial engineering" accepts original unpublished articles and reviews in the research field of the author.
2. Articles are accepted in English.
3. File format should be compatible with **Microsoft Word** and must be sent to the electronic mail ([journal@beu.edu.az](mailto:journal@beu.edu.az)) of the Journal. The submitted article should follow the following format:
  - Article title, author's name and surname
  - The name of workplace
  - Mail address
  - Abstract and key words
4. The title of the article should be in each of the three languages of the abstract and should be centred on the page and in bold capitals before each summary.
5. **The abstract** should be written in **9 point** type size, between **100** and **150** words. The abstract should be written in the language of the text and in two more languages given above. The abstracts of the article written in each of the three languages should correspond to one another. The keywords should be written in two more languages besides the language of the article and should be at least three words.
6. **UDC** and **PACS** index should be used in the article.
7. The article must consist of the followings:
  - Introduction
  - Research method and research
  - Discussion of research method and its results
  - In case the reference is in Russian it must be given in the Latin alphabet with the original language shown in brackets.
8. **Figures, pictures, graphics and tables** must be of publishing quality and inside the text. Figures, pictures and graphics should be captioned underneath, tables should be captioned above.
9. **References** should be given in square brackets in the text and listed according to the order inside the text at the end of the article. In order to cite the same reference twice or more, the appropriate pages should be given while keeping the numerical order. For example: [7, p.15].

Information about each of the given references should be full, clear and accurate. The bibliographic description of the reference should be cited according to its type (monograph, textbook, scientific research paper and etc.) While citing to scientific research articles, materials of symposiums, conferences and other popular scientific events, the name of the article, lecture or paper should be given.

### Samples:

- a) **Article:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjayev N.M.. *Spatial and electronic structure of monomerrik and dimeric conapeetes of carnosine üith zinc*, Journal of structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
  - b) **Book:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, p.386-398, 2002
  - c) **Conference paper:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ.. Appligation of Information – Commu-nication Technologies in Science and education. II International Conference."Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391  
References should be in 9-point type size.
10. The margins sizes of the page: - Top 2.8 cm. bottom 2.8 cm. left 2.5 cm, right 2.5 cm. The article main text should be written in Palatino Linotype 11 point type size single-spaced. Paragraph spacing should be 6 point.
  11. The maximum number of pages for an article should not exceed 15 pages
  12. The decision to publish a given article is made through the following procedures:
    - The article is sent to at least to experts.
    - The article is sent back to the author to make amendments upon the recommendations of referees.
    - After author makes amendments upon the recommendations of referees the article can be sent for the publication by the Editorial Board of the journal.

## YAZI VƏ NƏŞR QAYDALARI

1. "Journal of Baku Engineering University- Mexanika və sənaye mühəndisliyi" - əvvəllər nəşr olunmamış orijinal əsərləri və müəllifin tədqiqat sahəsi üzrə yazılmış icmal məqalələri qəbul edilir.
  2. Məqalələr İngilis dilində qəbul edilir.
  3. Yazılar **Microsoft Word** yazı proqramında, (**journal@beu.edu.az**) ünvanına göndərməlidir. Göndərilən məqalələrdə aşağıdakılara nəzərə alınmalıdır:
    - Məqalənin başlığı, müəllifin adı, soyadı,
    - İş yeri,
    - Elektron ünvanı,
    - Xülasə və açar sözlər.
  4. **Məqalədə başlıq hər xülasədən əvvəl** ortada, qara və böyük hərflə xülasələrin yazıldığı hər üç dildə olmalıdır.
  5. **Xülasə** 100-150 söz aralığında olmaqla, 9 punto yazı tipi böyüklüyündə, məqalənin yazıldığı dildə və bundan əlavə yuxarıda göstərilən iki dildə olmalıdır. Məqalənin hər üç dildə yazılmış xülasəsi bir-birinin eyni olmalıdır. Açar sözlər uyğun xülasələrin sonunda onun yazıldığı dildə verilməklə ən azı üç sözdən ibarət olmalıdır.
  6. Məqalədə UOT və PACS kodları göstərməlidir.
  7. Məqalə aşağıdakılardan ibarət olmalıdır:
    - Giriş,
    - Tədqiqat metodu
    - Tədqiqat işinin müzakirəsi və onun nəticələri,
    - İstinad ədəbiyyatı rus dilində olduğu halda orijinal dili mötəzə içərisində göstərməklə yalnız Latın əlifbası ilə verilməlidir.
  8. **Şəkil, rəsm, grafik və cədvəllər** çapda düzgün, aydın çıxacaq vəziyyətdə və mətn içərisində olmalıdır. Şəkil, rəsm və grafiklərin yazıları onların altında yazılmalıdır. Cədvəllərdə başlıq cədvəlin üstündə yazılmalıdır.
  9. **Mənbələr** mətn içərisində kvadrat mötərizə daxilində göstərməklə məqalənin sonunda mətn daxilindəki sıra ilə düzəlməlidir. Eyni mənbəyə iki və daha çox istinad edildikdə əvvəlki sıra sayı saxlanmaqla müvafiq səhifələr göstərməlidir. Məsələn: [7,səh.15].

Ədəbiyyat siyahısında verilən hər bir istinad haqqında məlumat tam və dəqiq olmalıdır. İstinad olunan mənbənin bibliografik təsviri onun növündən (monoqrafiya, dərslik, elmi məqalə və s.) asılı olaraq verilməlidir. Elmi məqalələrə, simpozium, konfrans, və digər nüfuzlu elmi tədbirlərin materiallarına və ya tezislərinə istinad edərkən məqalənin, məruzənin və ya tezisnin adı göstərməlidir.
- Nümunələr:**
- a) **Məqalə:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjayev N.M.. *Spatial and electronic structure of monomeric and dimeric complexes of carnosine with zinc*, Journal of structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
  - b) **Kitab:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, 2002
  - c) **Konfrans:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ.. Appligation of Information-Communication Technologies in Science and education. II International Conference. "Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391
- Mənbələr 9 punto yazı tipi böyüklüyündə olmalıdır.
10. **Səhifə ölçüləri:** üstədən 2.8 sm, altdan 2.8 sm, soldan 2.5 sm və sağdan 2.5 sm olmalıdır. Mətn 11 punto yazı tipi böyüklüyündə, **Palatino Linotype** yazı tipi ilə və tək simvol aralığında yazılmalıdır. Paraqraflar arasında 6 punto yazı tipi aralığında məsafə olmalıdır.
  11. Orijinal tədqiqat əsərlərinin tam mətni bir qayda olaraq 15 səhifədən artıq olmamalıdır.
  12. Məqalənin nəşrə təqdimi aşağıdakı qaydada aparılır:
    - Hər məqalə ən azı iki ekspertə göndərilir.
    - Ekspertlərin tövsiyələrini nəzərə almaq üçün məqalə müəllifə göndərilir.
    - Məqalə, ekspertlərin tənqidi qeydləri müəllif tərəfindən nəzərə alındıqdan sonra Jurnalın Redaksiya Heyəti tərəfindən çapa təqdim oluna bilər.

## YAZIM KURALLARI

1. “Journal of Baku Engineering University- Makine ve endüstri mühendisliği” önceler yayımlanmamış orijinal çalışmaları ve yazarın kendi araştırma alanın-da yazılmış derleme makaleleri kabul etmektedir.
2. Makaleler İngilizce kabul edilir.
3. Makaleler Microsoft Word yazı programında, (**journal@beu.edu.az**) adresine gönderilmelidir. Gönderilen makalelerde şunlar dikkate alınmalıdır:
  - Makalenin başlığı, yazarın adı, soyadı,
  - İş yeri,
  - E-posta adresi,
  - Özet ve anahtar kelimeler.
4. **Özet** 100-150 kelime arasında olup 9 font büyüklüğünde, makalenin yazıldığı dilde ve yukarıda belirtilen iki dilde olmalıdır. Makalenin her üç dilde yazılmış özeti birbirinin aynı olmalıdır. Anahtar kelimeler uygun özetin sonunda onun yazıldığı dilde verilmekle en az üç sözcükten oluşmalıdır.
5. Makalede UOT ve PACS tipli kodlar gösterilmelidir.
6. Makale şunlardan oluşmalıdır:
  - Giriş,
  - Araştırma yöntemi
  - Araştırma
  - Tartışma ve sonuçlar,
  - İstinat Edebiyatı Rusça olduğu halde orjinal dili parantez içerisinde göstermekle yalnız Latin alfabesi ile verilmelidir.
7. **Şekil, Resim, Grafik** ve **Tablolar** baskıda düzgün çıkacak nitelikte ve metin içerisinde olmalıdır. Şekil, Resim ve grafiklerin yazıları onların alt kısmında yer almalıdır. Tablolarda ise başlık, tablonun üst kısmında bulunmalıdır.
8. **Kullanılan kaynaklar**, metin dâhilinde köşeli parantez içerisinde numaralandırılmalı, aynı sırayla metin sonunda gösterilmelidir. Aynı kaynaklara tekrar başvurulduğunda sıra muhafaza edilmelidir. Örneğin: [7,seh.15]. Referans verilen her bir kaynağın künyesi tam ve kesin olmalıdır. Referans gösterilen kaynağın türü de eserin türüne (monografi, derslik, ilmî makale vs.) uygun olarak verilmelidir. İlmî makalelere, sempozyum, ve konferanslara müracaat ederken makalenin, bildirinin veya bildiri özetlerinin adı da gösterilmelidir.

### Örnekler:

- a) **Makale:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjajev N.M.. *Spatial and Electronic Structure of Monomeric and Dimeric Conapeetes of Carnosine Üith Zinc*, Journal of Structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
- b) **Kitap:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, p.386-398, 2002
- c) **Kongre:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ. Appligation of Information-Communication Technologies in Science and education. II International Conference. “*Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions*”, Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391

Kaynakların büyüklüğü 9 punto olmalıdır.

9. **Sayfa ölçüleri**; üst: 2.8 cm, alt: 2.8 cm, sol: 2.5 cm, sağ: 2.5 cm şeklinde olmalıdır. Metin 11 punto büyüklükte **Palatino Linotype** fontu ile ve tek aralıkta yazılmalıdır. Paragraflar arasında 6 puntoluk yazı mesafesinde olmalıdır.
10. Orijinal araştırma eserlerinin tam metni 15 sayfadan fazla olmamalıdır.
11. Makaleler dergi editör kurulunun kararı ile yayımlanır. Editörler makaleyi düzeltme için yazara geri gönderebilir.
12. Makalenin yayına sunuşu aşağıdaki şekilde yapılır:
  - Her makale en az iki uzmana gönderilir.
  - Uzmanların tavsiyelerini dikkate almak için makale yazara gönderilir.
  - Makale, uzmanların eleştirel notları yazar tarafından dikkate alındıktan sonra Derginin Yayın Kurulu tarafından yayına sunulabilir.
13. Azerbaycan dışından gönderilen ve yayımlanacak olan makaleler için,(derginin kendilerine gönderilmesi zamanı posta karşılığı) 30 ABD Doları veya karşılığı TL, T.C. Ziraat Bankası/Üsküdar-İstanbul 0403 0050 5917 No’lu hesaba yatırılmalı ve makbuzu üniversitemize fakslenmelidir.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. «Journal of Baku Engineering University» - Механические и промышленного строительства публикует оригинальные, научные статьи из области исследования автора и ранее не опубликованные.
2. Статьи принимаются на английском языке.
3. Рукописи должны быть набраны согласно программы **Microsoft Word** и отправлены на электронный адрес ([journal@beu.edu.az](mailto:journal@beu.edu.az)). Отправляемые статьи должны учитывать следующие правила:
  - Название статьи, имя и фамилия авторов
  - Место работы
  - Электронный адрес
  - Аннотация и ключевые слова
4. **Заглавие статьи** пишется для каждой аннотации заглавными буквами, жирными буквами и располагается по центру. Заглавие и аннотации должны быть представлены на трех языках.
5. **Аннотация**, написанная на языке представленной статьи, должна содержать 100-150 слов, набранных шрифтом 9 punto. Кроме того, представляются аннотации на двух других выше указанных языках, перевод которых соответствует содержанию оригинала. Ключевые слова должны быть представлены после каждой аннотации на его языке и содержать не менее 3-х слов.
6. В статье должны быть указаны коды UOT и PACS.
7. Представленные статьи должны содержать:
  - Введение
  - Метод исследования
  - Обсуждение результатов исследования и выводов.
  - Если ссылаются на работу на русском языке, тогда оригинальный язык указывается в скобках, а ссылка дается только на латинском алфавите.
8. **Рисунки, картинки, графики и таблицы** должны быть четко выполнены и размещены внутри статьи. Подписи к рисункам размещаются под рисунком, картинкой или графиком. Название таблицы пишется над таблицей.
9. **Ссылки** на источники даются в тексте цифрой в квадратных скобках и располагаются в конце статьи в порядке цитирования в тексте. Если на один и тот же источник ссылаются два и более раз, необходимо указать соответствующую страницу, сохраняя порядковый номер цитирования. Например: [7, стр.15]. Библиографическое описание ссылаемой литературы должно быть проведено с учетом типа источника (монография, учебник, научная статья и др.). При ссылке на научную статью, материалы симпозиума, конференции или других значимых научных мероприятий должны быть указаны название статьи, доклада или тезиса.

### Например:

- a) **Статья:** Demukhamedova S.D., Aliyeva I.N., Godjayev N.M. *Spatial and electronic structure of monomeric and dimeric complexes of carnosine with zinc*, Journal of Structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
- b) **Книга:** Christie on Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, 2002
- c) **Конференция:** Sadychov F.S, Fydin C, Ahmedov A.I. Application of Information-Communication Nechnologies in Science and education. II International Conference. "Higher Twist Effects In Photon-Proton Collision", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss.384-391

Список цитированной литературы набирается шрифтом 9 punto.

10. **Размеры страницы:** сверху 2.8 см, снизу 2.8 см, слева 2.5 и справа 2.5. Текст печатается шрифтом **Palatino Linotype**, размер шрифта 11 punto, интервал-одинарный. Параграфы должны быть разделены расстоянием, соответствующим интервалу 6 punto.
11. Полный объем оригинальной статьи, как правило, не должен превышать 15 страниц.
12. Представление статьи к печати производится в ниже указанном порядке:
  - Каждая статья посылается не менее двум экспертам.
  - Статья посылается автору для учета замечаний экспертов.
  - Статья, после того, как автор учел замечания экспертов, редакционной коллегией журнала может быть рекомендована к печати.