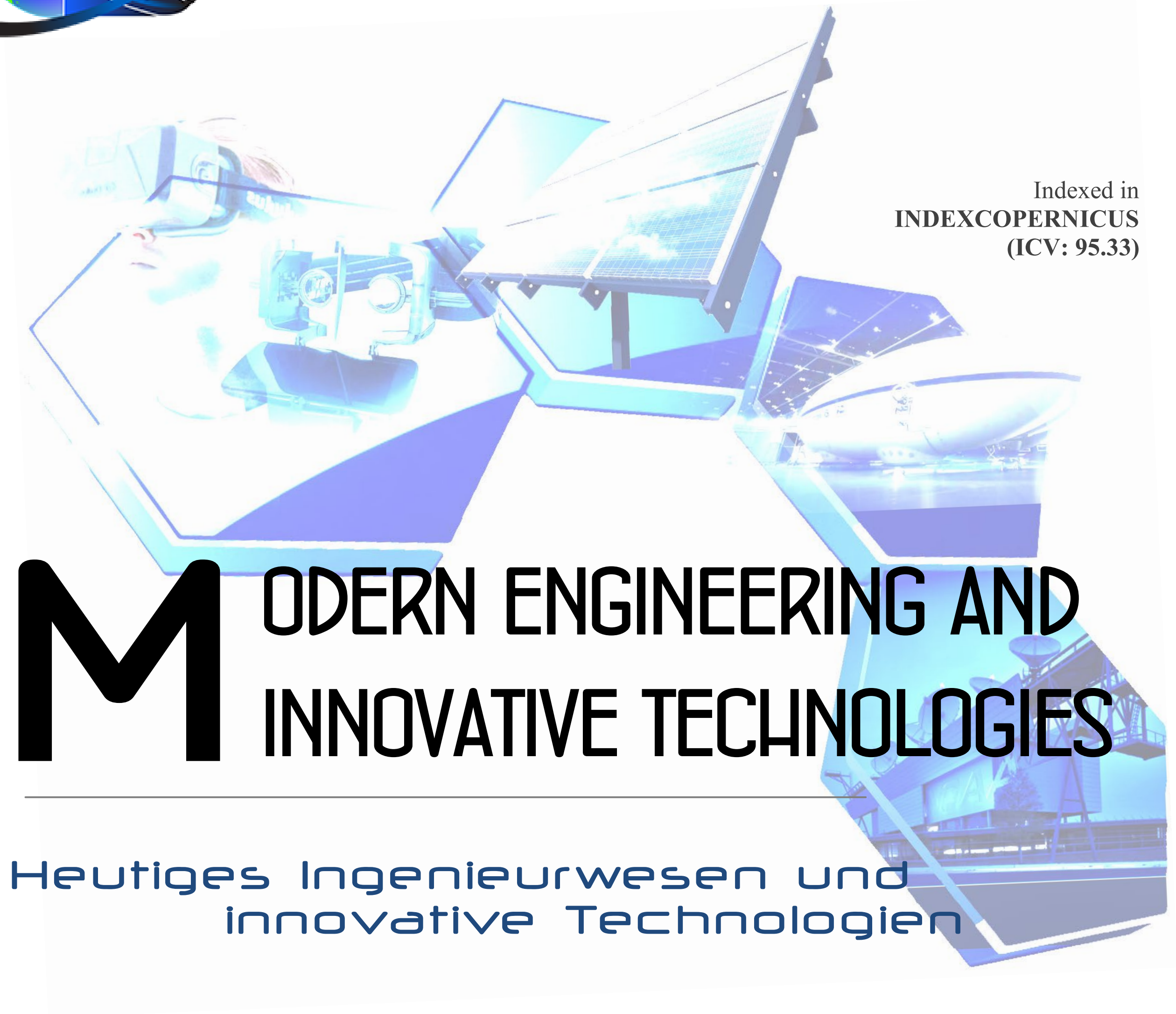
ISSUE №22
Part №1

International periodic scientific journal

ONLINE

www.moderntechno.de



Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 95.33)

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien

Issue №22
Part 1
August 2022

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

ISSN 2567-5273
DOI 10.30890/2567-5273

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*
Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *PhD in technical sciences*

Editorial board: More than 250 doctors of science. Full list on page:
https://www.moderntechno.de/index.php/swj/about/editorialTeam

Expert Board of the journal: Full list on page:
https://www.moderntechno.de/index.php/swj/expertteam

The International Scientific Periodical Journal **"Modern Technology and Innovative Technologies"** has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.
Periodicity of publication: Quarterly
The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.
Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.
Each article in the journal includes general information in English.
The journal is registered in IndexCopernicus, GoogleScholar.

UDC 08
LBC 94
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01

Published by:
Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe, Germany
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de

Copyright
© Authors, scientific texts 2022

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-006
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-006

UDC 621.87

DETERMINATION OF DYNAMIC LOADS IN THE CRANE LIFTING MECHANISM

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В МЕХАНІЗМІ ПІДІЙМАННЯ КРАНІВ

Volianiuk V.O. / Волянюк В.О.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0002-6852-9037
Gorbatyuk Ie.V. / Горбатюк Є.В.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0002-8148-5323
Terentyev A.A. / Терентьєв О.О.
d.t.s., prof. / д.т.н., проф.
ORCID: 0000-0001-6995-1419
Bulavka O.O. / Булавка О.О.
Ph.D. degree / здобувач ступеня доктора філософії
ORCID: 0000-0003-4119-174X
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Povitroflotsky Avenue, 31, 03037
Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
Киев, Воздухофлотский проспект, 31, 03037

Abstract. *To ensure trouble-free operation and improve the reliability of cranes when calculating the structures and components of their working equipment, it is important to take into account dynamic loads that are several times higher than static loads. Due to the fact that the lifting mechanism consists of a large number of elastic elements, the assembly and solution of equations for determining these coefficients is difficult. In order to simplify the equations and these calculations, the given calculation scheme according to which the remaining elements of the mechanism are brought to its first element (engine) is recommended. This allows you to greatly simplify the equation for solving and determine the values of the elasticity factors or stiffness of the elements of the dynamic loads of the crane lifting mechanism.*

The method of determining the coefficients of elasticity and rigidity of elements of dynamic loads, moments of inertia, durations of acceleration and braking of the load lifting mechanism allows to significantly simplify the solution of complex equations and determine their values with sufficient accuracy.

Keywords:*. crane, mechanism, indicator, element, load, moment.*

Introduction.

Loading and unloading works are an integral part of the technological process of construction. Cranes of different types are mainly used to perform these works [1].

Cranes as lifting machines are widely used in construction for the movement of goods and installation of structures.

The scientific and technological progress taking place in all countries of the world strongly requires an increase in productivity, load lifting and an increase in the working speeds of lifting machines, which leads to a reduction in transients, that is, to a decrease in the time of acceleration and braking of machines.

All this leads to an increase in the intensity of the load-lifting machine, causes additional forces on all elements of the machine, received in the technique the name - external dynamic loads [2].

On the other hand, any machine has structural features of its kinematics, deviations in the size of individual parts within the established tolerance, clearance in gear gears and couplings, deformability of the system - all this causes vibrational processes in the machine transmission and refers to phenomena - internal dynamics of the machine.

For safe operation of cranes, it is important to take into account the value of all types of dynamic loads operating when calculating their structures and selecting component elements [3].

Therefore, at present, the actual problem is the development of a technique for determining dynamic loads in the mechanism of lifting the cargo of cranes in case of lack of movement in order to simplify complex calculations.

Dynamic load diagrams of crane load lifting mechanism.

Many researchers have set and solved problems of dynamic analysis and synthesis of modes of movement of the cargo lifting mechanism. In their work, they used systems with concentrated and distributed parameters (crane bridge, rope) [4, 5].

Dependencies were given to determine the inertial loads in the mechanisms of self-propelled cranes when lifting (lowering) the load, turning the boom with the load, lifting (lowering) the boom and combinations of these movements [6, 7].

Dynamic loads were also considered in the rotary movement of the tower crane with a load that causes the spatial movement of the pendulum. For this purpose nonlinear mathematical models of load oscillation during turning motion were formulated, nonlinearity of rocking motion at large angles and nonlinearity of power transmission were taken into account [8, 9].

In all the above works and publications, the method of determining dynamic load indicators using the following schemes is not used.

In these schemes, any mechanism or any machine (Fig. 1) has elements or nodes of massive or rigid bodies that move as a whole in the course of the transition process. Such elements can be considered absolutely rigid bodies, and their entire mass can be concentrated at a point coinciding with the center of weight of this element or node.

Thus, the mechanism or machine consists of "point masses" which include: transported cargo, rotating parts of the engine, brake pulley, drum, gear wheels, etc.

These "point masses" are connected by elastic elements – shafts, ropes and other elements that determine, mainly, the deformation of the mechanism. These elastic elements have a relatively small mass, compared to "point masses", so they can, in the first approximation, be considered massless or absolutely elastic elements.

The elastic elements of the machine under its load are appropriately deformed. The amount of this deformation of the element is taken into account by the coefficient of elasticity or compliance.

The coefficient of elasticity or compliance is defined as the ratio of the value of linear deformation or the angle of twist of this element to the value of the force or torque acting on it:

$$k_l = \frac{y}{P}; \quad k_{cr} = \frac{\varphi}{M}, \tag{1}$$

where P – force causing linear deformation "y"; y – linear deformation; φ – angular deformation; M – moment that causes angular deformation "φ".

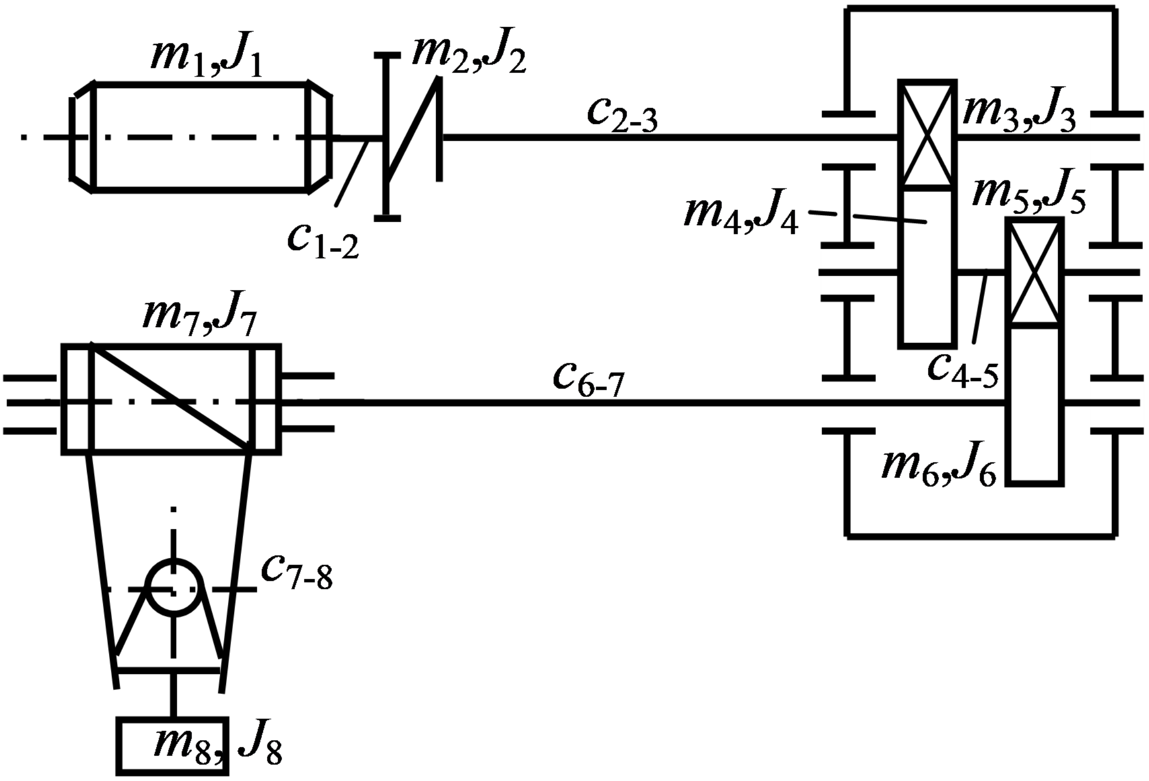


Figure 1 - Elements of dynamic loads of the lifting mechanism

In practice, more often use the value of the inverse coefficient of elasticity, which is called the stiffness coefficient.

The linear stiffness factor or linear stiffness is defined by:

$$C_l = \frac{P}{y}; \tag{2}$$

angular or torsional stiffness:

$$C_{cr} = \frac{M}{\varphi}. \tag{3}$$

Thus, the design scheme can be represented by a number of "point masses" connected by weightless absolutely elastic bonds. Figure 2 shows the design dynamic diagram of the lifting mechanism [7].

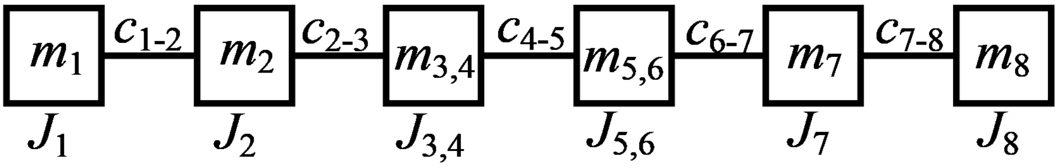


Figure 2 - Estimated dynamic scheme of the lifting mechanism

It follows from the analysis of this design scheme that if you take into account all the elements of the machine in the design scheme, then the scheme is very

difficult, and the definition of dynamic loads is an intractable task. Therefore, in order to study dynamic processes in a mechanism or machine, it is advisable to use the so-called given calculation schemes that reflect the actual operation of the mechanism or machine and allow non-difficult decisions to obtain and analyze dynamic loads.

To illustrate the dynamic action of individual masses, depending on the task, they are led to some one elastic link located on one elastic link. Due to the fact that each mechanism has both rotating and progressively moving masses, two design drive schemes are possible.

If the drive is made to a certain shaft of the mechanism, then the given scheme of rotational motion is applied (Fig. 3).

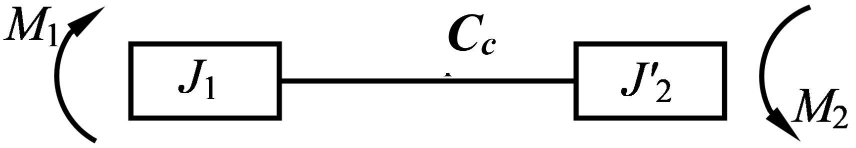


Figure 3 - The scheme of rotational motion is given

If the adjustment is made to the translational moving elastic element - rope, chain, rod, then the given scheme of translational stroke is applied (Fig. 4).

Figure 4 - The scheme of the translational propulsion elastic element is given

Let's say that we bring the weight of the load "m_7," then the mass "m_7" and the stiffness of the suspension "c_{7-8}" remain unchanged, the weight and stiffness of all rotating shafts and parts will have the reduced value:

$$m'_7 = m_7 + \sum_{i=1}^{i=7} m_{i,br} . \quad (4)$$

When brought to the rotary motion scheme, it is allowed that the drive is carried out to the engine shaft, then the moment of inertia of the engine shaft remains unchanged, the moment of inertia of all the rotating shafts and parts has the reduced value:

$$I = I_1 + I'_2 = I_1 + \sum_{i=2}^{i=8} I_{i,br} , \quad (5)$$

where I – total moment of inertia, I_1, I'_2 – moments of inertia respectively of the engine shaft and given all rotating parts and shafts of the circuit.

For example, consider the definition of moments in the given scheme of rotational motion:

$$M_d - M_s = I_1\varepsilon + I'_2\,\varepsilon = \varepsilon(I_1 + I'_2) = \frac{\pi n}{30 t_o}(I_1 + I'_2) = \frac{n}{9{,}55 t_o}(I_1 + I'_2), \quad (6)$$

where M_d, M_s – moments of engine driving forces and static resistance forces respectively; ε – average angular acceleration; t_o – engine acceleration time; n – engine shaft rotation speed.

From where we will find the duration of acceleration t_o and braking of the engine t_b:

$$t_o = \frac{n(I_1 + I'_2)}{9{,}55(M_d \mp M_s)}; \tag{7}$$

$$t_b = \frac{n(I_1 + I'_2)}{9{,}55(M_d \pm M_s)}, \tag{8}$$

where the sign "+" – when braking on the rise and acceleration on the descent, the sign "-" – when braking on the descent and acceleration on the rise.

Write the equation for the second scheme - reduced to a translational move (Fig. 4):

$$P - W = (m_8 + m'_7)\frac{V}{t_o}; \tag{9}$$

where V – cargo lifting speed.

Where will we find the duration of acceleration t_o and braking of the engine t_b:

$$t_o = \frac{(m_8 + m'_7)V}{P \mp W}; \quad t_b = \frac{(m_8 + m'_7)V}{P \pm W}. \tag{10}$$

Thus, the calculated shown rotational motion and translational stroke schemes are the same in terms of both the volume of the calculated work and the consequences of the calculation, although the translational stroke scheme is more apparent than the rotational motion.

The parameters characterizing the inertial properties of the dynamic parts of the mechanisms are the masses at translational motion or moments of inertia (flywheels) at rotational motion. Bringing the moving concentrated masses of the mechanism to a certain shaft is carried out on the basis of the constant kinetic energy of the mechanism E_m before and after the reduction, taking into account the energy losses from the friction forces E_{fr}, which are proportional to the inertial forces:

$$E_{br} = E_m + E_{fr}. \tag{11}$$

On the basis of the law of energy conservation, the moment of inertia of the mechanism masses is brought to the engine shaft during start-up consists of several rotating masses and progressively moving:

$$\frac{I_{br}\omega_1^2}{2} = \frac{I_1\omega_1^2}{2} + \frac{I_2\omega_2^2}{2\eta_1} + \frac{I_3\omega_3^2}{2\eta_1\eta_2} + \ldots + \frac{I_n\omega_n^2}{2\eta_1\eta_2 \ldots \eta_n} + \frac{mV^2}{2\eta_m}, \tag{12}$$

where $E = I\frac{\omega^2}{2}$ – kinetic energy of rotating masses; $E' = m\frac{V^2}{2}$ – kinetic energy of

translational moving masses.

Dividing by $\frac{\omega_1^2}{2}$ and considering that $\frac{\omega_1}{\omega_2}=u_1$ we get:

$$I_{br}=I_1+\frac{I_2\omega_2^2}{\omega_1^2\eta_1}+\frac{I_3\omega_3^2}{\omega_1^2\eta_1\eta_2}+\ldots+\frac{I_n\omega_n^2}{\omega_1^2\eta_1\eta_2\ldots\eta_n}+\frac{mV^2}{\omega_1^2\eta_m}; \qquad (13)$$

$$I_{br}=I_1+I_2\frac{1}{u_1^2\eta_1}+I_3\frac{1}{u_1^2u_2^2\eta_1\eta_2}+\ldots+\frac{m}{\eta_m}\left(\frac{V}{\omega_1}\right)^2, \qquad (14)$$

where I_1 – moment of inertia of all rotating masses of the drive located on the first shaft of the engine; I_2, I_3 etc. – moments of inertia of rotating masses of the drive located on the second, and, accordingly, subsequent shafts of the drive; u_1, u_2 etc. – transfer numbers of the first and subsequent gears; m – weight of progressively moving drive elements (cargo, trolley, crane, etc.); V – speed of mass motion "m"; $\omega_1=\omega_d$ – angular speed of engine rotor rotation.

Since in these expressions the terms taking into account the moments of inertia of masses on the shafts 2, 3, etc. contain the squares of the ratios in the denominator, the influence of these terms compared to the moment of inertia of masses located on the high-speed shaft of the engine "I_1" is relatively small. Therefore, when determining the reduced moments of inertia of the crane mechanisms, the moments of inertia of masses of slow-moving rotating shafts are taken into account by multiplying the moments of inertia of masses located on the fast shaft by the coefficient "c" equal to:

$$I_{br}=(I_1+I_2\frac{1}{u_1^2\eta_1}+I_3\frac{1}{u_1^2u_2^2\eta_1\eta_2}+\ldots+I_n\frac{1}{u_1^2u_2^2\ldots u_n^2\eta_1\eta_2\ldots\eta_n})\times(1{,}1\div1{,}2). \qquad (15)$$

Then the equation takes the form:

$$I_{br}=cI_1++\frac{m}{\eta_m}\left(\frac{V}{\omega_1}\right)^2=c\frac{(m_1D^2)}{4}+\frac{m}{\eta_m}\left(\frac{V}{\omega_1}\right)^2, \qquad (16)$$

where (m_1D^2) – is the flywheel moment of all rotating masses located on the engine shaft.

Let's define the given moments of inertia:

for acceleration period - power mode

$$I_{br}=c\frac{(m_1D^2)}{4}+\frac{m}{\eta_m}\left(\frac{V}{\omega_1}\right)^2; \qquad (17)$$

for braking period – braking mode

$$I_{br}=c\frac{(m_1D^2)}{4}+m\eta_m\left(\frac{V}{\omega_1}\right)^2. \qquad (18)$$

Consider the reduced moment of inertia of masses to the drum for the lifting mechanism. If $V_c = \frac{\pi D_d n_d}{u_p u_r 60}$, $\omega_1 = \frac{\pi n_d}{30}$ then

$$V_c = \frac{D_d \omega_1 30}{u_p u_r 60} = \frac{D_d \omega_1}{2 u_p u_r \eta_c}, \qquad (19)$$

where D_d – drum diameter; n_d – engine shaft speed; u_p – multiplicity of polyspast; u_r – gear gear ratio; ω_1 – angular speed of engine rotor; η_c – efficiency of load lifting mechanism.

In this case, the given moment of inertia in the power mode will be recorded:

$$I_{br} = c\frac{(m_1 D^2)}{4} + \frac{QR_d}{u_p^2 u_r^2 \eta_c}; \qquad (20)$$

in braking mode:

$$I_{br} = c\frac{(m_1 D^2)}{4} + \frac{QR_d \eta_c}{u_p^2 u_r^2}, \qquad (21)$$

where Q – weight of cargo.

Thus, the reduction of the moment of inertia of the masses is carried out through the squares of the radius of the drum, the gear ratio and the efficiency factor of the mechanism in the first stage. Moreover, the gear ratio and efficiency in the power mode are in one line, and in the braking mode in different lines.

In dynamic calculations, the forces in the ropes of lifting mechanisms lead to the direction of translational movement of the load. Forming the equation of energy equality, we get the expression of the mass of the load lifting mechanism reduced to this direction:

$$m_{br}\frac{V_c^2}{2} = m_c \frac{V_c^2}{2} + cI_{br}\left(\frac{\omega_1^2 \eta_c}{2}\right), \qquad (22)$$

dividing by, "$\frac{V_c^2}{2}$" we get:

$$m_{br} = m_c + cI_{br}\left(\frac{\omega_1}{V_c}\right)^2 \eta_c. \qquad (23)$$

Substituting the values "ω_1" and, "V_c" we get the expression:

$$m_{br} = m_c + cI_1\left(\frac{\pi n_d 60 u_r u_p \eta_c}{30\pi D_d n_d}\right)^2 \eta_c = m_1 + cI_1 \frac{u_r^2 u_p^2 \eta_c}{R_d^2}. \qquad (24)$$

This expression for force mode will be written:

$$m_{br} = Q + c\frac{\left(m_1 D^2\right)}{4}\cdot\frac{u_r^2 u_p^2 \eta_c}{R_d^2}; \qquad (25)$$

for braking mode:

$$m_{br} = Q + c\frac{\left(m_1 D^2\right)}{4}\cdot\frac{u_r^2 u_p^2}{R_d^2 \eta_c}. \qquad (26)$$

Thus, the weight of the load is also driven through the squares of the radius of the drum, the gear ratio and the efficiency of the mechanism in the first stage.

The main elastic elements of hoisting machines are shafts, ropes, elastic couplings, beams, arrows, etc. The rigidity of gear gears, splice joints and tongue joints is taken into account in the refined calculations.

The problem of stiffening elastic elements arises usually in the case when it is necessary to take into account the elasticity of several elements of the mechanism.

Stiffening is performed so that the potential energy of the reduced system is equal to the potential energy of the real elastic system, taking into account the available friction losses.

Consider a system with stiffness "c_1" and "c_2" (Fig. 5, *a*), which must be brought to stiffness "c_{br}" system (Fig. 5, *b*).

The potential energy of elastic deformation is defined by:
linear

$$P_l = \frac{c_l y^2}{2}; \qquad (27)$$

angular

$$P_k = \frac{c_k \varphi^2}{2}, \qquad (28)$$

but since the stiffness is linear $c_l = \frac{G_c}{y}$ and the angular $c_k = \frac{M}{\varphi}$, then finally the potential energy will be determined:

$$P_l = \frac{G_c y^2}{2}; \qquad (29)$$

$$P_k = \frac{M\varphi}{2}. \qquad (30)$$

In this system, the drive is carried out to the first shaft $M_{br} = M_1$.

The given potential energy is:

$$P_{br} = P_1 + \frac{P_2}{\eta_1}, \qquad (31)$$

where η_1 – the efficiency factor taking into account the operation of friction forces of inertial masses in the power mode.

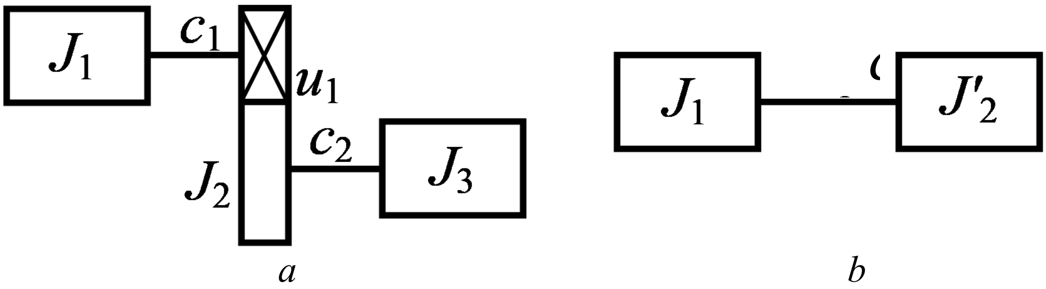


Figure 5 - The scheme of reduction of system with rigidity:
***a* – the initial scheme; *b* – the given scheme**

Substituting the value of the potential angular energy, we get:

$$P_{br} = \frac{M_1\varphi_1}{2} + \frac{M_2\varphi_2}{2\eta_1} = \frac{M_1\varphi_1}{2} + \frac{M_1u_1\eta_1\varphi_2}{2\eta_1} = \frac{M_1(\varphi_1 + u_1\varphi_2)}{2}, \qquad (32)$$

where φ_1 and φ_2 – angles of shafts twisting under action of moments applied to them; u_1 – gear gear transfer number (Fig. 5).

On the other hand, the potential energy of the given system is:

$$P_{br} = \frac{M_{br}\varphi_{br}}{2} = \frac{M_1\varphi_{br}}{2}. \qquad (33)$$

Equating the expressions (32) and (33) to find the reduced twist angle "φ_{br}":

$$\varphi_{br} = \varphi_1 + u_1\varphi_2. \qquad (34)$$

Finally, the reduced stiffness will be:

$$c_{br} = \frac{M_1}{\varphi_1 + u_1\varphi_2}. \qquad (35)$$

Stiffness "c_2" will be determined:

$$c_2 = \frac{M_1u_1\eta_1}{\varphi_2}, \qquad (36)$$

from where

$$\varphi_2 = \frac{M_1u_1\eta_1}{c_2}. \qquad (37)$$

Converting, we get:

$$c_{br} = \frac{c_1\varphi_1}{\varphi_1} + \frac{M_1u_1\eta_1}{c_2}u_1 = \frac{c_1c_2}{c_2 + c_1u_1^2\eta_1}, \qquad (38)$$

or

$$\frac{1}{c_{br}} = k_{cr1} + k_{cr2}u_1^2\eta_1, \qquad (39)$$

where $k_{cr1} = 1/c_1$, $k_{cr2} = 1/c_2$ – coefficients of steep rigidity or elasticity of shafts.

The reduced elasticity or compliance of the element in the power mode is equal to:

$$k_{cr\,br} = k_{cr1} + k_{cr2} u_1^2 \eta_1; \qquad (40)$$

in braking mode:

$$k_{cr\,br} = k_{cr1} + k_{cr2} \frac{u_1^2}{\eta_1}. \qquad (41)$$

Thus, the coefficient of stiffness or elasticity, as well as the moment of inertia, is driven by a square of the ratio between the shafts and the efficiency in the first stage.

For example, we find the stiffness of the rope polyspast brought to the shaft of the engine of the load lifting mechanism.

Potential energy of cargo suspension is equal to:

$$P_s = \frac{G_c y}{2\eta}, \qquad (42)$$

where G_c – the weight of the moving cargo; y – flexible movement of cargo (deformation of polyspast ropes).

Determine the stiffness of the rope with a length "l":

$$c_k = \frac{P_r F_r}{l}, \qquad (43)$$

where P_r – the potential energy of the rope; F_r – the pulling force of the rope, and stiffness of cargo suspension:

$$c_s = G_c c_k. \qquad (44)$$

Bringing the load rope suspension stiffness to the shaft of the engine can be found on the condition of equality of the potential energy of the cargo suspension and the reduced system:

$$\frac{G_c y}{2\eta} = \frac{M_1 \varphi_{br}}{2}, \qquad (45)$$

from where

$$\varphi_{br} = \frac{G_c y}{M_1 \eta}, \qquad (46)$$

then, the load suspension stiffness brought to the engine shaft will be determined:

$$c_{br} = \frac{M_1}{\varphi_{br}} = c_k G_c \left(\frac{R_d}{u_p} \right)^2 \frac{1}{\eta}. \qquad (47)$$

Thus, the transformation of the tensile stiffness factor into the torsion stiffness factor is carried out by means of the squares of the drum radius and the multiplicity of the polyspast and the efficiency factor of the suspension in the first stage.

Conclusions.

Application of the above method using the above diagrams allows to determine the dynamic load indicators of the crane load lifting mechanism with a lower

difficulty in solving equations and accuracy sufficient for practice. This simplifies calculations and reduces their duration.

In the future, it is necessary to develop programs to perform these calculations using computers.

References

1. Pelevin L., Gorbatyuk Ie., Zaichenko S., Shalenko V. (2017). Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process / // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6, no. 2 (90): Information technology. Industry control systems, 52–60.

2. Volyanyuk V.O., Gorbatyuk Ie.V. (2021). Rozrahunok mehanizmiv vantazhopidijmal'nyh mashyn [Calculation of mechanisms of lifting machines] Kyiv: KNUCA [in Ukrainian].

3. Loveykin V.S., Boat Yu.V., Dikteruk M.G., Pastushenko S.I. (2004). Modeling of dynamics of mechanisms of hoisting machines. Kyiv-Mykolaiv: RVV MSAU, 176 [in Ukrainian].

4. Kazak S.A. (1968). Dynamics of bridge cranes. Moscow: Mashinostroenie, 331 [in Russian].

5. Gaidamaka V.F. (1989). Lifting machines. Kyiv: High school, 328 [in Ukrainian].

6. Loveykin V.S. Dynamic loads in nonlinear-elastic elements of the load-lifting mechanism of bridge cranes at the stage of their start-up /V.S. Loveykin, Yu.V. Boat, MG Dikteruk. Kyiv: Construction Engineering, 2002, №12. 8-15 [in Ukrainian].

7. Volyanyuk V. Determination of inertial loads of the rotary boom of a self-propelled crane / V. Volyanyuk, D. Mishchuk, E. Gorbatyuk. Kyiv: Mining, construction, road and reclamation machines, 2020, №96. 13-21. URL: https://doi.org/10.3247/gbdmm2020.96.05.25 [in Ukrainian].

8. B. Jerman, P. Podržaj, J. Kramar. (2004). An investigation of slewing-crane dynamics during slewing motion—development and verification of a mathematical model. International Journal of Mechanical Sciences. 46 (5), 729-750. https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2004.05.006.

9. E.M. Abdel-Rahman, A.H. Naufen, Z.N. Masoud. (2003). Dynamics and Control of Cranes: A Review. Journal of Vibration and Control, 9(7), 863-908. DOI: 10.1177/1077546303009007007.

Анотація. *Для забезпечення безаварійної роботи і підвищення надійності кранів при розрахунках конструкцій і комплектуючих елементів їх робочого обладнання важливо враховувати динамічні навантаження, які в декілька разів перевищують статичні навантаження. У зв'язку з тим, що механізм підіймання вантажу складається з великої кількості пружних елементів, складання і розв'язання рівнянь для визначення цих коефіцієнтів становиться складним завданням. З метою спрощення рівнянь і цих розрахунків в роботі рекомендована приведена схема розрахунків за якою решта всіх елементів механізму приводяться до першого його елементу (двигуна). Це дозволяє значно спростити рівняння для розв'язання та визначати величини коефіцієнтів пружності або жорсткості елементів динамічних навантажень механізму підіймання вантажу кранів.*

Наведена в роботі методика визначення коефіцієнтів пружності та жорсткості елементів динамічних навантажень, моментів інерції, тривалостей розгону та гальмування

механізму підіймання вантажу дозволяє значно спростити розв'язання складних рівнянь і з достатньою точністю визначати їх величини.

Ключові слова: *кран, механізм, показник, елемент, навантаження, момент.*

Article sent: 01/08/2022

© Volianiuk V.O. Gorbatyuk Ie.V., Terentyev A.A., Bulavka O.O.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-031
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-031

УДК 621.22

OPTIMIZATION OF THE GEOMETRY OF THE FLOW PART OF THE CENTRIFUGAL MULTISTAGE PUMP

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ВІДЦЕНТРОВОГО БАГАТУСТУПЕНЕВОГО НАСОСА

Petrenko S.S. / Петренко С.С.
PhD student / аспірант
ORCID: 0000-0003-1921-3519
Panchenko V.O. / Панченко В.О.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0001-9228-4888
Sumy State University, Sumy, Rymskogo-Korsakova, 2, 40007
Сумський державний університет, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, 40007

Анотація. *У статті описана оптимізація геометрії задніх лопатей напрямного апарата багатоступіненевого відцентрового насоса для підтримки пластового тиску. Проведено чисельне моделювання проміжної проточної частини для різних варіантів. Знайдено оптимальний варіант геометрії для отримання задовільних характеристик.*

Ключові слова: *напрямний апарат, насос, лопаті, рідкотільна модель*

Вступ.

Історично так склалося, що в Україні зосередилися найбільші академічні, наукові та виробничі ресурси, які спеціалізуються на розробці та виробництві насосного та компресорного обладнання для цих галузей [1]. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» включає в себе забезпечення сталого розвитку нафтового та газового сектору, що опосередковано носить в собі модернізацію обладнання для видобутку нафти та газу [2], зокрема відцентрових секційних насосів для підтримки пластового тиску (ППД) [3].

Конструктивне виконання такого насоса приведено на рисунку 1.

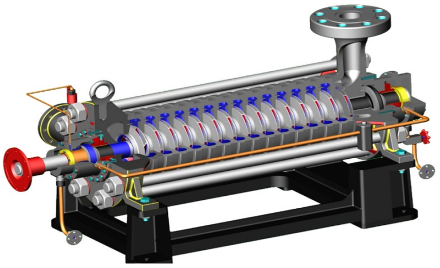


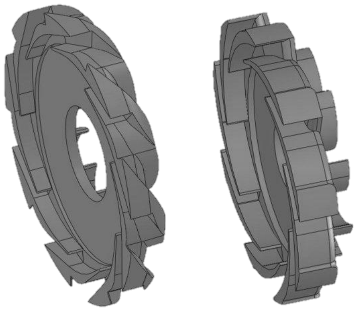
Рисунок 1 – Загальний вид багатоступеневого секційного насоса
Джерело: [1]

Насос складається з кришки всмоктування і нагнітання, в нижній частині якої знаходиться опорні лапи. Величина напору регулюється зміною кількості ступенів (секцій). Кришки з секціями сумісно формують корпус насоса, який стягується шпильками. Підвід рідини до першого ступеня − кільцевий, до наступних рідина потрапляє і відводиться за допомого напрямних апаратів (НА). Відвід рідини останнього ступеня − комбінований (НА з кільцевим відводом) [4, 5]. Проточна частина відцентрового секційного насоса

складається з робочого колеса (РК), яке надає рідині обертального руху, і корпусу (в нашому випадку НА), що переводить рідину до РК наступного ступеня.

Напрямні апарати використовують для того, щоб: відвести рідину з першого ступеня та підвести до наступних ступенів; перетворити кінетичну енергію потоку рідини, яка виходить з РК, в енергію тиску з мінімальними гідравлічними втратами; забезпечити вісесиметричний потік на виході з НА (та на вході у РК). Конструктивні вимоги до напрямних апаратів наступні: мінімально можливі радіальні та осьові розміри [6]; можливість виготовлення найбільш дешевим та технологічним способом; зручність складання насоса з цим НА. Крім того під час розроблення конструкції напрямних апаратів потрібно враховувати: вид перекачуваної рідини, необхідність компенсації радіальних сил, віброакустичні вимоги до насосу [6].

Найбільшого використання набули напрямні апарати з безперервними каналами [1, 4] і напрямні апарати з переривчастою зоною, які розділяють дифузорні і зворотні канали між собою [7] (рисунок 2).



а б

Рисунок 2 – Конструктивне виконання НА безперервного і переривчастого відповідно

Джерело: [7]

Головний недолік безперервного НА полягає у тому, що при зменшенні зовнішнього габаритного розміру (зовнішнього діаметра) площа перевідного каналу зменшується, що призводить до збільшення швидкості і відповідно до збільшення гідравлічних втрат. Відсутність перевідного каналу в переривчастому НА дає змогу зменшити той самий габаритний розмір без значного збільшення гідравлічний втрат.

Основний текст

Мета роботи полягає у дослідженні впливу кільцевого перевідного каналу напрямного апарату з різними типами зворотних лопатей на інтегральні характеристики насоса.

У попередньому дослідженні [8] було проведено модернізацію насоса з параметрами: подача 180 м^3/с та напір 1900 м, частота обертів ротора 3000 об/хв.

Проте параметри (напір і ККД) модернізованого ступеня не задовольняють вимогам базового ступеня, тому було вирішено провести оптимізацію геометрії напрямного апарату за методикою описаною в роботі [4, 7].

Базова проточна частина (РК і канальний НА) була розрахована за відомою методикою [4]. Тривимірні рідкотільні моделі спроєктовані в графічному редакторі Solidworks (учбова версія).

В якості експериментальної проточної частини в роботі було використано лопатевий кільцевий НА з зворотними лопатевими каналами різних конфігурацій (рисунок 4, 5, 6) для подальшого порівняння результатів з базовою ПЧ насоса. ПЧ розрахована та спроєктована за методикою наведеною в працях [1, 4, 7]. РК залишилось базовим.

Лопаті у зворотних каналах експериментальних НА використовувалися циліндричні подовжені однакового перерізу (рисунок 4), циліндричні тілесного профілю (рисунок 6), та профільовані (рисунок 5). Конструкції обиралися з огляду на те щоб забезпечити найменший відрив потоку.

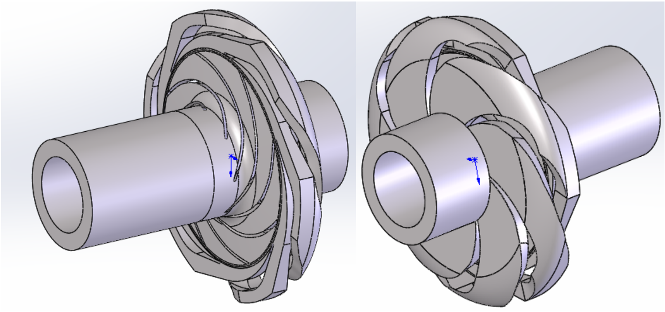


Рисунок 3 – Рідкотільна модель проміжного ступеня ЦНС 180-1900

Джерело: [1]

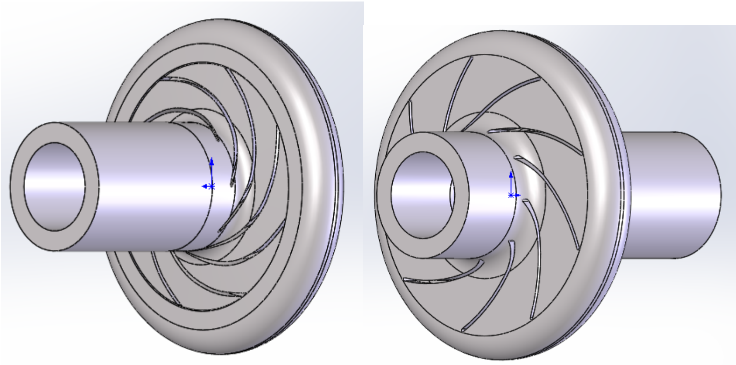


Рисунок 4 – НА з перевідним і зворотним каналами (лопаті тип 1)

Авторська розробка

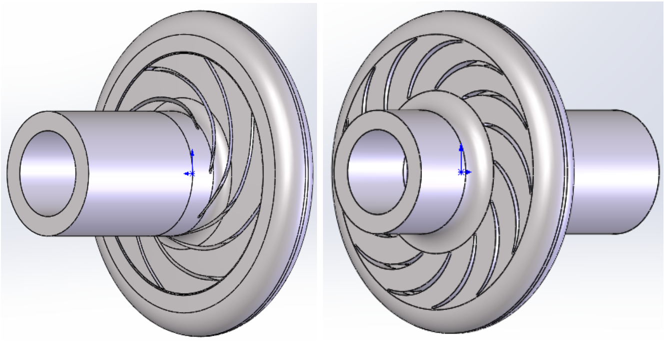


Рисунок 5 – НА з перевідним і зворотним каналами (лопаті тип 2)

Авторська розробка

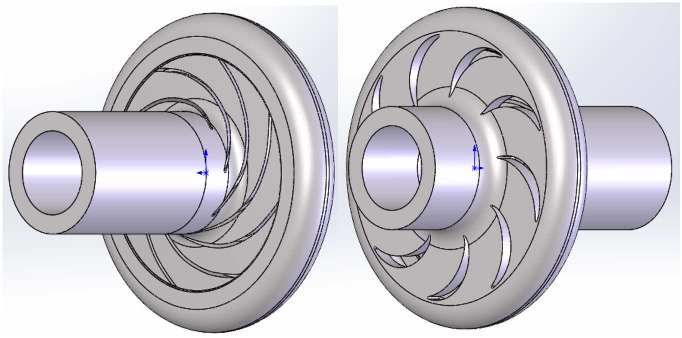


Рисунок 6 – НА з перевідним і зворотним каналами (лопаті тип 3)

Авторська розробка

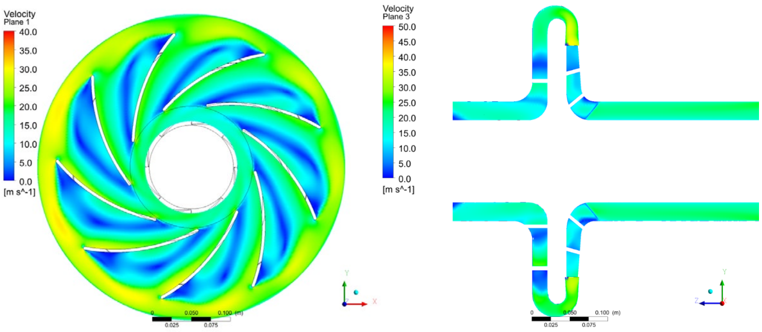


Рисунок 7 – Геометрія НА з лопатями №1

Авторська розробка

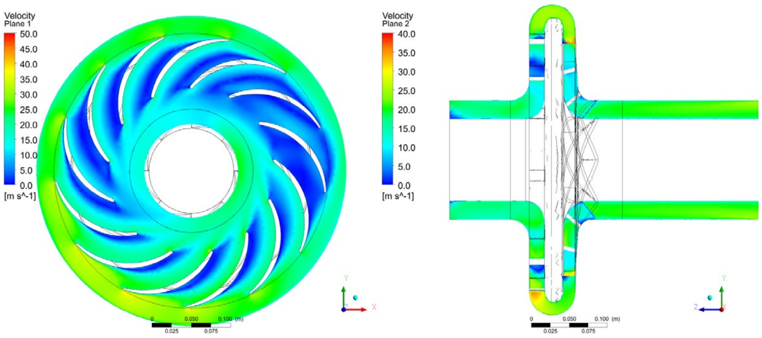


Рисунок 8 – Геометрія НА з лопатями №2

Авторська розробка

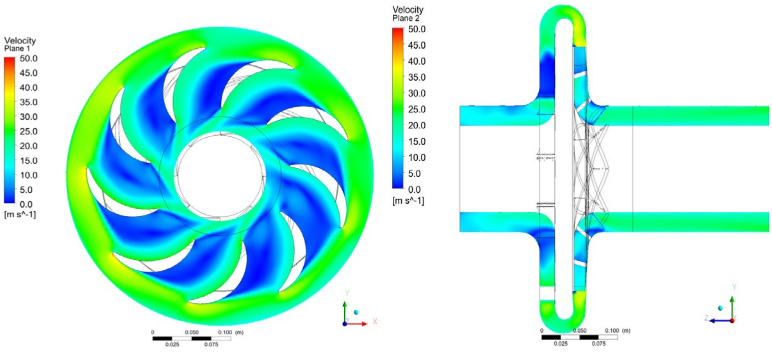


Рисунок 9 – Геометрія НА з лопатями №3

Авторська розробка

Висновки.

Були розглянуті різні види НА із зворотними лопатями. Відрив потоку забезпечити вдалося лише частково (рисунок 8). Серед усіх варіантів найбільший ККД і найменша витрачена потужність отримана у варіанті з лопатями №1 (рисунок 7).

Література:

1. Луговая С.О. Гидродинамические особенности проектирования сменных проточных частей при создании унифицированного ряда центробежных насосов [Текст] : Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук / С.О. Луговая. - Сумы : СумДУ, 2009. - 147 с. – СумДУ

2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” [Електронний ресурс] // Офіційний веб портал парламенту України. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-р#Text

3. Про затвердження Правил розробки нафтових і газових родовищ : Наказ М-ва екології та природ. ресурсів України від 15.03.2017 р. № 118. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0692-17#Text (дата звернення: 26.07.2022).

4. Ржебаева, Н.К. Расчет и конструирование центробежных насосов [Текст] : учеб. пос. / Н.К. Ржебаева, Э.Е. Ржебаев. - Сумы : СумГУ, 2009. - 220 с.

5. Gülich, J. F. (2010). Centrifugal pumps (second edition). Centrifugal Pumps (Second Edition), 1–964. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12824-0

6. Расчёт и проектирование отводящих устройств центробежных насосов: Учеб. пособие / Козлов С.Н., Петров А.И. – Ч. 2. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 44 с.: ил.;

7. Ольштынский П. Л. Учет особенностей рабочего процесса направляющего аппарата для повышения технического уровня центробежного насоса [Текст] : диссертация на соискание научной степени канд. техн. наук / Ольштынский П. Л. ; науч. рук. И.Б. Твердохлеб. - Сумы : СумГУ, 2016. - 166 с.

8 Куліков О. А., Петренко С. С., Джафаров Т. В., Безсмертний О. С., Ратушний О. В. (2021). Модернізація проміжного ступеня насосу ЦНС 180/1900.

Abstract. *The article describes the optimization of the geometry of the rear blades of the guide apparatus of a multi-stage centrifugal pump for maintaining formation pressure. As an experimental flow part in the work, a vane-ring guide apparatus with return vane channels of various configurations was used for further comparison of the results with the basic flow part of the pump. Numerical modeling of the intermediate flow part for various options was carried out. Integral characteristics of flow parts with return channels of different configurations were obtained. The optimal variant of the geometry for obtaining satisfactory characteristics was found.*

Key words: *guide apparatus, pump, blades, liquid model.*

Стаття відправлена: 30.08.2022 р.

© Петренко С.С., Панченко В.О.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-032
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-032

УДК 621.22

IMPROVEMENT OF THE HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE HYDROACCUMULATOR

ПОКРАЩЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОАКУМУЛЯТОРУ

Sysenko V.V. / Сисенко В.В.
postgraduate / аспірант
ORCID: 0000-0001-6412-3227
Panchenko V.O. / Панченко В.О.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доцент.
ORCID: 0000-0001-9228-4888
Sumy State University, St. Rimsky-Korsakov, 2, Sumy, Ukraine, 40007
Сумський державний університет, в
ул. Римського-Корсакова,2, м. Суми, Україна, 40007

Анотація. *В статті представлений спосіб підвищення інерційності в системі гідроприводу з використанням гідроакумулятору за рахунок монтування додаткового рухливого елемента. З огляду на те, що авторами в конструкції установки передбачено зміни, доцільно використовувати назву гідропневмомеханічний акумулятор. Використання запропонованої конструкції гідропневмомеханічного акумулятора з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, дозволяє завдяки поступовому зростанню витрат робочої рідини під час процесу початку роботи виконавчого механізму уникнути його швидкого руйнування.*

Ключові слова: *гідроакумулятор, гідроудар, інерційність, витрата, гідропневмомеханічний акумулятор, об'ємні машини, гідропривод.*

Вступ.

Сьогодні досить актуальним є питання енергоефективності та довговічності використання будь-якого обладнання. Галузь машинобудування не стала винятком. Особливої уваги вимагають окремі вузли та агрегати металообробних верстатів, які піддаються негативному впливу цілої низки явищ, що виникають у процесі їх роботи.

Постановка проблеми.

В сучасному верстатобудуванні широке застосування знаходить об'ємний гідропривод. За його допомогою виконуються різноманітні рухи: обертові, зворотньо-поступальної, які є необхідними для функціонування механізмів верстатів. Рух виконавчого механізму відбувається внаслідок переміщення рідини через порожнини гідромоторів та гідроциліндрів. У більшості гідравлічних приводів джерелом гідравлічної енергії є об'ємний насос, відтак витрата рідини не є сталою (відбуваються пульсації подачі рідини у гідравлічній лінії).

В ході експлуатації гідравлічної системи з тією або іншою частотою з різних причин виникають сплески тиску робочої гідравлічної рідини. Але ж рідини практично не стискаються, починають відбуватися витоки рідини з-під ущільнень (наприклад, в гідроциліндрах). Крім того, може виникнути розгерметизація системи внаслідок пошкоджень рукавів високого тиску, трубопроводів та інших компонентів. Гідравлічне ж обладнання піддається підвищеним навантаженням внаслідок гідроудару.

Одним із способів боротьби з гідроударом є встановлення класичного гідроакумулятора, незалежно від принципу дії – пружинний, ваговий чи газовий (пневматичний). Монтаж гідроакумулятора вирішує одразу декілька проблем:

- акумулювання значних обсягів гідравлічної енергії;
- компенсація втрат та витоків;
- живлення системи в аварійних ситуаціях;
- згладжування стрибків тиску.

У випадку з гідроударом, на думку авторів, гідроакумулятор ліквідує наслідки, а саме поглинання пікових тисків, зумовлених різким переміщенням мас рідини. Тим самим, не вберігаючи запірні елементи та елементи ущільнень від короткочасного впливу тиску, більшого за робочий.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Звичайний гідроакумулятор не забезпечує бажану плавність потоку. При спрацюванні гідроциліндра або гідромотора, рідина до них, під тиском, переходить з порожнини гідроакумулятора. Це призводить до відповідного різкого зростання швидкості руху робочої рідини та виконавчого механізму, та як наслідок, ударних навантажень, які можуть призвести до швидкого руйнування елементів системи.

Метою дослідження є покращення гідродинамічних характеристик, а саме інерційності гідравлічної системи, за рахунок введення до конструкції гідроакумулятора обертового елемента, який стабілізує потік. На думку авторів це має призвести до поступового зростання витрати робочої рідини під час процесу початку роботи виконавчого механізму.

Виклад основного матеріалу.

В основу досліджень покладена задача вдосконалення конструкції гідропневмомеханічного акумулятора, яка б забезпечувала повільне зростання швидкості руху виконавчого механізму за рахунок відповідного повільного зростання витрати робочої рідини через акумулятор.

Одна з частих причин появи гідравлічного удару – швидка зміна руху потоку робочої рідини. Тобто, необхідно створити умови для унеможливлення прискорення потоку, що в свою чергу буде перешкоджати появі гідроудару.

Поставлена задача досягається тим, що в гідропневмомеханічному акумуляторі, який складається з корпусу, розділеного еластичною гумовою діафрагмою на рідинну та газову камери, з вхідним і вихідним патрубками, корпус компонується з циліндричної та конічної частин, при цьому в циліндричній частині тангенціально розміщено вхідний патрубок і співвісно з нею на опорній хрестовині встановлено обертове колесо, яке складається з втулки, диску та лопатей, а внизу конічної частини співвісно встановлений вихідний патрубок.

Гідропневмомеханічний акумулятор містить циліндричну 1 та конічну 2 частини. У циліндричній частині 1 встановлено еластичну гумову діафрагму 3, яка розділяє робочий об'єм на рідинну 4 і газову 5 частини. До циліндричної частини 1 приєднаний тангенціально вхідний патрубок 6. У нижній частині конічної камери 2 встановлено співвісно з нею вихідний патрубок 7. У

циліндричній частині 1 на осі 8, закріпленій на хрестовині 13, встановлено обертове колесо 9, яке складається з втулки 10, диску 11 і радіальних лопатей 12.

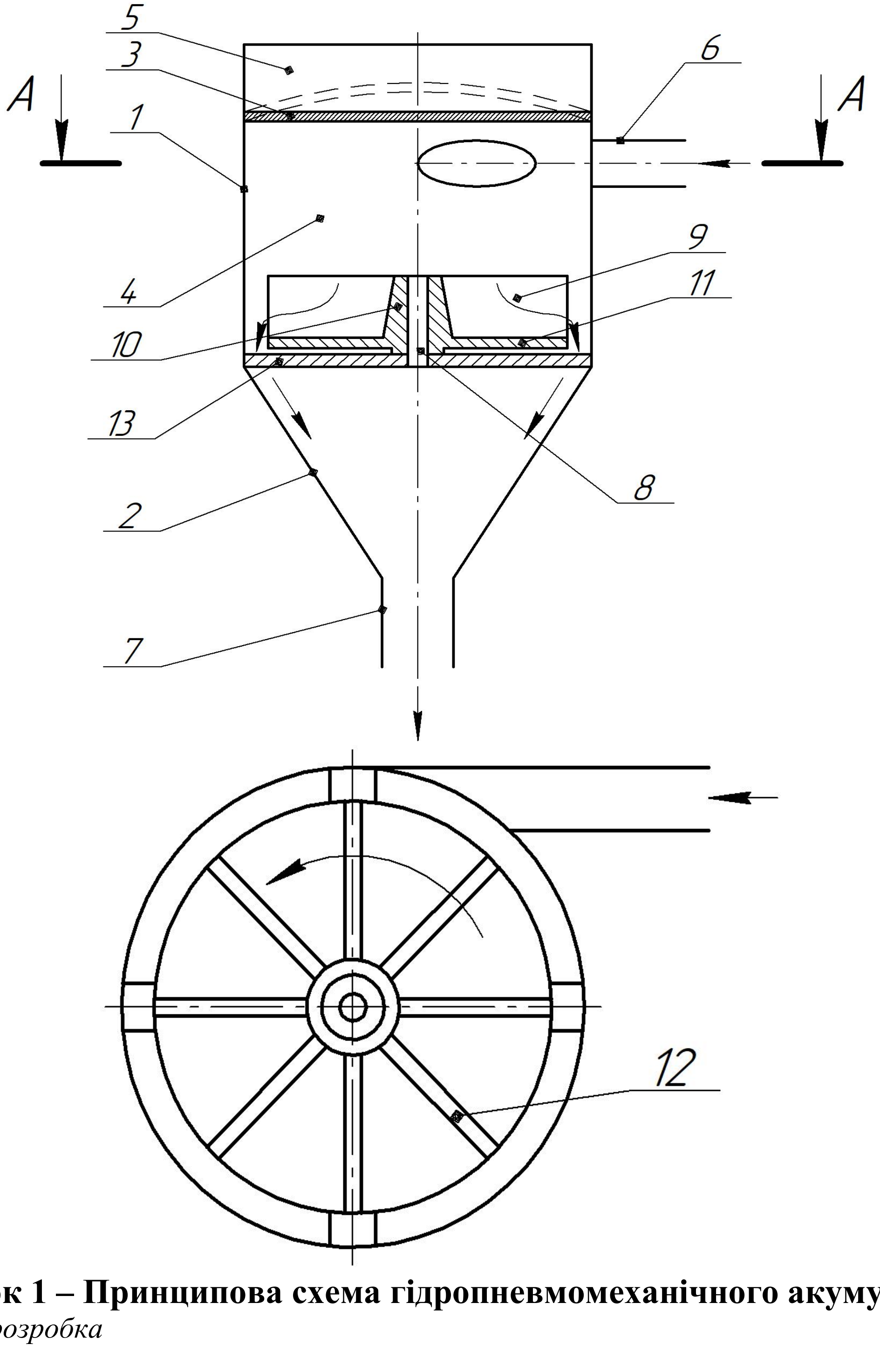


Рисунок 1 – Принципова схема гідропневмомеханічного акумулятору
Авторська розробка

Гідропневмомеханічний акумулятор працює наступним чином.

Робоча рідина (рисунок 1) через вхідний патрубок 6 надходить до циліндричної частини 1 акумулятора та набуває руху по колу. За рахунок силової взаємодії рідини з лопатями 12 робочого колеса 9 відбувається передача частини кінетичної енергії від потоку рідини до колеса 9, яке поступово збільшує свою колову швидкість. У процесі зростання швидкості обертання колеса 9 кількість кінетичної енергії, яку втрачає рідина,

зменшується, поступово зростає її витрата та відповідно швидкість руху виконавчого механізму. Вийшовши з обертового колеса 9, рідина через зазор між колесом 9, циліндричною частиною 1 акумулятора і хрестовиною 13 надходить до конічної частини 2 акумулятора і через вихідний патрубок 7 до виконавчого механізму.

На дану конструкцію було подано заявку на отримання охоронного документу (патенту України) на корисну модель.

Висновки.

За рахунок використання вказаної конструкції гідропневмомеханічного акумулятора досягається поступове зростання витрати робочої рідини під час процесу початку роботи виконавчого механізму, що призводить до відповідного поступового зростання швидкості руху рідини та, власне, виконавчого механізму. Як наслідок, зменшення ударних навантажень, які можуть призвести до швидкого руйнування складових частин.

Література

1. Башта Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. - 4-е изд., стереотипное, перепечатка со второго издания 1982 г. - М: «Издательский дом Альянс», 2010. - 423 с.

2. Богданович Л.Б. Гидравлические приводы: Учеб. пособие для вузов. – Киев : Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 232 с. – 30314. 2702000000

3.Вильнер Я. М., Ковалев Я. Т., Некрасов Б. Б. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Под ред. Б. Б. Некрасова. Минск, «Вышэйш. школа», 1976., 416 с. с ил.

Abstract. *The article presents a method of increasing inertia in a hydraulic drive system using a hydraulic accumulator due to the installation of an additional moving element. Given the fact that the authors have foreseen changes in the design of the installation, it is advisable to use the name hydropneumomechanical accumulator. The use of the proposed design of a hydropneumomechanical accumulator with all essential features, including excellent ones, allows to avoid its rapid destruction due to the gradual increase in the flow rate of the working fluid during the process of starting the operation of the executive mechanism.*

Key words: *hydraulic accumulator, hydraulic shock, inertia, consumption, hydropneumomechanical accumulator, volumetric machines, hydraulic drive.*

Стаття надіслана: 30.08.2022 г.
© Сисенко В.В, Панченко В.О.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-040
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-040

UDC 004.272.75

ORGANIZATION OF DISTRIBUTED HIGH-PERFOMANCE COMPUTING ON THE UNICORE-PLATFORM

Skakalina E. V.
c.t.s., as.prof.
ORCID: 0000-0002-6441-3467
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Politechnics"
Pershotravnevyi ave. 24, Poltava, UA-36011, Ukraine

Abstract. *The paper presents the result of building a grid system for implementing distributed computing technology. To build the system, the architecture of the UNICORE platform was used, which is focused on providing transparent secure access to the resources of a distributed computing environment. The general concept and advantages of using grid systems are considered. To solve the problem, a hybrid algorithm is chosen. This choice is substantiated, its performance is estimated on a test example.*

Keywords: *grid, UNICORE, distributed computing, grid computing system, computing node.*

Introduction.

The subject of the study is the process of building computing grids and optimizing the distribution of allocated resources to fulfill the tasks. The ideological basis of Grid technology is the pooling of resources by creating a new type of computer infrastructure that provides global integration of information and computing resources based on network technologies and special middle-level software (between basic and application software), as well as a set of standardized services to ensure reliable shared access to geographically distributed information and computing resources: individual computers, clusters, information stores and networks. The relevance of the chosen topic is due to the constant need to improve the process of processing large volumes of data with relatively simple programs and to achieve the maximum speed of calculations due to the global distribution of these calculations between computers. Grid technology is used to create a geographically distributed computing infrastructure that combines resources of various types with collective access to these resources within virtual organizations.

GRID – concept, architecture, development

The last fifteen years are the years of the birth and development of a new direction in information technologies, the name of which (as is traditionally believed) was given in 1998 by Y. Foster and K. Kesselman - "Grid". Grid as a means of compatible use of computing power and data storage allows you to go beyond the simple exchange of data between computers and, ultimately, to turn their global network into a kind of giant virtual computer that can be accessed remotely from anywhere, regardless of from the user's location. The idea of using a network of supercomputers to solve problems probably originated much earlier (attempts were made since the 60s of the 20th century), but now it has acquired the completed form of the "Grid concept". Traditionally, nuclear physicists are considered to be involved in the development of Grid computing, and until now their need to process colossal volumes of research data is the driving force for the implementation of Grid implementation programs, let's mention at least the activities of the European Center

for Nuclear Research (CERN). However, Grid has a potentially large number of other areas of application, as it offers a universal approach to solving the problem of lack of computing resources - because it is obvious that, in general, a network of supercomputers is capable of solving more complex problems than each of its component nodes individually [1].

That is, the Grid is a type of parallel distributed system that allows the separation, selection and accumulation of geographically distributed "autonomous" resources in real time depending on their suitability, capability, performance, price and quality-of-service requirements of users.

In the past few years, Grid technology has evolved from a carefully configured infrastructure that supported the execution of a limited number of Grant Challenge applications on high-performance hardware to a dynamic environment, the development of which is guided by the international community. As Grid technology becomes a reality, industry is increasingly involved in its development. The participation of commercial organizations accelerates the development of robust software that supports Grid environments outside of academic laboratories. In turn, this affects both the Grid architecture and related protocols and standards. The adaptation of Web services technology to the grid architecture has brought significant benefits and led to the emergence of a somewhat fragmented development environment. Developers of software and Grid services strive to comply with agreements and standards widely spread in their community. However, for various political and technical reasons, there are several competing viewpoints about how the architecture should be implemented and what standards should be relied upon. This rivalry is holding back the developers of Grid software because they are not sure that future standards will include those used today [2].

There are two main criteria that distinguish Grid systems from other systems that provide distributed access to shared resources [3]:

1. The Grid system coordinates disparate resources. Resources do not have a common management center, and the Grid system coordinates their use, for example, load balancing. Therefore, a simple cluster resource management system is not a Grid system, as it provides centralized management of all nodes of a given cluster, having full access to them. Grid systems have only limited access to resources, which depends on the policy of the administrative domain (owner organization) in which this resource is located.

2. The Grid system is built on the basis of standard and open protocols, services and interfaces. Without standard protocols, it is impossible to easily and quickly connect new resources to the Grid system, to develop new types of services.

The main properties of grids:

- ✓ *joint use of distributed resources.* It opens up opportunities for cooperation that would be difficult to achieve by other means. At the same time, issues of "fairness" of resource distribution, creation and management of virtual organizations (VO) arise.
- ✓ *unification of capacities.* In this way, a system is built with a total potential computing power that exceeds the power of its components, and at the same time, a more efficient use of hardware is achieved (downtime is reduced).

There are strict requirements for communication channels.

- ✓ *virtualization.* It includes such concepts as: hiding (masking) from the user the complexity of the hardware and software implementation of the system and its components, geographical distances between nodes, the belonging of nodes to different organizations, creating the illusion of working with a "virtual supercomputer".
- ✓ *inhomogeneity (heterogeneity).* A typical Grid consists of (and must function successfully in) a variety of heterogeneous hardware and software. Decentralized management. There is no single "owner" of the entire system, which requires the use of distributed management mechanisms.
- ✓ *interoperability.* The functional compatibility of different Grid components and even different Grid infrastructures is based on the standardization of interfaces. Approaches that do not take into account standards are not very promising.
- ✓ *transparency of access.* Grid should provide access to system resources to users, regardless of the specific network topology or local implementation of access mechanisms to certain nodes and their resources.
- ✓ *scalability.* The Grid should provide mechanisms to include new resource sources, users, data stores, etc. without affecting existing participants: The Grid should have the ability to dynamically reconfigure. Security. One of the main requirements for the Grid system is security of access to resources, which determines a limited set of permitted operations for authorized users and programs.

Although the Grid technology itself is not tied to certain resources, most often implementations of Grid systems provide work with the following types of resources:

- computing resources
- separate computers, clusters;
- data storage resources
- disks and disk arrays, mass data storage systems;
- network resources;
- software
- any specialized software.

Let's note the difference between Grid technology and implementations of Grid systems. Grid technology includes only the most general and universal aspects that are the same for any system (architecture, protocols, interfaces, services). Using this technology and filling it with specific content, it is possible to implement one or another Grid-system designed to solve one or another class of applied tasks.

Grid technology should not be confused with parallel computing technology. Within the framework of a specific Grid system, of course, it is possible to organize parallel calculations using existing technologies (PVM, MPI), since the Grid system can be considered as a kind of meta-computer that has many computing nodes. However, the Grid technology is not a technology of parallel computing, its task includes only the coordination of the use of resources.

The Grid architecture [4] defines the system components, the goals and functions of these components and reflects the ways in which the components interact with each other. The Grid architecture is an architecture of interacting protocols, services and interfaces that define the basic mechanisms by which users connect to the Grid system and share computing resources to solve various tasks. The architecture of Grid protocols is divided into levels (Fig. 1), the components of each of them can use the capabilities of the components of any of the levels below.

In general, this architecture sets requirements for the main components of technology (protocols, services, application interfaces and software development tools), without providing a strict set of specifications, leaving the possibility of their development within the framework of the adopted concept.

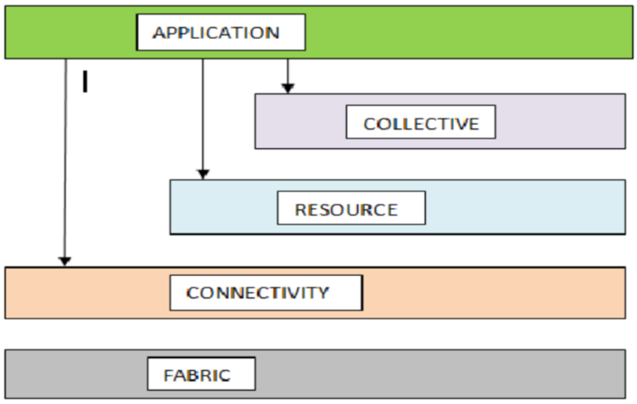


Figure 1 - Grid protocol architecture levels and their correspondence to Internet protocol architecture levels

Since 2007, the development of the European Grid infrastructure (EGI) began, the operation of which is planned on a permanent basis in the form of a coordinated network of national Grid systems, or NGI. CERN reserves the overall coordination and responsibility for the modernization of the PGO and the general security system. The Grid system becomes national (NGI - National Grid Initiative) if it meets the following criteria: it has state support, for example, by including the project to create a Grid infrastructure in the State Program with guaranteed funding; represents the interests of all layers of society (scientists, university employees, industrialists, merchants, etc.); has an extensive structure of coordinating, regional and resource centers that ensure the functioning of basic Grid services, monitoring and response to emergency situations, accounting of resources and completed works (accounting), management and support of virtual organizations (B), Grid software certification; is based on compliance with international standards and rules (for example, using the SOAP protocol to access the resource, the WSDL language for describing Web services, UDDI directories as registers of descriptions, etc.); supports infrastructure security, has the right to generate CA user certificates with the knowledge of EUGridPMA (European Grid Authentication system); connected to GEANT, the European Scientific and Educational Computer Network; has Grid infrastructure governing bodies in the form of the National Grid Infrastructure Development Council in NA, SA and JRA directions [5].

Application of the UNICORE platform for building a grid system

A UNIX-like system is required to install UNICORE services (except for the graphical client). It can be used both with and without a connected graphical interface. As part of the implementation of the task, the client and the first components of the system grid will be installed on CentOS 7 with a graphical interface [6].

Since all components of the UNICORE grid system are essentially Java processes, the Java package installed on all systems (without exception) is required to start their operation. The version of the UNICORE installation package directly depends on the Java version and only requires a specific version of the Java JDK. The latest version of the UNICORE 8 installation package requires Java version 1.8.0 or higher.

In the GUI (Graphical User Interface) version of CentOS 7, such a package comes by default with the installation

UNICORE is not only a Java application, but also bash and python scripts for configuration and installation of services. And if the bash interpreter comes by default in all linux-distributions, then python must be installed separately. It is the default in the GUI version of CentOS 7.

The TSI component can be installed in two ways - by specifying its parameters in configure. properties, or using the Install.sh script. During installation, you must select the task scheduler. UNICORE TSI supports the integration of Torque, Slurm, LSF and Load Leveler schedulers. The use of third-party schedulers is beyond the scope of the task, so the default nobatch scheduler option is selected during installation. It is necessary to take into account the fact that after installation, access to TSI configuration files and its scripts is possible only with root user rights. The installation process is presented in fig. 2.

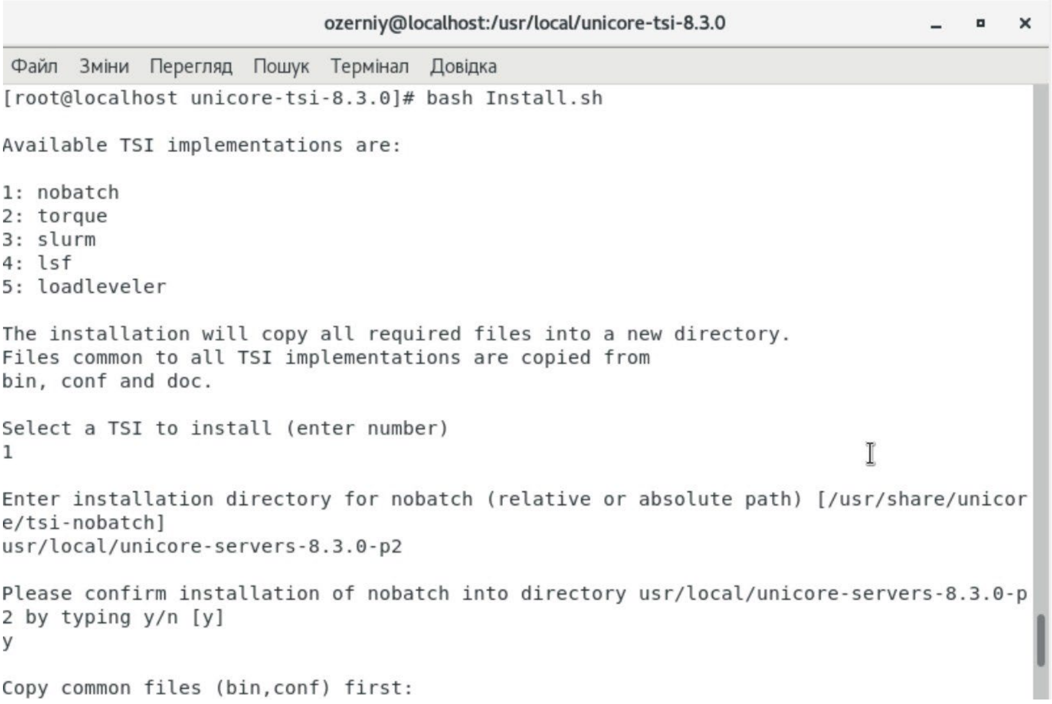


Figure 2 - Installation TSI

The main control script will be used for launch. The process was carried out from the command line configuration of the Linux system using the command "./start.sh" from the directories with the configuration files of the UNICORE system. The final result is presented in Figure 3.

After confirming the ability to connect to the server, it was necessary to create a job that can be called from the console. UCC can perform tasks specified in the JSON task description format used by the UNICORE REST API, as well as several extensions related to local file handling, presentation options, and more.

To test the work sent by the client to the server, an example of calculating the Fibonacci number up to 100 was chosen. bash was chosen as the compiler.

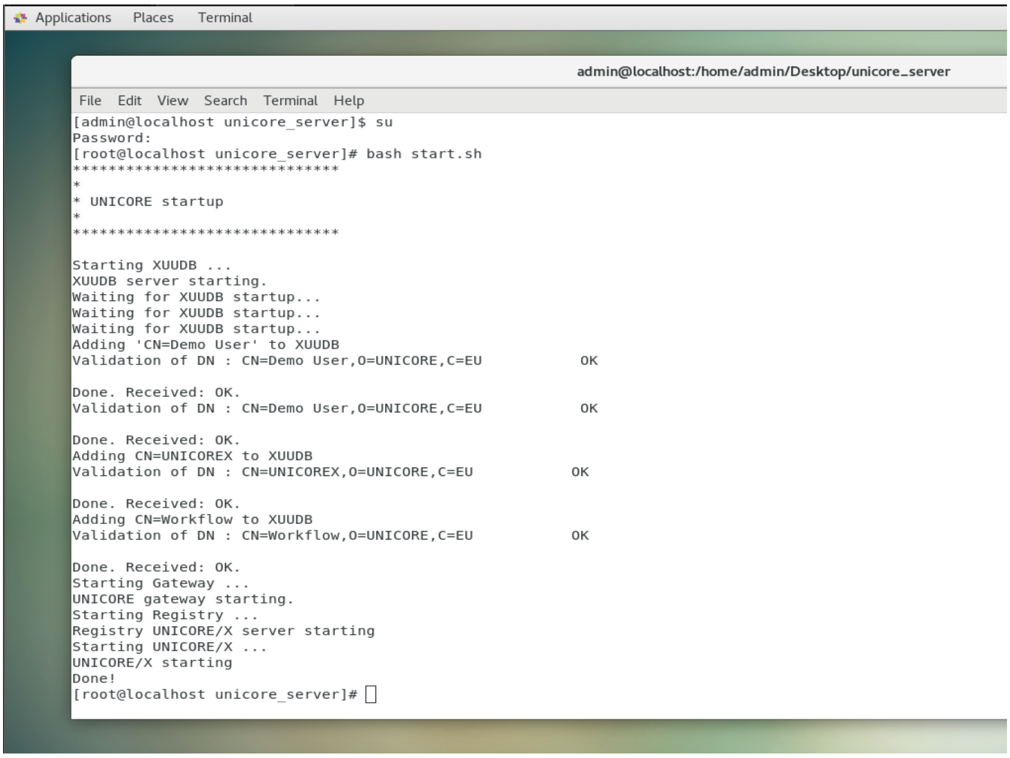


Figure 3 - UNICORE Platform launch

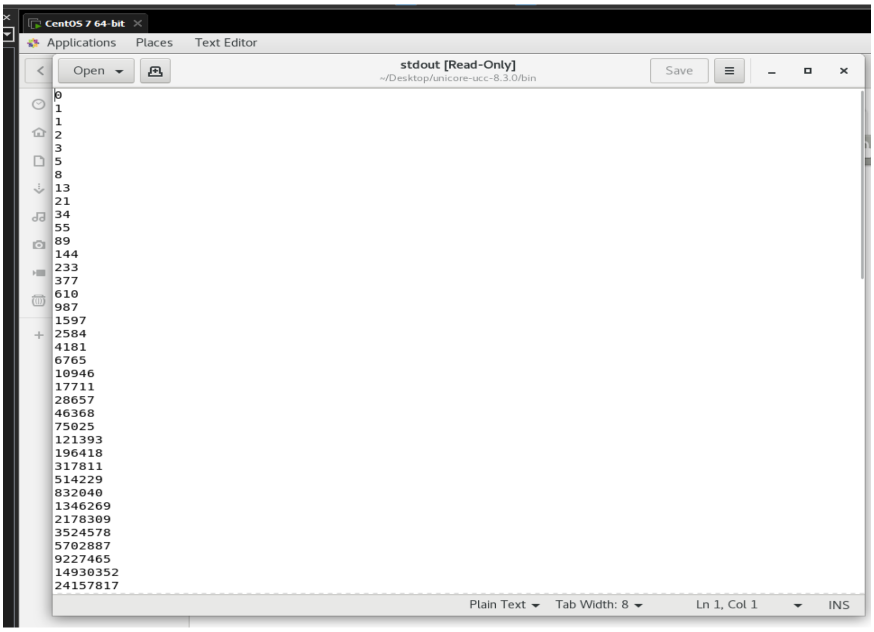


Figure 4 - The result of calculating the Fibonacci number up to 100

After successfully creating a new task, we send it for execution through the UCC console using the run command with arguments in the form of the job name and -v, which provides detailed information about the progress of sending and executing the job [7].

After starting, the job is sent to the selected computing node (or determined by the site automatically, if a specific system was not specified) and started for processing. After the calculations are finished, the work ends with a positive or negative result. Regardless of the success of the calculations, the work saves all output data for further analysis and possible editing of the work being performed in the place specified in the work.

The results of the work can be seen in the created stdout - file in Figure 4.

Summary and conclusions.

A computing grid is a software and hardware infrastructure that provides reliable and transparent access to high-performance computing resources. The Grid provides a common environment for deploying a service-oriented infrastructure that supports the creation and sharing of resources across distributed organizations. Resources are understood as hardware, tools, software and data, as well as services connected through an intermediate software layer and providing security, monitoring, resource management, etc. The grid network was implemented taking into account all the necessary standards for distributed computing, installing and configuring all its components in practice made it possible to demonstrate the basic and necessary elements for distributed computing, such as a heterogeneous and easily scalable environment, combining decentralized resources, the ability to use a graphical interface, creating works on computing tasks in various programming languages.

References :

1. Ivashko E.E. (2016). Modern technologies of high-performance computing. Petrozavodsk: KPIYF, 61 p.
2. Shpakovsky G.I. (2011). Implementation of parallel computing. M.:BGU, 76 p.
3. Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality (2005). / edited by Fran Berman, Geoffrey Fox, Tony Hey. – John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England, 1020 p.
4. GRID architecture - http //jre.cplire.ru/alt/dec03/4/text.html#_Toc63762391 Access date: 07/03/2022.
5. GRID software testing. - http://mybiblioteka.su/tom2/10-45461.html - Access date: 07/18/2022.
6. Installation Guide for UNICORE Server Components. - https://www.unicore.eu/wp-content/uploads/2016/02/manual_installation.html#_installation_of_the_perl_tsi_and_tsi_related_configuration_of_the_unicore_x_server – Access date: 07/25/2022.
7. UNICORE XUUDB . Manual. - https://www.unicore.eu/docstore/xuudb-1.3.2/manual.pdf - Access date: 07/28/2022

Article sent: 30.08.2022 г. © Skakalina E. V.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-015
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-015

УДК 622.278

METHOD AND INSTALLATION OF MINE METHANE DISPOSAL AND COAL PRODUCTION WASTE

СПОСІБ І УСТАНОВКА ЗНЕШКОДЖЕННЯ ШАХТНОГО МЕТАНУ ТА ВІДХОДІВ ВУГІЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Sklyarenko E.V. / Скляренко Є.В.
Ph.d. / к.т.н.
ORCID : 0000-0003-3952-6520
Vorobiov L.Y. / Воробйов Л.Й.
d.s., s.s. / д.т.н., с.н.с.
ORCID : 0000-0001-7958-6996
SPIN: 6154-2069
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine,2a, M. Kapnist Str., Kyiv
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, вул. М. Капніст, 2а, Київ

Анотація. *В статті розглянуто актуальність знешкодження шахтного метану і відходів вугільного виробництва та утилізації їх енергетичного потенціалу для отримання теплової і електричної енергії. Наведено спосіб і установку для знешкодження метану шахтних вентиляційних викидів. Суть даного технологічного процесу полягає в тому, що процес конверсії вуглемісткого палива (зокрема, відходів вугільного виробництва) здійснюється у режимі "теплового удару" високотемпературним газовим теплоносієм, отриманим при допомозі шахтних вентиляційних викидів в якості окислювального дуття, які фільтруються через шар вуглемісткої засипки. Це дозволяє за короткий час перевести значну частину органіки вихідного палива і шахтного метану в горючий газ, який з високою ефективністю можна спалювати в існуючих теплоенергетичних установках. Поряд з цим, технологія дозволяє вирішувати і екологічні проблеми, що спричинені забрудненням навколишнього середовища метаном (як одного з основних парникових газів), а також шкідливими компонентами відходів вугільного виробництва.*

Ключові слова: *термохімічна конверсія, нейтралізація шахтного метану, відходи вугільного виробництва.*

Вступ.

Одним із визначальних світових критеріїв оцінки економічної потужності країни є потенціал її паливно-енергетичного комплексу (ПЕК). Поряд з цим важливим фактором розвитку економіки країни є також екологічні аспекти.

Україна взяла на себе міжнародні зобов'язання по зменшенню шкідливих викидів у навколишнє середовище. Це обумовлює введення жорстких нормативів викидів і прийняття радикальних заходів для зменшення забруднення.

Серед світових екологічних проблем найбільшу увагу привертають проблеми викликані значними викидами в атмосферу шкідливих речовин, зокрема метану, як одного з основних компонентів парникового газу, оскільки метан є другим (після діоксиду вуглецю CO_2) по розповсюдженості парниковим газом. За даними Глобальної ініціативи по метану (Global Methane Initiative, GMI) [1] загальносвітові об'єми викидів метану складають біля 14% від всіх викидів парникових газів. Крім того, руйнівна дія метану, стосовно озонового шару Землі, більш ніж в 20 разів перевищує дію CO_2.

GMI - це добровільне партнерство урядів країн, приватних компаній,

банків, університетів і інших організацій, задачами яких є сприяння проектам які направлені на скорочення об’ємів викидів метану в атмосферу, пошуку шляхів його збирання і утилізації в якості цінного джерела екологічно чистої енергії, формуванню стратегії і ринків, а також усуненню перешкод для реалізації цих проектів. GMI з 2004 року є єдиним міжнародним проектом направленим, виключно, на скорочення викидів метану в атмосферу, з п’яти основних джерел: сільського господарства, вугільних шахт, полігонів ТПВ, стічних вод і нафтогазових систем.

Поряд з проблемами викликаних шахтним метаном, екологічні проблеми енергетики України набувають важливого значення і через необхідність широкого використання кам’яного вугілля, в силу його значних запасів (за оцінками, вітчизняних запасів кам’яного вугілля вистачить на 200 – 400 років) і його домінування (більше 95% від загального обсягу запасів органічного палива в країні) в структурі паливного балансу, а також шкідливого впливу на довкілля відходів вугільного виробництва.

Основний текст.

Метою даної роботи **є** підвищення ефективності захисту навколишнього середовища, шляхом нейтралізації шахтного метану і відходів вугільного виробництва.

Недолік вугілля як палива, пов'язаний з проблемами захисту довкілля при його добуванні, транспортуванні та спалюванні в теплоенергетичних установках.

Так, сучасні методи добування і збагачення вугілля супроводжуються утворенням значних об’ємів шахтних відходів у вигляді відвалів, териконів та шламонакопичувачів. Наприклад, тільки у відвалах, териконах і шламонакопичувачах Донецького регіону, накопичено більше 1,3 млрд.т породи і шламів, з яких тільки біля 17% складає корисне їх використання (для ремонту доріг, виготовлення будівельних конструкцій і ін.), в тому числі всього 9% використовують для забутовки шахтних виробок [2]. Це при тому, що їх загальні енергетичні запаси (при середньому вмісту вуглецю у цих відходах 20%), за мінімальними підрахунками, оцінюють в 260 млн. т. у. п. [3].

В той же час, з пилом і продуктами горіння відвалів та териконів в довкілля попадає велика кількість шкідливих речовин (вуглеводнів, оксидів сірки і азоту, парникових газів, важких металів і ін.). Атмосферні ж опади розчиняють значну кількість хімічних елементів шахтних відходів, що створює навколо цих накопичень місця з високим вмістом солей, важких металів та інших шкідливих речовин, якими забруднюються земля, повітря, ґрунтові та поверхневі води і порушуються санітарні норми довкілля.

У вугільному виробництві одним із суттєвих джерел забруднення довкілля є шахтний метан, який в значних об’ємах виділяється із діючих і закинутих вугільних шахт, відвалів та териконів, а також в процесі добування, збагачення, зберігання і транспортування вугілля.

Так наприклад, за даними GMI [1] тільки в 2010 р. з вугільних шахт всього світу було викинуто в атмосферу біля 584 млн.т CO_2, або 8% від загальносвітового об’єму викидів цього газу. І якщо не будуть прийняті

жорсткі заходи по скороченню джерел викидів метану, то їх об'єми до 2030 року можуть бути збільшені до 852,2 млн.т CO_2 .

На рисунку 1 наведено розрахункові об'єми викидів метану з вугільних шахт у 2010 році в країнах першої десятки, що входять до GMI і які є найбільшими світовими забруднювачами повітря цими викидами.

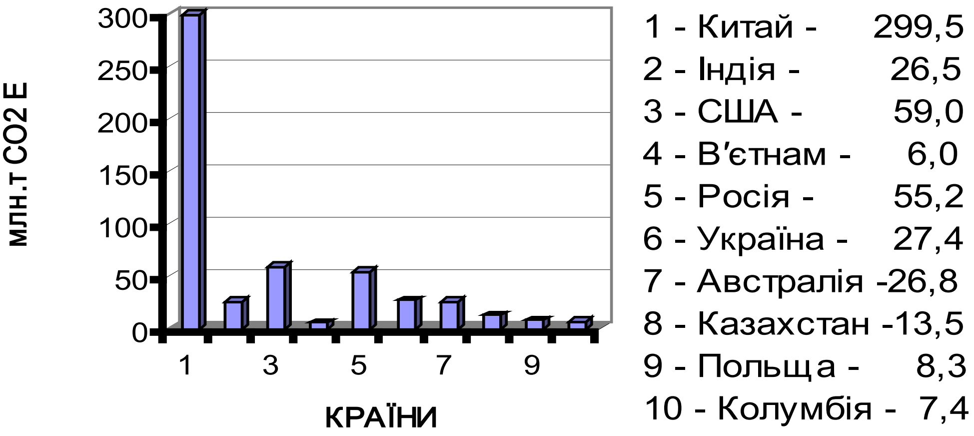


Рисунок 1. Країни - найбільші забруднювачі повітря шахтним метаном в 2010 р

Джерело[1]

З рисунка 1 видно, що приблизно, 5% від всіх приведених викидів шахтного метану цих країн склали викиди в Україні, що ставить її в п'ятірку лідерів основних забруднювачів повітря цими викидами CO_2.

Необхідно зазначити, що біля 50% шахтного метану викидається в атмосферу у складі вентиляційних викидів повітря. Особливість цих викидів полягає в тому, що в них доля метану складає всього 1 – 1,5%. Крім того, ці викиди забаластовані значною кількістю дрібнодисперсного вугільного пилу. Разом з тим, на відміну від решти парникових газів, метан може бути використаний як джерело отримання корисної енергії.

В зв'язку з цим, задача зменшення забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами, включаючи метаном шахтних вентиляційних викидів, є одною з найважливіших і пріоритетних задач для всіх промислово розвинутих країн.

На сьогоднішній день, в арсеналі техніки захисту повітряного басейну від забруднювачів відомі абсорбційні, адсорбційні, каталітичні, термічні та інші методи санітарної очистки викидів. Питання стоїть тільки у правильному виборі методу і його економічну обґрунтуванні.

В той же час, відомі методи нейтралізації та очистки газових потоків від шкідливих викидів в атмосферу, такі як: метод глибокого охолодження, промивка рідким азотом, розчинення у рідкому аміаку при його конденсації, каталітична очистка, фільтрація через систему напівпроникних мембран і ін., в силу різних причин не набули широкого розповсюдження для нейтралізації метану вентиляційних викидів повітря вугільних шахт.

Проведений аналіз показав, що на сьогодні, існує кілька методів

ефективної нейтралізації і використання шахтного метану, які дають як екологічний, так і економічний зиск. Так, відомі проекти в яких шахтний метан спалюють в суміші з іншими паливами для отримання теплової енергії для опалювання приміщень, процесів сушіння, комунальних послуг і ін.

Відомі проекти в яких відбувається використання шахтного метану, в якості палива для двигунів внутрішнього згоряння, або ж в якості сировини для хімічної промисловості, наприклад, для виробництва газової сажі, метанолу і ін.

Найбільшого прогресу в плані утилізації метану вентиляційних викидів досягли компанії Biothermica з технологією Vamox^{R} і MEGTEC Systems з технологією VOCSIDIZER^{TM} [1].

В основі цих технологій лежить принцип регенеративного допалу, де під дією високої температури відбувається деструкція шкідливих речовин (метану) і їх знешкодження. Так, доля знешкодженого метану досягає 96%, а тепло яке виділилось утилізується в теплову енергію і гарячу воду (75^{o}C).

Другим відомим методом нейтралізації шахтного метану є метод, в якому шахтні вентиляційні викиди повітря подаються безпосередньо у топку теплоенергетичної установки (котли, печі, турбіни і ін.), в якості дуття для спалювання основного вуглеводневого палива і шахтного метану.

Якщо у першому випадку є певні складності з використанням отримуваного низькопотенційного тепла, то у другому - є значні труднощі з підведенням вентиляційних викидів до теплоенергетичної установки, оскільки потребують очистки від дрібнодисперсного вугільного пилу. До того ж, ці установки (здебільш, шахтні котельні) є невеликої потужності, що не дозволяє використовувати значні об'єми шахтних вентиляційних викидів.

Поряд з шахтним метаном, значний шкідливий вплив на довкілля спричиняють відходи вугільного виробництва. Актуальність знешкодження цих відходів обумовлена наступним. По - перше - це їх об'єми. На сьогодні, у відвалах, териконах і шламонакопичувачах тільки Донецького регіону, накопичено біля 1,3 млрд.т породи і шламів [2]. Якщо прийняти середній вміст вуглецю у цих відходах 20% (в шламах він може сягати 40 і більше відсотків), то загальні енергетичні запаси цих накопичень, за мінімальними підрахунками, можна оцінити в 260 млн. т. у.п. По- друге і не менш важлива обставина – це екологічна сторона медалі. Відвали і терикони є джерелом забруднення навколишнього середовища пилом, шкідливими компонентами (CO, CO_2, CH_4, SO_2 і ін..) горіння териконів. Атмосферні ж опади розчиняють значну кількість хімічних елементів цих відходів, забруднюючи землю, повітря і ґрунтові води, та створюючи місця з високим вмістом солей, важких металів та інших шкідливих речовин, що порушує санітарні норми довкілля.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблена технологія ефективної утилізації енергетичного потенціалу метану шахтних вентиляційних викидів, яка поряд з метаном, дозволяє знешкоджувати і утилізувати енергетичний потенціал відходів вугільного виробництва. В основі даної технології лежить принцип котлованної газифікації, описаний в роботах [3, 4]. Згідно технології, газифікацію шару вуглемістких відходів проводять шляхом

фільтрації високотемпературних продуктів згоряння любого органічного палива, де в якості окислювача використовуються вентиляційні викиди вугільної шахти.

Принципова схема установки, що реалізує дану технологію наведена на рисунку 2.

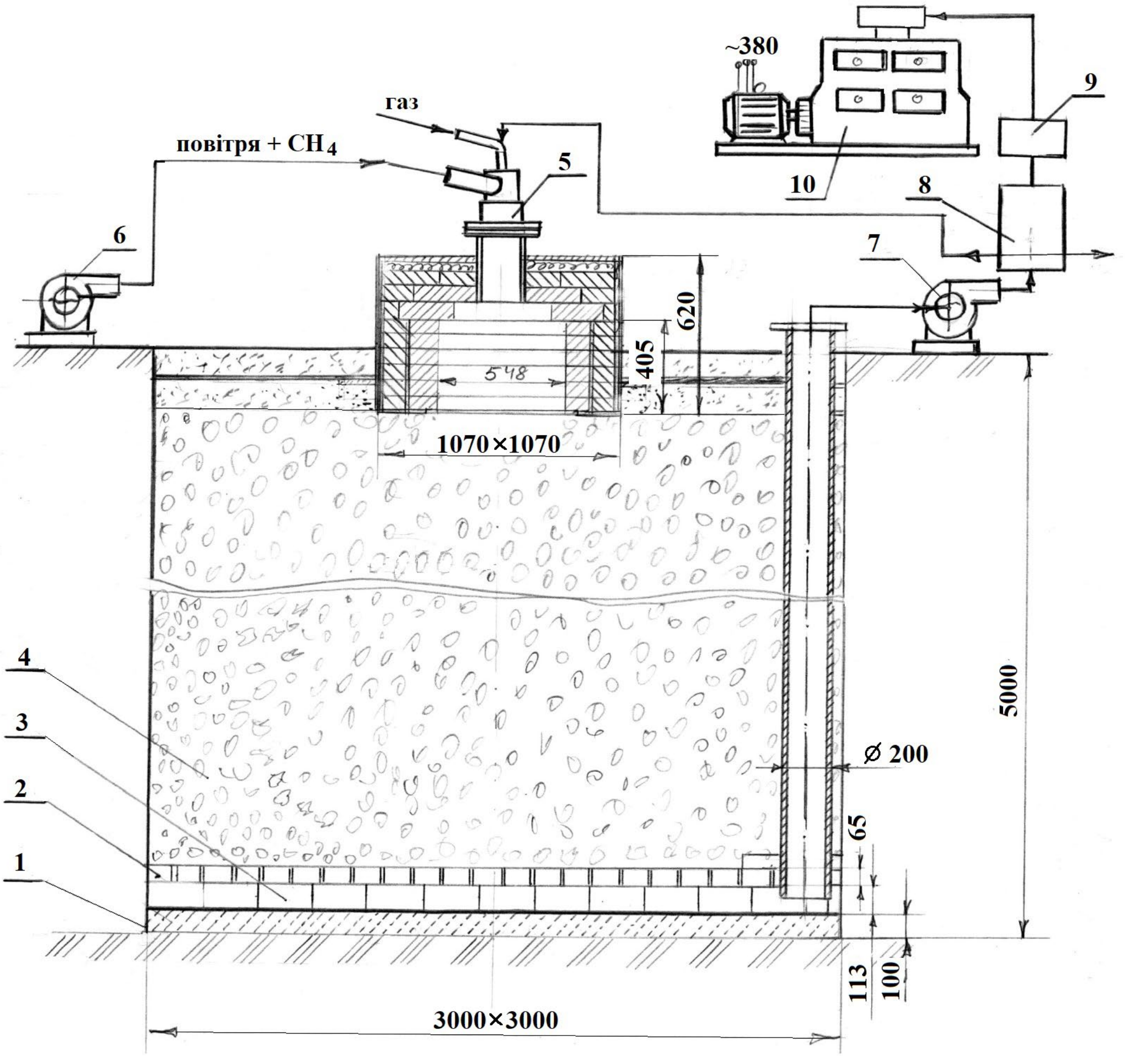


Рисунок 2. Принципова схема установки для нейтралізації шахтного метану і відходів вугільного виробництва

***1** – котлован**;** **2** – колосникова решітка; **3** – газовідвідний канал;*
***4** – вуглемістка засипка**;** **5** – пальник; **6** – вентилятор; 7 – ексгаустер;*
***8** – газгольдер**;** **9** – система очистки; **10** – споживач газу.*

Авторська розробка

Установка працює наступним чином. В котлован (1) завантажується вуглемістка засипка (4), верхній шар якої, при допомозі пальника (5) підпалюється та розігрівається до температури 900 …1000°С. В якості окислювача (дуття) в цю зону, при допомозі вентилятора (6), подаються вентиляційні викиди повітря вугільних шахт, що містять метан. Цей потік фільтрується через розігрітий шар вуглемісткої засипки.

Внаслідок цього, кисень вентиляційних викидів приймає участь в процесі газифікації вуглемістких відходів і вугільного пилу, що привноситься потоком

вентиляційних викидів, за реакцією:

$$2C + O_2 + 3,76N_2 = 2CO + 3,76N_2 \quad (1)$$

А шахтний метан вентиляційних викидів піддається паро - вуглекислотній конверсії до СО і H_2 за реакціями:

$$CH_4 + 0,5O_2 = CO + 2H_2 + 35,6 \text{ МДж /кмоль} \quad (2)$$

$$CH_4 + H_2O \text{ (пар)} = CO + 3H_2 – 206,4 \text{ МДж /кмоль} \quad (3)$$

$$CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2 – 248,3 \text{ МДж /кмоль} \quad (4)$$

Отриманий горючий газ фільтруючись через товщу вуглемісткої засипки (4), через колосникову решітку (2) та газовідвідний канал (3) при допомозі ексгаустера (7), подається до газгольдера (8), з якого після системи очистки (9), надходить до споживача газу (10), маючи теплоту згоряння 5…6,5 МДж/м^3.

Згідно розрахунків, установка з приведеними розмірами котловану (рис.2), може забезпечити роботу, наприклад, котла ДКВР-10–13–250 впродовж більше як 30 годин, при номінальній потужності. Для забезпечення ж роботи котла впродовж, наприклад, опалювального сезону, розміри котловану необхідно збільшити, приблизно в 10 разів.

Перевагою такої технології є те, що отриманий горючий газ можна акумулювати в спеціальних сховищах (газгольдерах), а також транспортувати на відстань 100…150 км трубопровідним транспортом. Ще одною суттєвою перевагою технології є те, що при фільтрації горючого газу через шар вуглемісткого матеріалу, відбувається його часткова очистка від пилу. Це дає можливість значно спростити систему очистки горючого газу і скоротити капітальні витрати на її створення при використанні його в газопоршневих установках комбінованого виробництва тепла та електроенергії. З іншого боку, отриманий газ можна безпосередньо спалювати в котлах чи інших теплоенергетичних установках, без охолодження і очистки, в режимі самозаймання, що збільшує його теплоту згоряння на 15 -20%.

Поряд з отриманням енергетичного продукту за рахунок використання відходів вугільного виробництва і шахтних вентиляційних викидів, отримується суттєвий природоохоронний ефект, стосовно скорочення викидів шахтного метану у навколишнє середовище.

Так, техніко – економічні розрахунки показують, що наприклад, для газифікації 1т/год рядового вугілля необхідно використати до 2000 нм^3/год шахтних вентиляційних викидів. При цьому, скорочення викидів шахтного метану складе до 20 нм^3/год і буде отримано більше 3000 нм^3/год горючого газу, що еквівалентно економії до 400 нм^3/год природного газу, або більше 3,5 млн.нм^3/рік.

Якщо ж для спалювання отриманого генераторного газу використовувати також шахтні вентиляційні викиди (до 4000 нм^3/год), то це дозволить скоротити загальні викиди шахтного метану більш ніж на 480 тис.нм^3/рік і утилізувати його енергетичний потенціал для отримання теплової та електричної енергії.

Таким чином розроблена технологія і установка вирішують наступні задачі:

1. Знешкодження шахтного метану і відходів вугільного виробництва та утилізація їх енергетичного потенціалу для виробництва теплової та

електричної енергії.

2. Економія традиційних викопних палив і підвищення енергетичної безпеки підприємства.

3. Створення додаткових робочих місць.

4. Покращення санітарно-гігієнічних умов праці на вугільних котельнях, за рахунок переведення котлів на отриманий горючий газ.

5. Сприяння проведенню рекультивації земель і відновленню ландшафтів.

Висновки.

На підставі проведених аналітичних та експериментальних досліджень показана можливість нейтралізації шкідливого впливу, на навколишнє середовище, шахтного метану і відходів вугільного виробництва, та утилізації їх енергетичного потенціалу для отримання теплової і електричної енергії. Приведена принципова схема установки для реалізації запропонованої технології і показана ефективність її застосування.

Література.

1.Глобальная инициатива по метану www.globalmethane.org

2. Паливно-енергетичний комплекс України у цифрах і фактах / Ковалко М.П., Віхарєв Ю.О., Денисюк С.П., Єрохін О.О., Ковальов О.В., Ніколаєв Є.І., Осінчук З.П.,; за редакцією Ковалка М.П. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2000. – 152 с.

3. Носач В.Г., Родионов В.И., Шрайбер А.А., Скляренко Е.В. Повышение экологической безопасности угледобычи путем термохимической переработки углесодержащих отходов //Пром.теплотехника. – 2003. – Т.25. - №4. – С.86 – 89.

4. Скляренко Є. В., Воробйов Л.Й. Дослідження термохімічної конверсії вуглемістких відходів. Modern engineering and innovative technologies. 2020, №13. Part 1. P.64-75.

Abstract. *The article considers the relevance of decontamination of mine methane and coal production waste and the utilization of their energy potential for obtaining thermal and electrical energy. The method and installation for neutralization of methane from mine ventilation emissions are given. The essence of this technological process is that the conversion process of carbon-rich fuel (in particular, coal production waste) is carried out in the "thermal shock" mode with a high-temperature gas coolant obtained with the help of mine ventilation emissions as an oxidizing blowing, which are filtered through a layer of carbon-rich backfill. This allows in a short time to convert a significant part of the organics of the original fuel and mine methane into combustible gas, which can be burned with high efficiency in existing thermal power plants. Along with this, the technology allows solving environmental problems caused by environmental pollution with methane (as one of the main greenhouse gases), as well as harmful components of coal production waste.*

Key words: *thermochemical conversion, mine methane neutralization, coal production waste.*

Стаття підготовлена у рамках виконання науково–дослідної відомчої тематики ІТТФ НАН України, тема "Розвиток методів та засобів підвищення екологоенергетичної ефективності в газотурбобудуванні та теплоенергетиці" (шифр 1.7.1.896).

Стаття відправлена 17.08.2022 р.

© Скляренко Є.В., Воробйов Л.Й.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-046
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-046

УДК 004.4

PREDICTION MODELS FOR RUL ESTIMATION IN OIL AND GAS INDUSTRY

ПРОГНОСТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ПІДРАХУНКУ RUL В КОНТЕКСТІ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Kropyvnytska V.B. / Кропивницька В.Б.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0001-5231-7104
Mahas D.M. / Магас Д.М.
post-graduate student / аспірант
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Karpatska, 15, 76019
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, 76019

Анотація. *Дана стаття розглядає використання прогностичних моделей для підрахунку залишкового терміну експлуатації (RUL). Були представлені загальні сценарії використання окремих моделей для визначення показника RUL.*

Ключові слова: *залишковий термін експлуатації, RUL, прогнозоване технічне обслуговування, нафтогазова промисловість.*

Вступ.

Визначення показника залишкового терміну експлуатації (RUL) є одним з ключових елементів прогнозованого технічного обслуговування та продовження терміну експлуатації технічного оснащення, що дозволяє зменшити час незапланованого простою підприємства та зменшити кількість забруднення навколишнього середовища спричиненого відмовами.

Основний текст.

Моделі для прогнозування RUL технічного оснащення, які найбільш широко використовуються в нафтогазовій промисловості, включають:

- модель Байєса;
- статистичні та стохастичні моделі;
- моделі обчислюваного інтелекту (англ. computational intelligence);
- фізика відмови (англ. PoF).

Після аналізу потенційних сценаріїв відмов технічних систем та оснащення певна прогностична модель повинна бути вибрана в кожному конкретному випадку. Одним зі способів вибору моделі є зіставлення підходів передбачення RUL та виду деградації (напр. деформація, зношення, корозія) або даних. Вибір оптимальної прогностичної моделі залежить від домінуючого виду відмови, що стосується певного технічного оснащення або підсистеми. Залежність деяких видів деградації та прогностичних моделей дослідив у своїй праці Око К. (таблиця 1) [1].

Байєсова модель (також відома як байєсова мережа) – це ймовірнісна графова модель, що представляє собою набір змінних та їхніх умовних залежностей за допомогою орієнтованого ациклічного графу. Дана модель дозволяє визначити як попередні розрахунки повинні бути зміненими, щоб врахувати нову інформацію (наприклад. зміну температури, отримання нових

показників з приладів, тощо). Підхід Байєса дає змогу модифікувати початковий розрахунок витрат часу на основі додаткової інформації з метою отримання оновленого прогнозу витрат часу. Вайдя П. стверджував [2], що визначення RUL на основі моделі Байєса надає можливості для поєднання даних з систем моніторингу та експертних рішень з метою ефективної оцінки технічного стану оснащення та підсистем. Вибір даних для формування початкового значення є однією з складностей при використанні даної моделі, оскільки забезпечення потреби наявності якісних та достовірних даних є комплексною задачею. За відсутності попередніх даних, оптимальним способом вибору попереднього розподілу буде оцінка експерта. Розгорнуто питання використання моделі Байєса розглядає Гельман А. [3].

Таблиця 1 – Залежність окремих видів деградації та прогностичних моделей

Вид деградації	Вид прогностичної моделі			
	Байєсова	Стохастичні і статистичні	Обчислюваний інтелект (CI)	Фізика відмов (PoF)
Втома	+	+	+	+
Зношення	+	+	+	+
Деформація	-	-	-	+
Корозія	+	+	+	+

Статистичні розрахунки та стохастичні моделі використовуються у випадку зростаючої частоти появи відмови. Зокрема статистичні методи використовуються для обробки даних та допомоги у звуженні вибірки ймовірних відмов. Статистичний аналіз часто застосовується при розрахунку надійності технічного оснащення та оптимізації технічного обслуговування, на основі даних про відмови зібраних протягом часу функціонування системи. До поширених методів відносять: чисельні розрахунки, регресійний аналіз та визначення тенденцій. Варто зазначити, що також існують довідники (напр. MIL-HDBK-189, MIL-HDBK-217F, OREDA), які містять статистичні дані та моделі для механічних та електричних компонент, відповідно. Більш грунтовний огляд способів визначення RUL на основі статистичних даних було зроблено Сі С.Ш. у його дослідженні [4]. Однак, Вайдя П. та Росанд М. [5] зазначають у своїй праці, що даний підхід не повинен застосовуватись для визначення залишкового терміну експлуатації (RUL) для певних видів технічного оснащення та систем нафтогазової промисловості. Основною причиною, як зазначають автори, є недостатня кількість даних, що не дає змоги забезпечити достатньо низьку похибку. З іншого боку, стохастичні моделі застосовуються для моделювання процесу деградації технічного оснащення, інкорпоруючи динамічні змінні та погодні умови. Одними з поширених стохастичних моделей є: регресійні моделі, моделі пропорційної небезпеки,

моделі Кокса та Вейбула. Більш детальний огляд використання стохастичних моделей для підрахунку зробив Сінгпурвала Н.Д. [6].

Моделі обчислюваного інтелекту (англ. CI) опираються на різноманітні підходи та технології, серед яких: штучні нейронні мережі (англ. ANN), генетичні алгоритми (англ. GA) та нечітку логіку. Вони в свою чергу опираються на вхідні дані для формування результату та часто згадуються як методи м'яких обчислень (англ. soft computing). Дані отримані з сенсорів та іншого моніторингового обладнання можуть бути використані CI моделями для визначення терміну залишкової експлуатації (RUL). Детальний огляд CI моделей зробив Сіддік А. [7]. Однак, Вайдя П. та Росанд М. [5] стверджують, що використання даних моделей є непридатним для визначення RUL підводних конструкцій та технічного оснащення. Основними причинами цього є недостатня кількість вхідних даних, що спричинює неможливість тренування мережі, а також брак кваліфікованого персоналу для роботи з даними моделями.

Методи фізики відмови (англ. PoF) вимагають параметризованих даних та опираються напрацювання з таких тем як оцінка життєвого циклу, екологічні процеси, умови експлуатації, вибір матеріалів та види деградації. Основною ціллю даних методів є виявити потенційні причини відмов та на основі аналізу даних знайти спосіб попередити їх на етапі проектування системи. В основі методів PoF лежать математичні принципи, котрі дають змогу оцінити термін служби та надійність складових системи. Методологія PoF може бути застосованою у широкому колі систем. Згідно з Вайдя П. та Росанд М. [5], даний підхід є ефективним способом визначення RUL в контексті нафтогазової промисловості, особливого для підприємств морського базування. Однією з причин є те, що значна частина управління здійснюється дистанційно та вимагає правильних та точних моделей для підтримки рішень стосовно продовження терміну експлуатації. Методи фізики відмов вважаються доволі надійними та точними для виконання LE аналізу та потребують менше даних з датчиків для формування ймовірного значення RUL. Вінінг І. і Белхімер Е. [8] стверджують, що дані з сенсорів нафтогазового підприємства морського базування є ненадійними, популяризуючи рішення на основі PoF. Останні в свою чергу є придатними для визначення RUL технічного оснащення, що піддається різноманітній деградації (напр. корозії, ерозії, тріщин від втоми металу).

Висновки.

Було розглянуто основні моделі та методи визначення залишкового терміну експлуатації (RUL). Наведено особливості використання моделей кожного розглянутого виду та висвітлено окремі актуальні роботи в контексті нафтогазової промисловості. Розуміння способів визначення RUL та розуміння їх доцільності в контексті кожного окремого підприємства, технічного оснащення або системи, дозволять з більшою ефективністю впроваджувати інноваційні підходи до продовження терміну експлуатації.

Література:

1. Okoh, C., Roy, R., Mehnen, J. and Redding, L. // Overview of Remaining Useful Life prediction techniques in Through-life Engineering Services. Procedia CIRP, 16, 158–163.

2. Vaidya, P. (2010). Prognosis - subsea oil and gas industry // Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society, 10 - 14 October, Portland, USA, pp. 1–10.

3. Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S. and Rubin, D.B. // Bayesian data analysis. Boca Raton, FL, USA: Chapman & Hall/CRC.

4. Si, X.S., Wang, W., Hu, C.H. and Zhou, D.H. // Remaining useful life estimation - A review on the statistical data driven approaches. European Journal of Operational Research, 213(1), 1–14.

5. Vaidya, P. and Rausand, M. // Remaining useful life, technical health, and life extension. Journal of Risk and Reliability, 225(2), 219–231.

6. Singpurwalla, N.D. // (1995) Survival in dynamic environments. Statistical Science, 1(10), 86-103

7. Siddique, A., Yadava, G.S. and Singh, B. // (2003) Applications of artificial intelligence techniques for induction machine stator fault diagnostics: review. In; 4th IEEE International Symposium Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics and Drives, 24-26 August, Georgia USA, pp. 29–34.

8. Winning, I.G. and Belhimer, E. // (2006) Practical Aspects of Field Monitoring of Corrosion. In: NACE International Conferene, 12-16 March, San Diego, California, USA, pp. 1-18.

Abstract. *This article is focused on the usage of prediction models for remaining useful life (RUL) estimation. General scenarios for the usage of specific models for RUL estimation were presented.*

Key words: *remaining useful life, RUL, predictive maintenance, oil and gas industry.*

Науковий керівник: *к.т.н., доц. Кропивницька В.Б.*

Стаття відправлена: 12.09.2022 г.

© Магас Д.М.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-008
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-008

УДК 550.372 : 691.231

ANALYSIS OF VOLCANIC ROCKS AS FILLERS FOR POLYMER COMPOSITES

АНАЛІЗ ВУЛКАНІЧНИХ ПОРІД ЯК НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ

Melnyk L.I./Мельник Л.І.
PhD, Associate Professo
ORCID: 0000-0001-5139-3105
Chernyak L.P./Черняк Л. П.
Dr. Professor/д.т.н., професор
ORCID: 0000-0001-8479-0545
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
37 Peremogy ave., Kyiv, Ukraine, 03056
Національний технічний університет України “КПІ імені Ігоря Сікорського”
пр-т Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

Анотація. *Наведено результати дослідження двох різновидів вулканічних порід родовищ Закарпаття – берегівського перліту та сокирницького цеоліту як потенційної сировини для виготовлення полімерних композитів. Показано особливості хімічного, фазового складу, властивості поверхні та ліофільності досліджених матеріалів як факторів ефективності їх застосування як наповнювачів. При цьому зроблено висновок про відносні переваги природного цеоліту за розвитком питомої поверхні та ступенем ліофільності.*

Ключові слова: *композит полімерний, наповнювач, перліт, цеоліт, склад, поверхня, властивості.*

Вступ

Технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів базується на комплексному використанні мінеральної сировини як наповнювачів та сополімерів як зв’язуючих [1]. Вибір та кількісне співвідношення цих компонентів при однаковому способі виробництва визначають характеристики структури та властивостей композитів [2-5]. Одним із перспективних джерел природної сировини як наповнювачів є породи вулканічного походження [6], серед яких суттєве місце за розповсюдженням і запасам родовищ в світі та Україні займають перліт і цеоліт [7-10].

Ефективність практичного застосування цих порід як наповнювачів полімерних композитів потребує дослідження та врахування особливостей їх складу, структури та властивостей поверхні як факторів фізико-хімічної взаємодії з сополімерами, в напрямку чого виконана подана робота.

Основна частина

Застосування сучасних інструментальних методів фізико-хімічного аналізу дозволило виявити певні особливості складу, структури та властивостей поверхні досліджуваних вулканічних порід.

Відмінності хімічного складу найбільш проявляються щодо вмісту лужноземельних і лужних оксидів. При їх однаковому загальному вмісті 8,6 мас.% перліт відзначається переважною кількістю лужних оксидів Na_2O+K_2O – 8,09 проти 4,21 мас.%, а цеоліт - переважною кількістю лужноземельних оксидів $CaO+MgO$ – 4,34 проти 1,51 мас.%

Таблиця 1 - Хімічний склад сировини

Назва проби	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	в.п.п
перліт	72,08	12,92	1,50	0,90	0,88	0,63	3,76	4,33	3,0
цеоліт	68,02	13,04	1,92	0,30	2,71	1,63	1,57	2,64	16,94

Рентгенофазовий аналіз порошкових препаратів досліджуваної сировини, проведений з застосуванням дифрактометру ДРОН – 3М, дозволив вивити особливості мінералогічного складу проб.

Результати рентгенофазового аналізу дозволили виявити особливості мінералогічного складу та структури досліджуваних природних матеріалів (рис. 1, 2).

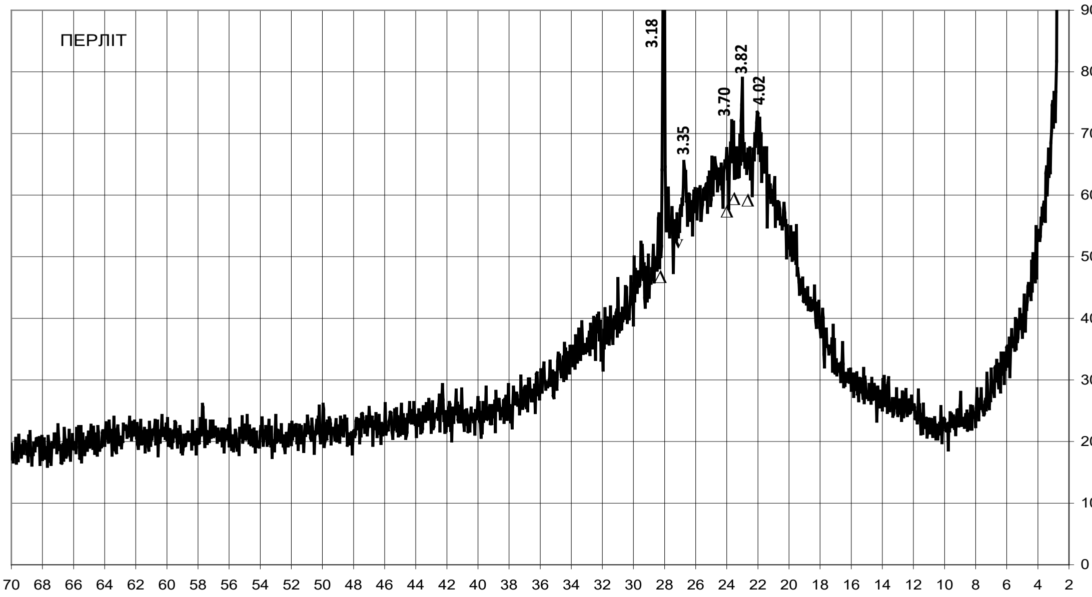


Рисунок 1 - Дифрактограма перліту: v-кварц, □-польовий шпат

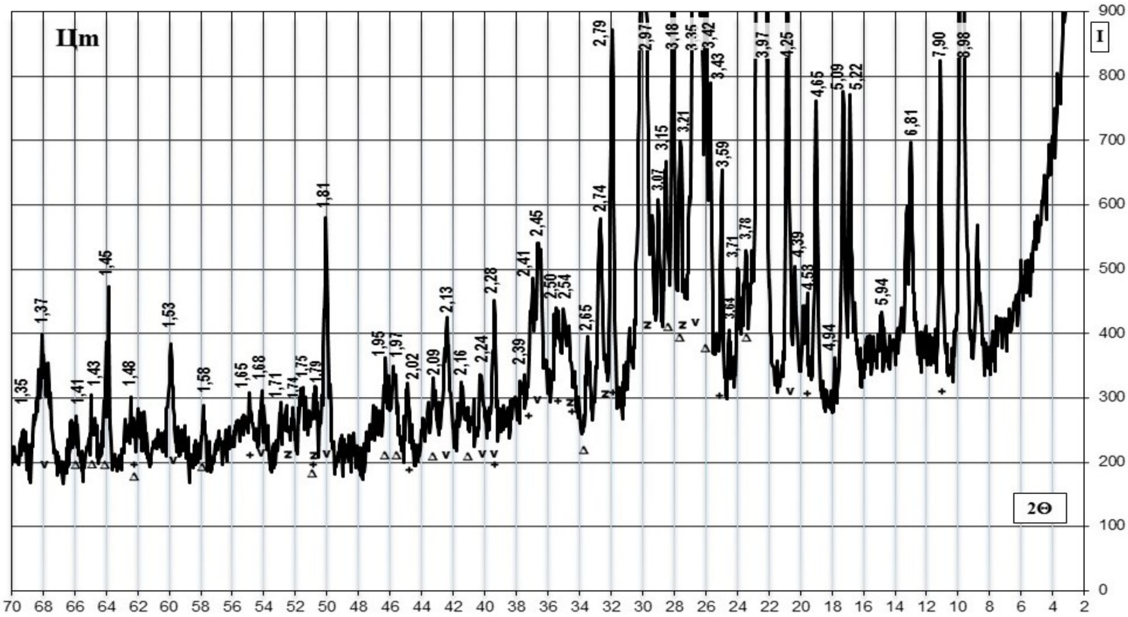


Рисунок 2 - Дифрактограма цеоліту: z цеоліт, v кварц, + каолініт, □ польовий шпат

Очевидно, що структурні особливості наповнювачів визначаються відмінностями у ступеню розвитку склофази, кристалічних фаз та їх кількісних співвідношеннях.

Берегівський перліт характеризується переважним розвитком склофази із включеннями кристалічних фаз кварцу і польового шпату.

Сокирницький цеоліт відрізняється значним розвитком кристалічних фаз, що являють систему цеоліт (клиноптилоліт) – кварц – польові шпати,

Із врахуванням особливостей використання матеріалів для виготовлення полімерних композитів у дослідженнях були використані методи оцінки енергетичного стану поверхні частинок по змочуванню при натіканні [11]. Характерною особливістю вказаного методу є можливість оцінити одночасно ступінь змочування частинок полярними і неполярними розчинниками (відповідно вода і ксилол) та ступінь дисперсності досліджуваного матеріалу (коефіцієнт фільтрації і питома ефективна поверхня).

Визначено (табл. 2, що проба перліту значно поступається цеоліту за показниками змочування водою - 0,45 проти 0,71.

Неполярними рідинами (ксилол) обидві проби змочуються суттєво гірше, ніж водою. При цьому показники для перліту також суттєво менші – 0,31 проти 0,47 для цеоліту.

Таблиця 2 - Властивості поверхні досліджуваних матеріалів

Матеріал	Змочування при натіканні / Коефіцієнт фільтрації, К·10^{-6} см^3·с/г		Питома ефективна поверхня, м^2/г		Умовний tgδ
	вода	ксилол	вода	ксилол	
Перліт	0,45 / 1,82	0,31 / 0,54	4,5	2,9	0,016
Цеоліт	0,71 / 2,97	0,47 / 2,10	18,1	12,9	0,025

Оцінити вплив структурних особливостей матеріалів можливо з урахуванням такого показника як коефіцієнт фільтрації. Встановлено, що показники останнього щодо проби перліту суттєво меші як по воді - 1,82 $\cdot 10^{-6}$ проти $2{,}97 \cdot 10^{-6}$, так і по ксилолу - $0{,}54 \cdot 10^{-6}$ проти $2{,}10 \cdot 10^{-6}$ см^3·с/г.

Ефективна питома поверхня досліджуваних матеріалів являється показником, який однозначно дозволяє оцінити внесок як фактора змочування матеріалів так і їх структури. За отриманими експериментальними даними для проба перліту значно поступається цеоліту за показниками ефективної питомої поверхні по воді – 4,5 проти 18,1 м^2/г та по ксилолу - 2,9 проти 12,9 м^2/г.

Вказані особливості властивостей поверхні частинок досліджуваних матеріалів корелюються з результатами ІЧ-спектроскопічного аналізу (рис. 3).

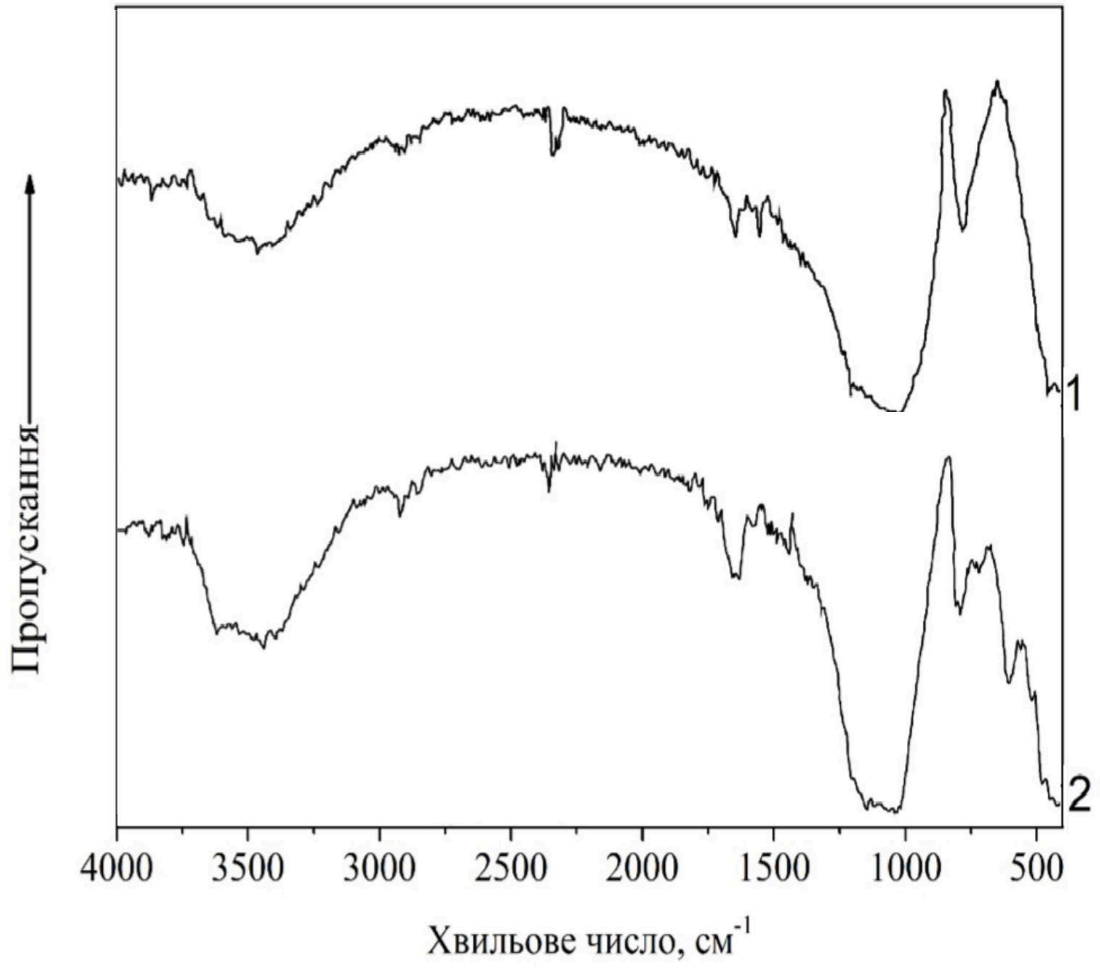


Рисунок 3 - ІЧ спектри проб матеріалів: 1 – перліт; 2 – цеоліт

Висновки

1. Врахування особливостей складу та властивостей поверхні вихідних компонентів важливо для оптимізації структури та властивостей полімерних композиційних матеріалів.

2. Отримані результаті досліджень вказують на перспективність використання як наповнювачів порід вулканічного походження, зокрема перліту та цеоліту. При цьому цеоліт має перевагу за розвитком питомої поверхні та ступенем ліофільності, що обумовлюють інтенсивність взаємодії та міцність контактів частинок наповнювача з сополімером.

Література:

1. Адаменко Н.А. Конструкционные полимерные композиты [Текст] / Н.А. Адаменко, А.В. Фетисов, Г.В. Агафонова – Волгоград: ВолГТУ, 2010. – 100 с.

2. Thejas Urs G. Emergent Research on Polymeric and Composite Materials [Text] / Urs G. Thejas, R. Somashekar // IGI Global, 2017. – 341 p.

3. Melnyk L. Research of electrical properties of epoxy composite with carbon fillers [Text] / L. Melnyk // Technology audit and production reserves, 2017. – V.3. (1/35) – pp 1539–1641.

4. Sokolov I. I. Effect of the Chemical Nature of Fabric Mineral Fillers on the Properties of Polymer Composite Materials [Text] / I. I. Sokolov, I. V. Troshkin // Glass and Ceramics. – 2016. – V. 73. – Is. 5–6. – pp 231–233.

5. Rothon R. N. Particulate fillers for polymers [Text] / R. N. Rothon // Rapra Rev. Rep. – 2001. – pp. 12:16–17.

6. Aaron K. Waswa, Daniel Mogaka Nyaberi. Evalution of volcanic rocks of Nairobi area for use as raw materials in the construction and cement industry // Conference: Geological Society of Kenya, 2009.

7. Erdem T.K. Use of perlite as a pozzolanic addition in producing blended cements / T.K.Erdem, Ç.Mera, lM.Tokyay, T.Y.Erdoğan // Cement and Concrete Composites, 2007. –V. 29. – Is. 1. – pp. 13-21.

8. Tarhan, B., Tarhan, M. Utilization of perlite as an alternative raw material in the production of ceramic sanitaryware. // J Therm Anal Calorim (2021). https://doi.org/10.1007/s10973-021-10784-5.

9. Strzemiecka B. Characterization of zeolites as potential new generation fillers in abrasive articles. Physicochemical properties of zeolites and their interactions with resins / Beata Strzemiecka, AdamVoelkel, Małgorzata Kasperkowiak // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2010. - Vol. 372. - Is. 1–3. - pp. 80-85.

10. Narayanan S. A review on the use of zeolites to create valuable paper products and paper-like adsorbent materials / Sigappi Narayanan, Warren Batchelor, Paul A. Webley // Appita Journal, 2013. - No. 66(3) - pp. 235-245.

11. Myronyuk, O., Baklan, D., Nudchenko, L. Evaluation of the Surface Energy of Dispersed Aluminium Oxide Using Owens-Wendt Theory. Technology Audit and Production Reserves, 2020. 2 (1 (52)), 25-27.

***Abstract**. The results of the study of five types of volcanic rocks of the Zakarpattia deposits - Bereiv pearlite and Sokyrnytsky zeolite as potential raw materials for the manufacture of polymer composites - are given. Modern instrumental methods of physical and chemical analysis are applied. Features of the chemical composition - in terms of the content of oxides of the RO+R2O type, phase composition - in terms of the development of crystalline phases and the glass phase, surface properties and lyophilicity of the studied materials as factors of the effectiveness of their use as fillers are shown. The research results indicate the promising use of rocks of volcanic origin, in particular perlite and zeolite, as fillers. It was concluded that zeolite has an advantage over perlite in the development of specific surface area and the degree of lyophilicity, which determine the intensity of interaction and the strength of contacts of filler particles with the copolymer during the production of a composite material.*

***Key words**: polymer composite, filler, perlite, zeolite, composition, surface, properties.*

Статтю відправлено: 02.08.2022 р.

© Мельник Л.І.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-027
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-027

УДК 691.41

ANALYSIS OF VARIETIES OF CLAY IN THE KYIV REGION
АНАЛІЗ РІЗНОВИДІВ ГЛИНИ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Chernyak L.P./ Черняк Л.П.
d.t.s., prof. / д.т.н., проф.
ORCID: : https://orcid.org/0000-0001-8479-0545
Pakhomova V.M./ Пахомова В.М.
assistant / асистент
Dorogan N.O./ Дорогань Н.О.
PhD, Senior Lecturer / к.т.н., PhD, старший викладач
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4304-1297
National Technical University of Ukraine " Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Peremohy ave., 37, Kyiv, Ukraine, 03056
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
проспект Перемоги 37, корпус 21, м.Київ, 03056, Україна

Анотація *У статті наведено результати дослідження хіміко-мінералогічного складу та кераміко - технологічних властивостей глинистої сировини двох родовищ України. Методами хімічного, рентгенофазового та термічного аналізу визначено особливості якісного мінералогічного складу глин. Визначено кількість породоутворюючих мінералів з використанням комп'ютерної програми «Мінерал». Відзначено можливість регулювання мінералогічного складу керамічних мас на основі бінарних систем досліджуваних глин. Показаний ефект підвищення фізико - механічних показників кераміки на основі бінарних глинистих систем при диференціації режимів випалу.*

Ключові слова*: глина, мінерал, склад, властивості, випал, фазоутворення, кераміка.*

Вступ

Забезпечення сировиною, що за складом і властивостями відповідає технологічним можливостям виготовлення керамічних матеріалів певного призначення і асортименту, є базисною складовою проектів модернізації діючих і створення нових підприємств [1-3]. Зрозуміло, що ефективність таких проектів підвищується із наближенням до сировинної бази [4-6], критерії визначення якої враховують особливості хіміко-мінералогічного складу, процесів структуроутворення і технології [7].

Технологія виготовлення кераміки пройшла багатовіковий шлях від емпіричного вибору глинистої сировини, ручного формування, природної сушки та малопродуктивного випалу до науково обґрунтованого індустріального виробництва. При цьому на першому етапі при виборі сировини переважне значення приділялось її формувальним властивостям за пластичністю та кольором після випалу, а в сучасності – промисловим запасам, хімічному та мінералогічному складу як факторам показників технологічних властивостей мас та фізико - механічних характеристик виробів після сушки та випалу.

Важливість комплексного аналізу хімічного та мінералогічного складу глинистої сировини для розробки керамічних мас і оптимізації технологічних параметрів визначена відомими працями [8-10]. Дослідження та розробки в цьому напрямку отримали розвиток [11-13] і стали актуальними через постійне

розширення сировинної бази виробництва кераміки. В цьому плані виконано подану роботу.

Експериментальна частина

В даній роботі використовувалось поєднання сучасних фізико – хімічних методів дослідження із стандартизованими тестуваннями технологічних і експлуатаційних властивостей сировини та керамічних матеріалів [14-18].

Рентгенофазовий аналіз (порошковий препарат) проводили за допомогою дифрактометру ДРОН-2 (випромінювання Cu Kα 1-2, напруга 40 kV, струм 20 mA, швидкість 2 град/хв.), термічний аналіз - за допомогою дериватографа системи Паулік-Паулік-Ердеі (ОД-1000).

Розрахунки кількісного мінералогічного складу глини проводились на основі даних хімічного, рентгенофазового і термічного аналізів із застосуванням комп'ютерної програми «Мінерал» [19,20].

Відповідно до сучасної технології кераміки маси визначеного складу готували шляхом дозування компонентів по масі, змішування та гомогенізації, пластичного фрмування, сушки та випалу.

Всі зразки дослідних мас, показники яких порівнювали, сушили та випалювали разом, аби виключити можливість різниці в ступеню термічної обробки.

Об'єктами дослідження стали спондилова та музичанська глини родовищ Київської області, бінарні системи цих глин і кераміка на їх основі.

Досліджувані сировинні матеріали суттєво відрізняються за хіміко – мінералогічним складом та фізико – хімічними властивостями.

Згідно кваліфікації ДСТУ Б В.2.7-60-97 за вмістом Al_2O_3 (таблиця 1) обидві проби глини відноситься до групи кислих (< 14 %), за вмістом барвних оксидів – до груп із високим вмістом. При цьому проба спондилової глини відрізняється від музичанської більшим кількісним співвідношенням оксидів SiO_2: Al_2O_3 (6,0 проти 5,4), значно більшим вмістом лужноземельних оксидів - перш за все CaO, більшою кількістю лужних оксидів Na_2O+K_2O (2,6 проти 1,4 %), що загалом обумовлюють підвищену легкоплавкість.

Таблиця 1 -Хімічний склад глинистої сировини

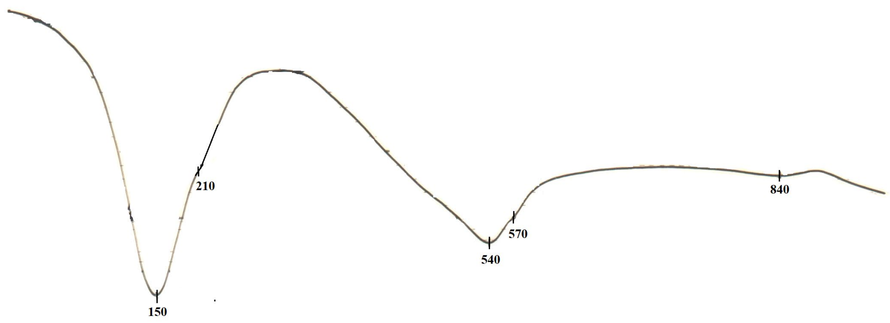
Назва проби	Вміст оксидів, мас. %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	в.п.п
музичанська	71,51	13,13	5,10	0,87	1,34	1,01	0,27	0,20	1,17	5,44
спондилова	53,62	8,87	3,26	0,10	14,60	2,00	1,26	0,29	2,36	13,72

Результати рентгенофазового та термічного аналізів свідчать про значні відмінності досліджуваної сировини по якісному мінералогічному складу (рисунок 1). Встановлено, що спондилова глина відрізняється наявністю гідрослюди та кальциту. Суттєво більша площина ендотермічних ефектів з максимумом при 550-575 °С вказує на підвищений вміст каолініту в музичанській глині (рисунок 1).

Кількісне співвідношення основних подоутворюючих мінералів у досліджуваних пробах виглядає наступним чином (таблиця 2):

- музичанська: каолініт:монтморилоніт:кварц = 1,5:1:3,1;
- спондилова: каолініт:монтморилоніт:гідрослюда:кварц = 1:8:5,8:10.

a



b

Рисунок 1 - ДТА проб спондилової (a) та музичанської (b) глини

Таблиця 2 - Мінералогічний склад глинистої сировини

Назва проби	Вміст основних породоутворюючих мінералів, %						
	каолініт	гідро-слюда	монт-мори-лоніт	кварц	гідроксиди заліза	кальцит	польо-вий шпат
музичанська	23,5	-	15,5	48,0	4,9	-	6,9
спондилова	3,0	17,5	24,3	30,0	2,4	25,0	-

По дисперсності (таблиця 3) проба спондилової глини за вмістом 12,3 мас.% частинок фракцій < 0,001 мм відноситься до грубодисперсних, за вмістом 56,4 мас.% частинок фракцій < 0,01 мм - до низькодисперсних. Проба музичанської глини за вмістом 22,85 мас.% частинок фракцій < 0,001 мм та 52,55 мас.% частинок фракцій < 0,01 мм відноситься до низькодисрерсних.

Таблиця 3 - Дисперсність глинистої сировини

Назва проби	Вміст фракцій частинок (мм), мас. %					
	> 0,25	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
музичанська	0,67	1,18	45,60	17,35	12,35	22,85
спондилова	0,10	13,80	29,65	14,25	29,90	12,30

Вказані характеристики хіміко – мінералогічного складу та дисперсності досліджуваних глин обумовлюють показники їх кераміко – технологічних властивостей.

Аналіз кераміко – технологічних властивостей показав (таблиця 4), що за пластичністю проби дослідних глин згідно ДСТУ Б В.2.7-60-97 відносяться до 2-х груп: спондилова - до середньопластичних (число 15-25), музичанська - до помірнопластичні (число 7-15).

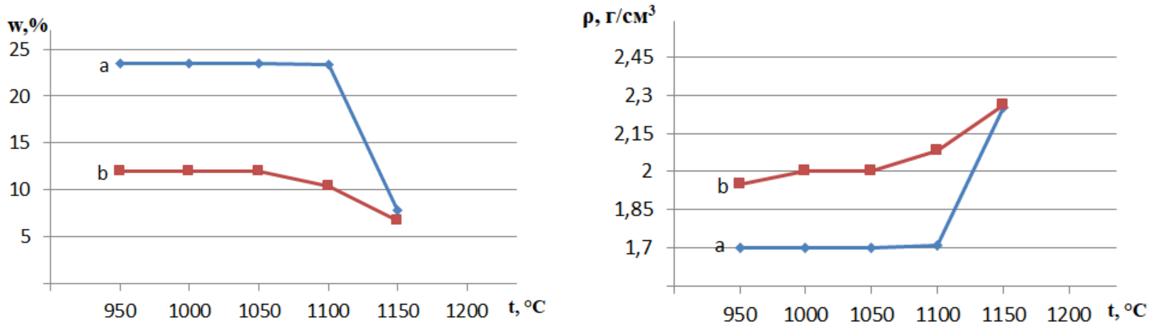
За вогнетривкістю обидві проби глини відноситься до групи легкоплавких (< 1350 °С).

Таблиця 4 - Пластичність та вогнетривкість глинистої сировини

Назва проби	Показники властивостей	
	Число пластичності	Вогнетривкість, ^{0}С
музичанська	13,4	1150
спондилова	22,8	1120

Проведені тестування виявили суттєві відмінності у ступені спікання досліджуваних глин при випалі. Так, зразки спондилової глини в інтервалі максимальних температур випалу 950-1100 °С практично не змінює показники водопоглинання і густини, при збільшенні температури до 1150 °С спікання різко інтенсифікується (рисунок 2), а при подальшому зростанні температури зразки оплавляються.

Зразки глини музичанської глини в інтервалі максимальних температур випалу 950 – 1050 °С відрізняються від спондилової більшою середньою густиною – 1,95 - 2,00 проти 1,70 - 1,71 г/см^3, меншим водопоглинанням – 12,0 проти 23,5 мас. %. При подальшому зростанні температури випалу до 1100 - 1150 °С досягається густина 2,08-2,26 г/см^3 при водопоглинанні 10,4-6,7 мас.%.



1 2

Рисунок 2 - Залежність водопоглинання w (1) і густини ρ (2) кераміки з спондилової (a) та музичанської (b) глини від температури випалу

За даними рентгенофазоного аналізу (рисунок 3,4) кераміка із музичанської глини характеризується після випалу на 950 °С наявністю кварцу та незначної кількості гематиту, а після випалу на 1200 - 1250 °С містить кристалічну систему складу муліт – гематит – кристобаліт – кварц.

Кераміка із спондилової глини відзначається після випалу розвитком кристалічної системи складу воластоніт – анортит – гематит – кварц.

Застосування бінарних систем досліджуваної сировини з варіюванням кількісного співвідношення спондилової та музичанської глин від 4:1 до 1:4 дозволило оцінити вплив змін хіміко – мінералогічного складу на ступінь

спікання та фізико – механічні показники кераміки.

Проведений аналіз свідчить (таблиця 5), що при вказаному варіюванні співвідношення компонентів у бінарних системах змінюється кількісне співвідношення основних породоутворюючих мінералів – каолініт : монтморилоніт : гідрослюда : кварц : кальцит від 1,1:1:0,2:2,6:0,3 (Н7) до 0,3:1:0,6:1,5:0,9 (Н4).

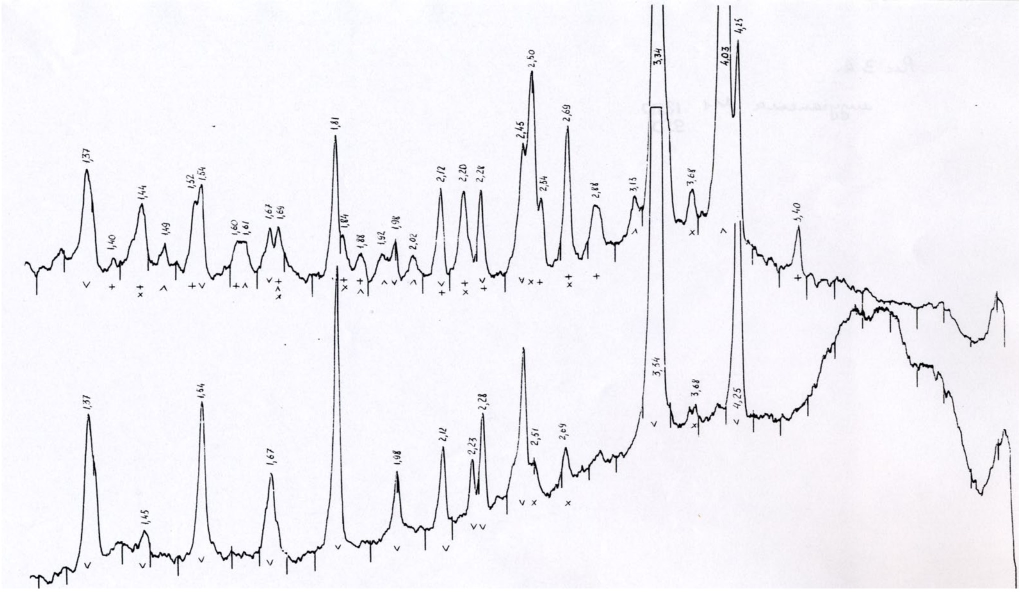


Рисунок 3 - Дифрактограми зразків музичанської глини після випалу на 950 °С (а) та 1250 °С (в):
v *кварц*, **^** *кристобаліт*, **+** *муліт*, **х** *гематит*

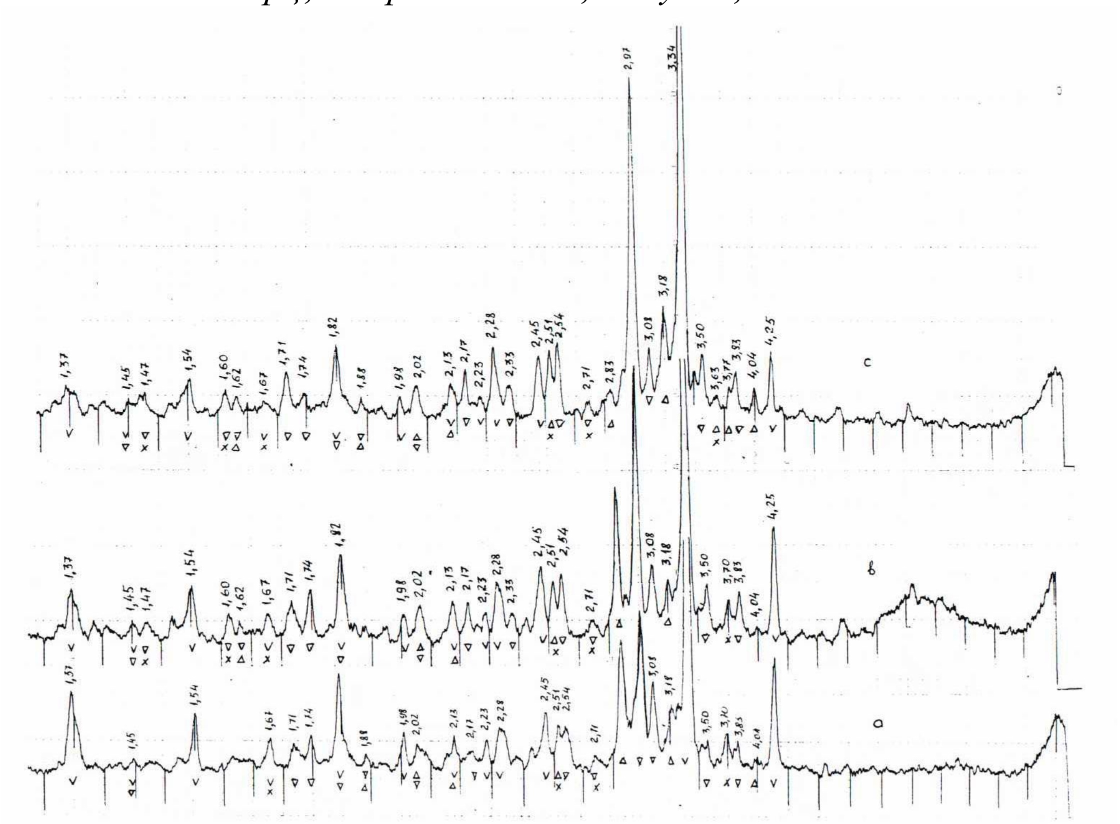


Рисунок 4 - Дифрактограми кераміки із спонділової глини після випалу на 950 °С (а), 1100 °С (в), 1200 °С (с):
v *кварц*, **х** *гематит*, **∇** *воластоніт*, **Δ** *анортит*

Таблиця 5 - Мінералогічний склад бінарних глинистих систем

Код проби	кількісне співвідно-шення глин	Вміст основних породоутворюючих мінералів, %						
		каолініт	гідро-слюда	монт-мори-лоніт	кварц	гідроксиди заліза	кальцит	польо-вий шпат
Н7	4:1	19,0	3,5	17,3	44,4	4,4	5,0	5,5
Н8	1:1	13,2	8,8	19,9	39,0	3,6	12,5	3,5
Н4	1:4	7,1	14,0	22,5	33,6	2,4	20,0	1,4

Як показують результати тестувань зміни мінералогічного складу в бінарних системах значно впливають на показники властивостей кераміки. Так, в інтервалі максимальних температур випалу 950 - 1100 °С зразки кераміки з маси Н8 відрізняються від зразків із спондилової глини меншим водопоглинанням – 20,6 - 15,4 проти 24 - 23 мас. %, більшою густиною – 1,74 - 1,90 проти 1,69 - 1,71 г/см^3 , а після випалу на 1100 °С досягається зростання міцності на згин до 22,4 проти 13,4 МПа.

Вказаний ефект проявляється також при застосуванні швидкісних режимів випалу. Так, при випалі в роликових печах в інтервалі максимальних температур 980 - 1020 °С протягом 42 - 50 хв. зразки кераміки з маси Н8 характеризуються водопоглинанням 15,8 - 16,4 мас. %, густиною 1,81 - 1,84 г/см^3 , міцністю на згин 13,4-16,7 МПа проти відповідно 25,8 - 29,9 мас. %, 1,52 - 1,62 г/см^3 , 12,1-12,5 МПа для зразків із спондилової глини.

Висновки

Застосування композицій глинистої сировини різного хіміко-мінералогічного складу є одним з ефективних засобів впливу на технологічні параметри та властивості кераміки

Застосування бінарних систем полімінеральної та монтморилоніт - каолінітової глин дозволяє регулювати вміст та кількісне співвідношення породоутворюючих мінералів, підвищити показники фізико – механічних характеристик кераміки при тривалому та швидкісному режимах випалу.

Література:

1. Комплексное развитие сырьевой базы промышленности строительных материалов / Удачкин И.Б., Пащенко А.А., Черняк Л.П., Захарченко П.В., Семидидько А.С., Мясникова Е.А. – К.: Будівельник, 1988. – 104 с.

2. Alan G. King. Ceramic Technology and Processing: A Practical Working Guide (Materials and Processing Technology) // William Andrew, 2001. – 533 p.

3. Mohamed N. Rahaman. Ceramic Processing and Sintering // CRC Press, 2003. – 875 p.

4. Michele Dondi**.** Clay materials for ceramic tiles from the Sassuolo District (Northern Apennines, Italy). Geology, composition and technological properties // Applied Clay Science, 1999. - Vol. 15. – Is. 3–4. – pp. 337-366.

5.Черняк Л.П. Керамічні плитки з використанням глинистої сировини Обухівського родовища /Строительные материалы и изделия. - 2007. - № 1. - С. 22– 24.

6. W. F. Dietrich. The Clay Resources and the Ceramic Industry of California (Classic Reprint) Paperback – Forgotten Books, 2018. - 420 p.

7. Черняк Л.П. Критерії вибору сировини для сучасного виробництва будівельної кераміки // Строительные материалы и изделия. – 2003. – №1 – С. 2– 4, №2 – С. 6– 8.

8. Грим Р.Э. Минералогия и практическое использование глин: Пер. с англ. – М.: Мир, 1967. - 512 с.

9. Уоррел У. Глины и керамическое сырье: Пер. с англ.. – М.: Мир, 1978. – 237 с.

10. Черняк Л.П., Гонтмахер В.Е. Минералогический состав и спекание глинистых систем. // Стекло и керамика. – 1980. – № 5. – С. 22 – 23.

11. John F.Burst. The application of clay minerals in ceramics // Applied Clay Science, 1991. - Vol. 5. – Is. 5–6. – pp. 421-443.

12. C. Fiori, B. Fabbri, G. Donati, I. Venturi. Mineralogical composition of the clay bodies used in the Italian tile industry // Applied Clay Science, 1989. – Vol. 4. – Is.5-6: - pp.461-473.

13. Afef Jmal Ayadi, Samir Baklouti, Amel Kammoun, Julien Soro. Study of clay's mineralogy effect on mechanical properties of ceramic body using an experimental design // 2021

14. Хімічна технологія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів у прикладах і задачах: навч. посібник у 2-х ч. Ч.1. Технологічні розрахунки в хімічних технологіях тугоплавких неметалевих і силікатних / [Брагіна Л.Л., Корогодська А.М., Пітак О.Я. та ін.]; за ред. М.І. Рищенка. − Х.: Підручник НТУ «ХПИ», 2012. − 332 с.

15. ASTM C67 Testing of Brick and Structural Clay Tile.

16. ГОСТ 21216.0 – 93 - ГОСТ 21216.12 - 93. Сырье глинистое.. Методы анализа. – Взамен ГОСТ 21216.0 – 81 - ГОСТ 21216.12 - 81; Введ. 01.01.98. – К.: Госстандарт Украины,1997. – 71 с.

17. Ana C. F. Ribeiro, Cecilia I. A. V. Santos, Gennady E. Zaikov. Chemical Analysis: Modern Materials Evaluation and Testing Methods. - CRC Press, 2016. – 302 p.

18. Свідерський В.А., Черняк Л.П., Сальник В.Г., Сікорський О.О., Дорогань Н.О. Інструментальні методи хімічного аналізу силікатних систем. Навчальний посібник // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка». – 2017. – 172 с.

19. Chernyak L., Soroka A. To The Question Of Determination Of Raw Materials Mineralogical Composition // Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 2020. – Vol. 7. – Is. 6. – pp. 12027– 12031.

20. Черняк Л.П., Soroka A. Комп'ютерні розрахунки мінералогічного складу силікатної сировини / Керамика: наука и жизнь, 2020. – № 2 (47). – С. 21 – 25.

Abstract *The article presents the results of study the chemical and mineralogical composition and ceramic-technological properties of clay raw materials from two deposits of Ukraine. The features of the qualitative mineralogical composition of clays by the methods of chemical, X-ray*

phase and thermal analysis were determined. The amount of rock-forming minerals was determined using the "Mineral" computer program. The possibility of regulating the mineralogical composition of ceramic masses based on the binary systems of the studied clays was noted. The effect of increasing the physical and mechanical parameters of ceramics based on binary clay systems when differentiating firing modes is shown.

***Key words**: clay, mineral, composition, properties, firing, phase formation, ceramics.*

Стаття надіслана: 23.08.2022 р.
© Дорогань Н.О.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-003
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-003

УДК 619:615.31:637.86

THE ROLE OF BIOCOMPLEXES IN THE METABOLISM OF PRODUCTIVE ANIMALS

РОЛЬ БІОКОМПЛЕКСІВ В ОБМІНІ РЕЧОВИН ПРОДУКТИВНИХ ТВАРИН

Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,
d.a.s., prof. / д.с.н.. проф.
ORCID: 0000-0002-8178-207X
Publons: AAF-5445-2019
Koval T.V., / Коваль Т.В.
c.a.s., as.prof. / к.с.н., доц.
ORCID: 0000-0002-7132-5887
Higher education institution « Podolsk State University», Kamianets-Podilskyi, Shevchenko,13,32300 Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Abstract. *We have established a rather important role of calcium-protein complexes of blood during lactation. Highly productive cows with a milk yield of up to 6,000 kg of milk and with a milk yield of 2,000-3,000 kg per lactation were studied. It turned out that there were significantly more complexes in the blood of high-yielding cows than in medium-yielding cows, while the content of total calcium in the blood of cows during lactation changed slightly in both the first and the second. The amount of calcium bound to albumins significantly decreases during lactation and becomes the lowest during the dry period (6 times less than the norm). In the blood of high-fat dairy cows (Jerseys), the content of cholesterol-albumin complexes is always higher (by 20% or more) than in moderately fat dairy cows (for example, black and spotted). The number of phosphatide-protein complexes in the former was always higher by 30% or more than in the latter, despite the fact that the content of total protein in the serum is less in Jerseys than in black-spotted cows. With a decrease in milk yield, the ability of blood albumins to bind phosphatides in high-fat dairy Jersey cows was always 30-40% higher than in black and spotted cows. Research results indicate that in the blood of beef cows, almost all cholesterol is in the form of complexes with proteins and, above all, with serum albumins. With animal diseases (endometritis, paresis, litter retention, etc.), the number of these biocomplexes decreases sharply, and the content of free cholesterol increases sharply (sometimes 8-10 times against the norm). At the same time, the number of cholesterol-globulin complexes in sick animals increases.*

Key words*: biocomplexes, proteins, nucleic acids, fat, organism, animals, cells*

Introduction.

Biocomplexes or mixed biopolymers are formed during life from proteins and carbohydrates. Fats, nucleic acids, mineral substances and other compounds of the body as a result of their interaction with each other. Biocomplexes are quite numerous, diverse in composition, strength and properties. The formation of biocomplex compounds in the tissues and fluids of the body is a mandatory process of vital activity. Biocomplexes are found in the body of all animals, plants, viruses, and microorganisms[2].

The discovery and study of these substances led to new important insights into the science of cell structure and metabolism. first of all, a new chapter on the supramolecular structures of the cell appeared. Then, in connection with the study of the role and importance of these substances in the life process, completely new ways of studying the metabolism of substances in the body of animals, plants, and microorganisms were revealed. The study of biocomplexes in the dynamics of the life process was of particular importance[6].

The main stages of metabolism are as follows: chemical and physicochemical characteristics of substances that enter the body with food; processes of digestion and absorption of substances; state of substances in blood and tissues; processes of breakdown and synthesis of proteins, fats and carbohydrates in the body; regulation of metabolic processes; metabolic products that are excreted from the body. The leading role in metabolism belongs to protein[1].

Biocomplexes of cell organelles take an active part in the most important metabolic processes: transport of substances, protein synthesis, activation of metabolic substances, temporary binding of metabolic substances, regulation of enzymatic processes, etc. A much more important role of biocomplexes in blood and tissue juice has been proven. Different biocomplexes in the blood are quite well studied [4].

Metabolism begins with the assimilation of substances that come with food. In this phase, at the moment of absorption and immediately after that, the substances interact with blood and tissue proteins. Biocomplexes of different complexity, strength and activity appear.

Biocomplexes formed in this phase of exchange can be called biocomplexes of the first order. They have properties that differ from the properties of the components that form them, and are quite active in further metabolic reactions. As shown by studies [5], among them there are biocomplexes, some of which reveal the functions of catalysts, others - transmitters of nervous excitement or carriers of various substances, and others - regulators of metabolism; there are biocomplexes that take part in mechanical functions, create immunity, regulate permeability, tissue swelling, etc. Examples of such biocomplexes include rhodopsins in the eye, coenzymes in tissues, properdins, antibodies, bound vitamins and hormones in the blood, etc.

All these complexes are quite dynamic. Under the influence of the central nervous system, various physical and chemical environmental factors, etc., they disintegrate into their components. As a result, free metabolites are simultaneously determined in the blood and tissues: glucose, fatty acids, choline, adrenaline, cholesterol, histamine, Ca, K, Mg and other substances. However, the same metabolites can again form a complex when physiological conditions change, and then the amount of free substances decreases. Therefore, in the assimilation phase of exchange, the most mobile compounds are first-order biocomplexes [3,7].

Goal. Comprehensively characterize both permanent and temporary biochemical reactions and processes in body tissues and fluids that occur continuously, and based on these studies understand all forms of the state of substances in the body and develop methods of influencing and controlling metabolism. This is the main way to increase the productivity of farm animals. Studying the dynamics of these complex substances will reveal the most hidden states in the animal organism and the life process.

Research results.

Other processes take place in the dissimilation phase of exchange. Biochemical complexes of the first order are in a state of certain chemical excitation and disintegrate. But intermediate products of metabolism (polypeptides, urea, amino acids, uric acid, sugar, fatty acids, etc.) in a certain amount again interact with

proteins and other tissue substances, and new biochemical complexes are formed, which are called second-order complexes. They, like first-order complexes, have physiological activity, but are less complex. As examples of biocomplexes of the second order, we can cite glycoprotein complexes of blood, aminoprotein complexes, acylprotein complexes of tissues, lipoprotein complexes of milk, etc. The above ideas about the participation of biocomplexes in the metabolism of farm animals were confirmed in our research.

Our research revealed proteid, lipoprotein, glycoprotein, nucleoprotein, metalloprotein and other biochemical complexes in the blood and tissues of animals and revealed their dynamics in different periods of productive activity, in particular during the synthesis of milk and fat in cows, wool in sheep, eggs in poultry, and also with barrenness of cows, with mastitis, rickets and other diseases. Many important facts were established in numerous experimental studies. First of all, it was indicated that in the blood of animals during the periods of the highest productivity, the most dynamic and active participants of the exchange are the biochemical complex compounds of proteins with phosphatides, proteins with sterols, proteins with carbohydrates, minerals and other substances. On the contrary, free substances - phosphatides, cholesterol, calcium, potassium, etc. - are less active. The number of free compounds and their complexes with proteins changes due to changes in physiological conditions and reflects the most intimate aspects of metabolism.

It should be noted that in highly productive laying hens, a significant part of blood calcium is bound in complexes with both albumins and globulins. However, if the amount of total calcium in the blood of hens during the period of preparation for egg laying and at its beginning changes little, the content of calcium bound to globulins increases many times compared to the period of rest.

During the period of intense egg laying, the number of complexes of globulins and phospholipids increases rapidly (by 8 times or more against the norm). At the same time, the number of albumin and phospholipid complexes decreases. Thus, the great role of lipoprotein complexes is revealed. When the egg-laying process is completed, the position is restored. It can be concluded that the indicated blood complexes take part in the synthesis of egg protein as the main building material and activate this process.

We have established a rather important role of calcium-protein complexes of blood during lactation. Highly productive cows with a milk yield of up to 6,000 kg of milk and with a milk yield of 2,000-3,000 kg per lactation were studied. It turned out that there were significantly more complexes in the blood of high-yielding cows than in medium-yielding cows, while the content of total calcium in the blood of cows during lactation changed slightly in both the first and the second. The amount of calcium bound to albumins significantly decreases during lactation and becomes the lowest during the dry period (6 times less than the norm). It is this calcium bound to albumins that most easily enters the metabolic processes and is most quickly used in the process of milk synthesis, and the complexes in general stimulate milk production.

The amount of calcium-protein complexes in the blood of cows that stopped giving milk was always very low. This indicator is specific for low-yielding cows.

Thus, it is necessary to study the dynamics of calcium in the blood, first of all, by the forms of bound calcium, that is, by calcium-protein complexes.

Lipoprotein complexes were also found to be very mobile in the blood of lactating cows. In all periods of lactation, phosphatide-globulin complexes prevailed in the blood, while phosphatide-albumin complexes appeared in smaller quantities and only slightly increased until the dry period.

The blood of low-yielding cows always contained less phosphatide-globulin complexes and more phosphatide-albumin complexes than the blood of high-yielding cows.

Complexes of cholesterol with proteins are extremely mobile in the blood. Research results indicate that in the blood of beef cows, almost all cholesterol is in the form of complexes with proteins and, above all, with serum albumins. With animal diseases (endometritis, paresis, litter retention, etc.), the number of these biocomplexes decreases sharply, and the content of free cholesterol increases sharply (sometimes 8-10 times against the norm). At the same time, the number of cholesterol-globulin complexes in sick animals increases. In the blood of high-fat dairy cows (Jerseys), the content of cholesterol-albumin complexes is always higher (by 20% or more) than in moderately fat dairy cows (for example, black and spotted). The number of phosphatide-protein complexes in the former was always higher by 30% or more than in the latter, despite the fact that the content of total protein in the serum is less in Jerseys than in black-spotted cows.

With a decrease in milk yield, the ability of blood albumins to bind phosphatides in high-fat dairy Jersey cows was always 30-40% higher than in black and spotted cows. It is interesting to note that the content of cholesterol-protein complexes in the milk of these cows differed more sharply. Jerseys had almost 2 times more cholesterol-casein complexes than black and spotted ones.

A number of studies have established the active role of blood biocomplexes in the growth and development of animals, pregnancy, intense muscle work, wool synthesis, in states of extreme excitement, etc.

Conclusions.

The obtained results show that biocomplexes play an important role in the metabolism of highly productive animals. They are especially active during intense productive activity of the body. Therefore, it is necessary to study the role and significance of biocomplexes of blood and tissues in highly productive farm animals, which will allow to understand the main metabolic processes of animal productivity.

References

Veterinary clinical biochemistry / [V. I. Levchenko, V. V. Vlizlo, I. P. Kondrakhin and others]. – Bila Tserkva, 2002. – P. 150–152.

2. Determination of motor activity in animals / [Vol. I. Prystupa, V. V. Danchuk, V. A. Dobrovolskyi, V. I. Karpovskyi]. – KamianetsPodilskyi: Typography of PDATU, 2015. – 39 p

3. Interior of farm animals / [Y. Z. Siratsky, E. I. Fedorovych, B. M. Hopka, V. S. Fedorovych]. - K.: Higher education, 2009. - 280 p.

4. O. I. Kononskyi Biochemistry of animals / O. I. Kononskyi. - K.: Higher

School, 1994. - 439 p

5. Pathological physiology and pathological anatomy of animals: textbook / [A. J. Mazurkevich, P. P. Urbanovych, N. S. Vasylyk, etc.]. – Vinnytsia: Nova kniga, 2008. – 343 p.

6. Pathophysiology of animals: textbook / [A. Y. Mazurkevich, V. L. Tarasevich, V. B. Danilov, etc.]. - K.: Agroosvita, 2013. - 413 p.

7. Biotechnology: Textbook / V.G. Gerasimenko, M.O. Hera Simenko, M.I. Tsvilikhovsky and others; Under the municipality ed. V.G. Hera Simenko. — K.: Firm "INKOS", 2006. — 647 p.

Анотація. *Нами встановлена досить важлива роль кальцій-протеїдних комплексів крові при лактації. Досліджували високопродуктивних корів з надоєм до 6000 кг молока і з надоєм 2000-3000 кг за лактацію. Виявилось, що у високопродуктивних корів в крові комплексів було значно більше, ніж у середньопродуктивних, тоді як вміст загального кальцію в крові корів в процесі лактації змінювався як у перших, так і других незначно. Кількість кальцію, зв'язаного з альбумінами, при лактації помітно знижується і в сухостійний період стає найнижчим (в 6 разів менше проти норми). В крові високожирномолочних корів (джерсеїв) вміст холестерол-альбумінових комплексів завжди вищий (на 20% та більше), ніж у помірно жирномолочних (наприклад, чорно-рябих). Кількість фосфатид-протеїдних комплексів у перших завжди була вища на 30% та більше, ніж в інших, не дивлячись на те, що вміст загального білку у сироватці менше у джерсеїв, ніж у чорно-рябих корів. При зниженні надоїв здатність альбумінів крові зв'язувати фосфатиди у високожирномолочних джерсейських корів завжди була вищою на 30-40%, ніж у чорно-рябих. Результати досліджень вказують на те що в крові тільних корів майже увесь холестерол знаходиться у вигляді комплексів з білками і перш за все з альбумінами сироватки. При хворобах тварин (ендометрит, парез, затримка посліду тощо) кількість цих біокомплексів різко зменшується, а вміст вільного холестеролу різко зростає (іноді у 8-10 разів проти норми). Одночасно кількість холестерол-глобулінових комплексів у хворих тварин наростає.*

Ключові слова: *біокомплекси, білки, нуклеїнові кислоти, жир, організм, тварини, клітини*

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-004
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-004

УДК 619:615.31:637.83

CALCIUM- AND MAGNESIUM-PROTEIN COMPLEXES OF KERATIN FORMATIONS IN THE BLOOD OF FARM ANIMALS IN CONNECTION WITH DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY

КАЛЬЦІЙ- І МАГНІЙ-БІЛКОВІ КОМПЛЕКСИ КЕРАТИНОВИХ УТВОРЕНЬ В КРОВІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗВИТКОМ ТА ПРОДУКТИВНІСТЮ

Koval T.V., / Коваль Т.В.
c.a.s., as.prof. / к.с.н., доц.
ORCID: 0000-0002-7132-5887
Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,
d.a.s., prof. / д.с.н.. проф.
ORCID: 0000-0002-8178-207X
Publons: AAF-5445-2019
KostashV. B. / Косташ В.Б.
c.a.s., / к.с.н.
ORCID:0000-0002-2182-7723
Higher education institution « Podolsk State University», Kamianets-Podilskyi, Shevchenko,13,32300 Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Abstract. *Research results indicate that natural labile protein biocomplexes of calcium, which are formed by the type of ion exchange adsorption, constantly occur in the body of farm animals. They exist in the composition of wool, hoof and head horn. Hair keratins are especially rich in calcium in young animals. It has been established that all keratin formations in farm animals contain magnesium and calcium. Most of all calcium (400-200 mg%) is in the dry matter of the wool and less (100-150 mg%) - in the head and hoof horn. With age, its content decreases on average from 400-500 to 200-250 mg% per dry substance. This is especially noticeable in the first 4-5 months of life of calves after the change of juvenile hair cover. Bovine head horn keratins that formed at a young age were also found to be significantly richer in calcium than those that formed later. Calcium enrichment of wool and horn keratins was also noted in young animals. With age, it noticeably decreased. In contrast, the content of more stable calcium and magnesium-protein complexes in the blood of calves increased in the first months of life. It was higher under favorable seasonal feeding and maintenance conditions and sharply decreased during disturbances or during periods of increased physiological stress.*

Key words: *keeping, feeding, animals, keratins, calcium, magnesium, wool, hoof.*

Introduction.

An important role is played by the research of biocomplexes of calcium and magnesium with serum proteins and keratins in farm animals. In a number of works [1, 2, 6], the conditions of their occurrence and stability were investigated. It is shown that they easily occur during the precipitation of proteins in a neutral environment. In this regard, almost all the calcium and magnesium of milk and blood serum is found in the precipitates of proteins obtained under the action of acetone and alcohol, and the calcium of milk is precipitated together with casein under the action of rennet in a neutral environment. Significant amounts of calcium and magnesium cations added prior to precipitation are also found in protein precipitates. The main mass of metal-protein complexes that are formed in this case. Labile: calcium and magnesium cations are 80-95% displaced from them by hydrogen ions during

washing of sediments with acid solutions. Thanks to this, during precipitation with acetic (casein), as well as trichloroacetic and sulfosalicylic acids (whey proteins), only up to 20% of the total calcium content is found in protein sediments. Like a hydrogen ion, sodium and ammonium ions taken in high concentrations displace calcium from compounds with proteins. Most of these labile complexes are formed as a result of ion exchange adsorption of calcium cations on protein sediments. They are absent in native biological fluids.

The dynamics of biocomplexes of magnesium and calcium with serum proteins, which are not destroyed by the action of sulfocation, is followed in the paper [4]. In autumn, in young cattle older than six months with optimal physiological condition, 40-50% of serum magnesium and calcium is in the composition of biocomplexes with proteins. At this time, the free forms of both cations prevail over the bound ones by no more than 1.5 times. In the spring, the closer to the end of wintering and the more depleted vitamin reserves in the body, the less biocomplexes of magnesium and calcium remain in the blood of young animals.

Research results.

At the same time, we found that from 5 to 30% of calcium and up to 60% of magnesium in blood serum can be bound into strong natural biocomplexes with native proteins. They are not destroyed by precipitation with trichloroacetic acid, as well as under the conditions of calcium binding by ammonium oxalate.

The dynamics of biocomplexes of this stable type in the blood of farm animals in connection with their development and productivity are described in works [3, 5, 7]. A sharp change in their content was established in connection with the processes of lactation and egg production.

It should be noted that in the blood serum of cattle, analytical methods revealed calcium biocomplexes, which have a slightly greater lability. Leaving biocomplexes in solution, they removed free calcium from blood serum by adsorption. From 14 to 45% of calcium is not absorbed by the cationite and, accordingly, is part of the native complexes with a higher stability constant than those formed on the surface of the ion exchange resin. The amount of calcium not adsorbed by the cationite in the blood of cows is on average two times more than in the sediments under the action of trichloroacetic acid. In addition to the stable compounds of calcium with proteins described above, it contains its biocomplexes, which have sufficiently high stability constants, but can be destroyed by acids. They are not completely opened in protein precipitates obtained by using acid precipitants. Calcium is equally distributed between both forms of complexes.

Research results indicate that natural labile protein biocomplexes of calcium, which are formed by the type of ion exchange adsorption, constantly occur in the body of farm animals. They exist in the composition of wool, hoof and head horn. The keratin base of these formations, like synthetic ionites, is insoluble in water and organic solvents and has a permanent internal structure. Free amino and carboxyl groups of keratins give them the properties of polyfunctional ions, which are able to form bonds with divalent cations.

It has been established that all keratin formations in farm animals contain magnesium and calcium. Most of all calcium (400-200 mg%) is in the dry matter of

the wool and less (100-150 mg%) - in the head and hoof horn. Shredded head and hoof horn, like wool, actively absorbs calcium ions from aqueous solutions. These artificial and natural calcium complexes are destroyed at a sufficiently high concentration of hydrogen, sodium and potassium ions.

Numerous features of the physiological state of animals significantly affect the ability of their proteins to form biocomplexes of magnesium and calcium of all characterized types. A spring decrease in the content of magnesium biocomplexes was also observed in adult lactating cows. Here it developed, moreover, during lactation and was detected in animals examined in the same season of the year, at different stages of the productive cycle. The connection with the development and productivity of animals was also revealed during the study of keratin biocomplexes of calcium, built according to the type of ion exchange adsorption. It was found that with a high content of calcium in the wool of cows, their newborn calves differ in the same sign. So, binding of calcium by hair keratins in the fetus and the mother is regulated by some common factors.

Hair keratins are especially rich in calcium in young animals. With age, its content decreases on average from 400-500 to 200-250 mg% per dry substance. This is especially noticeable in the first 4-5 months of life of calves after the change of juvenile hair cover. Bovine head horn keratins that formed at a young age were also found to be significantly richer in calcium than those that formed later.

With an incorrect ratio with phosphorus or with a lack of calcium in the feed, calcium accumulates in the wool of cows [8,9]. According to the author, this is accompanied by its disappearance from the composition of bones and blood serum. He observed a similar condition in cows of the Dutch breed with a content of more than 240 mg% calcium in black hair. In healthy animals, they contained from 180 to 235 mg% of this cation.

Studying calcium in the wool of the farm's black-spotted cows, we found a favorable physiological state in most animals with an annual milk yield below 4,500 kg. In cows with higher productivity, they are noted only in 20% of cases.

In highly productive animals from farms in the Chernivtsi region, with a milk yield of less than 6,000 kg, this condition was also found in only 30% of the herd. And, finally, in particularly productive animals of this farm (more than 6,000 kg of milk per year), the level of calcium in the wool was always higher than normal.

Thus, disturbances of mineral metabolism associated with feeding or increased productivity in cattle were accompanied by the accumulation of calcium in the labile keratin biocomplexes of their wool.

Conclusions.

Calcium enrichment of wool and horn keratins was also noted in young animals. With age, it noticeably decreased. In contrast, the content of more stable calcium and magnesium-protein complexes in the blood of calves increased in the first months of life. It was higher under favorable seasonal feeding and maintenance conditions and sharply decreased during disturbances or during periods of increased physiological stress.

References

1. Determination of motor activity in animals / [Vol. I. Prystupa, V. V. Danchuk, V. A. Dobrovolskyi, V. I. Karpovskyi]. – KamianetsPodilskyi: Typography of PDATU, 2015. – 39 p

2. Interior of farm animals / [Y. Z. Siratsky, E. I. Fedorovych, B. M. Hopka, V. S. Fedorovych]. - K.: Higher education, 2009. - 280 p.

3. O. I. Kononskyi Biochemistry of animals / O. I. Kononskyi. - K.: Higher School, 1994. - 439 p

4. Pathological physiology and pathological anatomy of animals: textbook / [A. J. Mazurkevich, P. P. Urbanovych, N. S. Vasylyk, etc.]. – Vinnytsia: Nova kniga, 2008. – 343 p.

5. Pathophysiology of animals: textbook / [A. Y. Mazurkevich, V. L. Tarasevich, V. B. Danilov, etc.]. - K.: Agroosvita, 2013. - 413 p.

6. Biotechnology: Textbook / V.G. Gerasimenko, M.O. Hera Simenko, M.I. Tsvilikhovsky and others; Under the municipality ed. V.G. Hera Simenko. — K.: Firm "INKOS", 2006. — 647 p.

7. Sydorenko O. V. Polymorphism of estrogen receptor (ESR) and melanokeratin4 (MC4R) genes in pigs: author's abstract. thesis for obtaining sciences. candidate's degree s.-g. Sciences: specialist 03.00.15 "Genetics" / O. V. Sydorenko. – Chubynske, 2011. – 20 p

8. Chen M. Different allele frequencies of MC4R gene variants in Chinese pig Breeds / M. Chen // Arch. Tierz. – Dummerstorf. – 2004. – Vol. 47, № 5. – P. 445.

9. Lysozyme activity and biological indicators of blood in bulls of various breeds origin / Sevastyanov A. G., Kirovych N. A., Balanenko V. O., Volodivshchuk V. P.//Animal husbandry of Ukraine. – 2009. – No. 12–- P.12–14

Анотація. *Результати досліджень вказують на те, що в організмі сільськогосподарських тварин постійно виникають природні лабільні білкові біокомплекси кальцію, які утворені за типом йоннообмінної адсорбції. Вони існують в складі шерсті, копитного і головного рогу. Кератини шерсті особливо багаті кальцієм у молодих тварин. Встановлено, що всі кератинові утворення у сільськогосподарських тварин містять магній і кальцій. Більше всього кальцію (400-200 мг%) знаходиться в сухій речовині шерсті і менше (100-150 мг%) – в головному і копитному рогові. З віком вміст його знижується в середньому від 400-500 до 200-250 мг% на суху речовину. Особливо різко це помітно в перші 4-5 місяців життя телят після зміни ювенального волосяного покриву. Кератини головного рогу великої рогатої худоби, які сформувались в молодому віці, також виявились значно багатшими на кальцій, ніж ті, які з'явились пізніше. Збагачення кальцієм кератинів шерсті і рогу відмічалась також у молодих тварин. З віком вона помітно знижувалась. На противагу цьому вміст більш стабільних кальцій- і магній-білкових комплексів у крові телят наростав в перші місяці життя. Він був більш високим при сприятливих сезонних умовах годівлі і утримання та різко знижувався при порушеннях або в періоди підвищеного фізіологічного напруження.*

Ключові слова*: утримання, годівля, тварини, кератини, кальцій, магній, шерсть, копито.*

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-007
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-007

EVALUATION OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF MEAT PASTE
ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ

Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,
d.a.s., prof. / д.с.н.. проф.
ORCID: 0000-0002-8178-207X
Publons: AAF-5445-2019
Fedoriv V.M. . /Федорів В.М.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
Higher education institution « Podolsk State University», Kamianets-Podilskyi, Shevchenko,13,32300 Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Abstract. *The results of technological features, flow lines and modes of sterilization of meat pastes are given. Thanks to the development of a new method of aseptic canning, it became possible to intensify the heat treatment of the product and, as a result, to reduce its harmful effect on the quality of the canned products. Also, the method of sterilization of products in the stream is gaining wide demand. When producing canned goods from products with a uniform structure, it is possible to apply heat treatment of the product in the flow as it moves through the product pipeline. The technological process of sterilization takes place in accordance with general physical, chemical and physico-chemical laws. There is a well-known technology of processing food products with high pressure, which contributes to the successful suppression of the vital activity of vegetative cells of microorganisms, but it is less effective in inactivating bacterial spores and enzymes. In addition, this technology allows processing only small volumes of the product, and its implementation requires expensive installations. Domestic authors proposed a technology for the sterilization of liquid food products, according to which the product is passed between the electrodes of the sterilizer with simultaneous exposure to electric current with alternating pulse polarity. The technology provides electroplasmolysis of cell cultures, removal of products of electrochemical decomposition and preservation of nutritious components of the product.*

Key words: *technology, sterilization, meat, pate, heat treatment, food products.*

The line for the production of pate begins with a complex of equipment for the preparation of meat raw materials, consisting of a defrosting chamber, a table for deboning turkey meat and a capacity for collecting sintered meat. Next is a complex of equipment for grinding raw meat, consisting of a meat grinder. The main one is a set of equipment for mixing and salting meat raw materials, consisting of a mixer, a cutter and a brine mixing unit. One of the most important is the complex of equipment for packing and rolling cans, which includes dispensers, a packing machine, a weighing device and a rolling machine. Next is a complex of equipment for sterilization of canned goods, consisting of a stacker and vertical sterilizers.

The complex is completed by the finishing equipment of the line, which includes a sorting table, a labeling machine, a machine for lubricating cans with vaseline and a packing table. Meat raw materials that arrive in a frozen state are thawed under certain conditions and sent to conveyor 1 for deboning and sinewing. Here the separation of muscle, connective and adipose tissue from the bones occurs, as well as the separation of cartilage, fat, tendons, bones and blood vessels.

Tenderloin meat enters the meat grinder 2, where it is chopped into separate pieces. On tray 3, pieces of meat are sent to the meat dispenser 4, and with the help of salt and pepper dispensers 5 and fat 6, the appropriate ingredients are added in certain

proportions. After their control weighing on scales 7, cans filled with all components are fed into a vacuum rolling machine 8, in which the rolling operation is carried out in a vacuum chamber at a vacuum of 58...66 kPa.

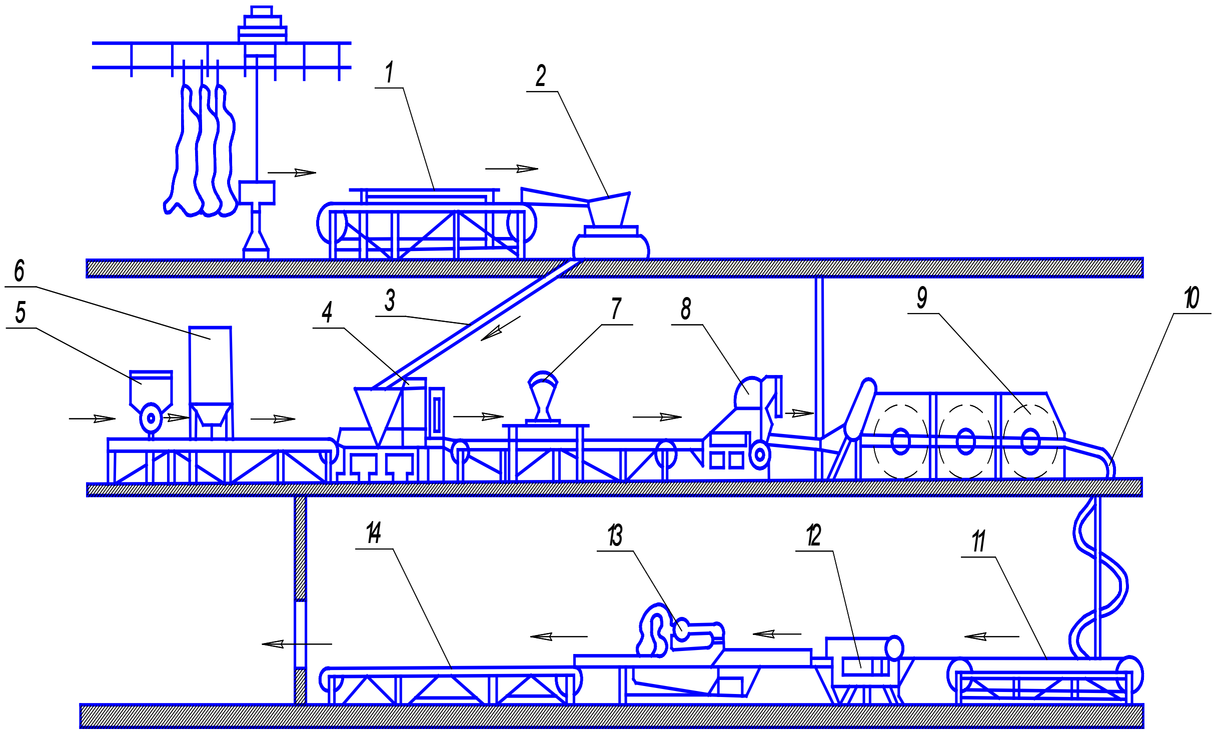


Fig. 1. Hardware - technological scheme for the production of pate from poultry meat

After rolling, the cans are sent to the autoclave 9, where the cans are sterilized under a pressure that exceeds the pressure of saturated steam at a sterilization temperature of 115 °C. With the help of a tray 10, canned goods that have undergone heat treatment are delivered to the sorting table 11 to detect defects and leaks in cans. After cooling, paper labels are pasted on the cans using a labeling machine 12.

Cans intended for further storage, to avoid corrosion, are covered with anti-corrosion grease (technical vaseline) on the machine 13 for lubricating cans and sent to the conveyor table 14. Cans sent directly to sales are not covered with grease.

Depending on the sterilization temperature, the pressure that occurs in the can during heating, and the type of container, canned goods are sterilized either in open devices at atmospheric pressure or in closed devices using excess pressure. To carry out the sterilization process in autoclaves, saturated water vapor and heated water are usually used as a heat carrier, and in pasteurizers and sterilizers of continuous action, water vapor, heated water and high-temperature organic substances (glycerol, ethylene glycol, etc.) are used [10]. The main disadvantages of this method include: significant duration of heat treatment, measured in tens of minutes, and it is different for cans of different sizes; impossibility of sterilizing canned goods in large containers (for example, in cans of 10 liters or more); the periodicity of processing (for autoclaves), which complicates the creation of flow-through automated lines for the production of canned goods; deterioration of the quality of canned goods due to the need to expose the product long heat treatment; inhomogeneity of heat treatment,

due to which the outer layers of the product are greatly overheated compared to the inner ones, which leads to a deterioration in the quality of canned goods.

Also known [13] is the "hot filling" method, which is used in the production of some canned goods (mainly of a homogeneous consistency) in large containers (3 liters or more) mainly for the needs of public catering. The method is very simple to implement, but has a number of significant drawbacks. It can practically be used only for products of a homogeneous consistency (natural juices, juices with pulp, tomato products, etc.), packaged in containers with a capacity of more than 3 liters, although there is some information in the literature about the use of this method for heterogeneous products . In addition, for metal containers, the high temperature of packaging the product leads to the occurrence of vacuum deformation of the can body after cooling and the lack of products, and for glass containers, the high temperature threatens the container with thermal damage.

Recently, aseptic canning has become widely in demand. This method [1,3, 11] is based on a new principle of heat sterilization of food products. Thanks to the development of a new method of aseptic canning, it became possible to intensify the heat treatment of the product and, as a result, reduce its harmful effect on the quality of the products being canned. However, although the aseptic method of canning is one of the promising methods, it has not yet gained widespread use in the practice of canning production for various reasons, one of which is the technical difficulty of creating aseptic conditions when packing and sealing the product in a container, as well as the fact that this the method can be used for canned goods of homogeneous consistency.

Also, the method of sterilization of products in the flow is gaining wide demand. In the production of canned goods from products with a homogeneous structure, it is possible to apply heat treatment of the product in the flow as it moves through the product line [7]. Products are heated in various types of heat exchangers (tubular, plate with rotators, etc.). Such heat treatment can be used practically for canned goods of a homogeneous consistency and, moreover, is associated with packaging complications that do not exclude secondary contamination of the product with microflora.

The technological process of sterilization takes place in accordance with general physical, chemical and physicochemical laws. The application of these laws to one or another process allows to create a theory of this process and methods of designing devices for its implementation. The law of conservation of mass in the science of processes and devices takes the form of a material balance: the amount of materials entering the device must be equal to the number of final products obtained as a result of the process. The energy balance is based on the law of conservation of energy: the amount of energy introduced into the process (energy input) is equal to the amount of energy released (output). This refers to thermal, mechanical, electrical and other types of energy. Most often, in practice, they make an energy balance. The heat balance equation usually determines the amount of heat that must be introduced into the process for its implementation. During various technological operations, the main role belongs to transfer processes. In a thermal process, the object of transfer is thermal energy. The efficiency of energy transfer in this process depends on speed.

The speed of the process is the amount of heat transferred in the apparatus through a unit of area per unit of time. The most common heat carrier in food production is water vapor. Its positive property is the practical constancy of heat content with variable pressure. This property of water vapor makes it possible to repeatedly and optimally use its energy in a series of devices with gradually decreasing pressure[2].

Improving the process of thermal sterilization of canned foods is an urgent task of obtaining products of high nutritional and biological value with scientifically based heat treatment regimes [5]. Sterilization of canned foods according to scientifically based regimes is the basis of ensuring high sanitary and hygienic indicators of their quality. Thermal preservation regimes should guarantee the death of pathogenic and toxicogenic microorganisms and microflora, which causes spoilage of products [11].

For any heat exchange device, the indicator of the intensity of the heat process is the value of the heat transfer coefficient, which is determined by the known ratio (for the sterilization device):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{a_2}}, \qquad (1.1)$$

where a_1 coefficient of heat transfer from the heating medium to the surface of the jar, W/m2·degrees;

δ_1 – thickness of the can wall, m;

δ_2– the thickness of the product or the inner radius of a can for canned goods of a thick consistency in a cylindrical container, m;

λ_1, λ_2– coefficients of thermal conductivity of the material of the can wall and the product, respectively, W/m·degree;

a_2– coefficient of heat transfer from the wall to the product, W/m2·degree.

In the process of sterilization of canned food $\frac{\delta_1}{a_1}$ i $\frac{\delta_2}{a_2}$ can be considered constant, therefore the value of the heat transfer coefficient "K" mainly depends directly proportionally on the values a_1 and a_2. It is known from the literature [12] that the coefficients a1 and a2 are determined by the hydrodynamic regime that occurs near the can wall, i.e., the Reynolds criterion

$$R_e = \frac{V \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \qquad (1.2)$$

In addition, it is known that a1 and a2 have the largest values in the turbulent regime. Therefore, a change in the specified values is associated with a change in the value of the speed "V". A change in the flow rate near the heat exchange surface during sterilization of canned goods is achieved by rotation or vibration of the container.

For the first time (1935-36) on increasing the coefficient of heat transfer from rotating tubes of different diameters (d = 8…50мм) into the air during free convection reported [1,9]. The heat transfer from single tubes located parallel to the axis of rotation at a distance was investigated R = 160 i 330 мм, as well as from tubes rotating around their axis during free convection. As a result of these studies [13], the formula was proposed:

$$N_u = 0{,}31R_м^{0{,}6}\left(\frac{d}{R}\right)^{0{,}1}, \qquad (1.3)$$

where d– diameter of the tube;

R– turning radius;

Nu– Nusselt's criterion.

A study on determining the influence of vibration on heat transfer by convection was conducted [6]. He used wires through which electric current was passed as heating elements. The wires heated the air. Lemlich's study of the heat exchange process established that the heat transfer coefficient can be increased by almost 4 times with the help of vibration. He established the dependence of heat transfer on the mode of vibration:

$$\frac{a}{a_1} = 0{,}75 + 0{,}0031\frac{R_e^{0{,}25}(\beta \cdot \Delta t)}{G_R^{0{,}41}}, \qquad (1.4)$$

where a_1– heat transfer coefficient without vibration;

G_r– Grashoff's criterion;

β– coefficient of linear expansion;

Δt – temperature difference.

The author of [5] investigated the process of heat exchange of a vibrating cylinder with d = 20 mm in a forced gas flow, and established that in this way the heat transfer coefficient can be increased almost 6 times. Buznyk received this dependence in the following form:

$$N_n = 0{,}0436R_e^{0{,}815}, \qquad (1.5)$$

The issue of intensification of technological processes with the help of vibration was first investigated [8] in 1952 at the Kyiv Technological Institute of the Food Industry, and the influence of vibrations on the intensification of the heat exchange process during the sterilization of milk cans was investigated, where a criterion dependence was established between the coefficient of heat transfer from the wall to the product and the quadratic speed vibrations for canned milk with different thermophysical properties:

$$N_n = 0{,}026P_c^{0{,}815} \cdot P_ч^{-0{,}3}, \qquad (1.6)$$

де P_c– the Péclet criterion;

$Pч$– Prandtl criterion.

The researcher [3] established the efficiency of heat treatment when the can is rotated both around its axis and when rotated from the bottom to the lid for the same product under the same conditions. At the same time, one cannot talk about the advantage of one type of rotation of the can without taking into account technological requirements for finished products.

It is proposed to use a five-channel rotary carrier in continuous-acting devices. As a result of the study of the cooling process of tomato paste in can No. 14, it was established that during rotation, uniform cooling is obtained, the temperature difference in the center of the product for different cans is 1...1.5 °C[9].

It is noted that with reverse rotation, the duration of sterilization of canned meat is reduced by 25-40%, and at the same time, the quality of products improves[4].

According to the new method, the influence of the rotation of the can on the heating of its contents was studied. This technique is as follows: the sterilizing effect is determined for one arbitrarily chosen reference mode, according to which the studied products are sterilized, and by comparing the obtained values of A-effects, the efficiency of rotation for a given type of product is judged [1,7].

Also, there is a known technology [34] of processing food products with high pressure, which contributes to the successful suppression of the vital activity of vegetative cells of microorganisms, but it is less effective in inactivating bacterial spores and enzymes. In addition, this technology allows processing only small volumes of the product, and its implementation requires expensive installations.

Effects capable of destroying microflora also include ionizing radiation [1,6], which have high energy and are able to cause ionization of electrically neutral atoms and molecules and stimulate the same type of chemical reactions in irradiated materials. In practice, two types of ionizing radiation are used - X-rays and γ-rays.

Ultraviolet radiation is also used to suppress the vital activity of microorganisms, because due to their high energy, they create a significant chemical (at a wavelength of 400-330 nm) and biological (at a wavelength of 330-200 nm) effect. The region of ultraviolet rays with a wavelength from 295 to 200 nm is called bactericidal, since the rays of this region have the greatest effect on viable cells of microorganisms. Ultraviolet rays are used to sterilize containers and liquid food products, provided they are processed in a thin layer [2].

Microorganisms in food products are also affected by infrared radiation. For this purpose, the flow of liquid and homogeneous food products is processed in pasteurizers equipped with infrared emitters [2,3].

Effects capable of destroying microflora also include the processing of food products with electric discharges [9] and electric alternating current of high and ultra-high frequencies.

Domestic authors proposed a technology for the sterilization of liquid food products, according to which the product is passed between the electrodes of the sterilizer with simultaneous exposure to electric current with alternating pulse polarity. The technology provides electroplasmolysis of cell cultures, removal of products of electrochemical decomposition and preservation of nutritious components of the product.

Ultra high frequency heating is also effective. The electromagnetic field of the microwave range penetrates to a considerable depth into the processed material and thereby creates a power distribution of heat sources. Microwave heating is practically gradient-free and allows obtaining very high rates of temperature increase, which are limited by uneven heating due to the complex composition and properties of the processed products. Research conducted by domestic authors on the impact of a pulsed microwave field on the viability of microorganisms showed that in experimental samples, with a total pulse exposure for 0.8-1.0 seconds and slight thermal heating, the content of microorganisms decreases: at a temperature of 20-22 °C - by 20 %, at 28-33 °C–by 70%, at 42-44 °C the development of microorganisms was not observed. It should be noted that the application of HF and HF processes in practice for preserving food products is limited by the complexity of the equipment,

high financial costs for conducting the process, and difficulties in controlling the temperature regime in the container with the product.

Conclusions.

Improving the process of thermal sterilization of canned goods is an urgent task of obtaining products of high nutritional and biological value with scientifically based heat treatment regimes.

References

1. V.P. Lyasota, T.I. Bakhur, M.V. Utechenko, M.M. Fedorchenko, I.O.Rublenko, N.V.Bukalova, N.M. Bogatko, A.A. Antipov, S.A. Tkachuk, T.M. Prilipko, N.I. Sakhniuk, A.F. Bogatko Effect of a complex prebiotic preparation on the preservation, growth intensity and microflora in rabbits' intestine. Ukrainian Journal of Ecology, 6-11, doi: 10.15421/2020_250
2. Prylipko T., Koval T., KostashV., Tocarchuk T., Tsvihun A., Optimization of recipe turkey meat pate. Carpathian journal of food science and technology. Vol. 12, Nr.(4),2020 p. 98-112. ISSN-L 2066 -6845.http://chimie-biologie.ubm.ro/carpathian_journal/index.html
3. Prylipko T., Kostash V., Koval T., and ather. Modeling of microbiologicaln and biochemical processes under the conditions of steam contact sterilization in containers of turkey meat pate. Independent journal of management & production. Vol. 12, Nr.(3),2021 p. 318-334. ISSN: 2236 -269X. // http://www.ijmp.jor.br. DOI:10/14807/ijmp.v12i3.1444.
4. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. International Journal of Agricultural Extension.- Special Issue (02) 2021. p.83-91
5. Kotsiumbas, H. I., Shcherbakovska, O. M., & Kotsiumbas, I. Ia. (2012) Ekspertyza kovbasnykh vyrobiv histolohichnym metodom. Lviv. 103 p.
6. Artyukh, T.M. Theoretical foundations of commodity science [electronic resource] textbook / T.M. Артюх, I.B. Grigorenko. НУХТ, 2014. - 263 с.
7. Pat. No. 83518 Ukraine, IPK9 A 23B4/00. Canned pate from turkey meat / Prylipko T.M., Kutsy V.M.; the applicant and patent owner Kutsiy V.M. - No. u201304965; statement 04/18/2013; published 10. 09.2013, Bull. No. 17/2013.
8. Pat. No. 84152 Ukraine, IPK9 A23B4/00. Mode of sterilization of canned pastes / Prylipko T.M., Kutsy V.M. ; the applicant and patent owner Kutsiy V.M. - No. u201304964; statement 04/18/2013; published 10.10.2013, Bull. No. 19/2013.
9. Prylipko T.M., Kutsy V.M. Preserved pate from turkey meat "Podilskyi": TU U 10.1-22769675-001:2013. - [Effective from 2013-11-19].- Lviv: TC No. 132 of the Derzhspozhivstandartu of Ukraine, 2013. 10 p. (Specifications).
10. I.P. Palamarchuk, Yu.A. Polevoda, V.M. Short. Mathematical modeling of the heat and mass transfer process under the conditions of steam contact sterilization of products in a cylindrical container. Engineering, energy, transport, agriculture, VNAU. 2017. P. 64-70
11. O.V. Tsurkan, A.Yu Gurich, Yu.A Polevoda Justification of the technological and structural scheme of an autoclave with an aerodynamic intensifier.

Scientific works of ONAKHT, Volume 2(46), 2014.

12. Y.G. Sukhenko, I.P. Palamarchuk, MM Zheplinska. Reliability of food industry equipment: a study guide. CPU "COMPRINT" 2019.

13. GM Kaletnik, VP Yanovych. Prospects for the development of vibrating machines for primary processing of agricultural raw materials. VNAU. 2017. 296 p.

Анотація. *Наведені результати особливостей технологічних особливостей, потокових ліній та режимів стерилізації мясних паштетів. Завдяки розробці нового методу асептичного консервування, з'явилася можливість інтенсифікувати теплову обробку продукту і, в результаті, зменшити її шкідливий вплив на якість продукції що консервується. Також, широкого попиту набуває спосіб стерилізації продуктів у потоці. При виробленні консервів з продуктів, що мають однорідну структуру, можливе застосування теплової обробки продукту в потоці по мірі руху його в продуктопроводіТехнологічний процес стерилізації відбувається відповідно до загальних фізичних, хімічних та фізико-хімічних законів. Відома технологія]обробки харчових продуктів високим тиском, що сприяє успішному придушенні життєдіяльності вегетативних клітин мікроорганізмів, але вона менш ефективна в інактивації спор бактерій і ферментів.Крім того, ця технологія дозволяє обробляти тільки невеликі обсяги продукту, а для її здійснення потрібні дорогі установки. Вітчизняними авторами запропонована технологія стерилізації рідких харчових продуктів, згідно з якою продукт пропускають між електродами стерилізатора з одночасним впливом електричного струму із чергуванням полярності імпульсів. Технологія забезпечує електроплазмоліз клітинних культур, видалення продуктів електрохімічного розкладу і збереження живильних компонентів продукту.*

Ключові слова: *технологія, стерилізація, м'ясо, паштет, теплова обробка, харчові продукти.*

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-024
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-024

УДК 633.15:631.527.5:006.83

INFLUENCE OF STORAGE METHODS ON THE QUALITY OF CORN GRAIN OF DIFFERENT HYBRIDS

ВПЛИВ СПОСОБІВ ЗБЕРІГАННЯ НА ЯКІСТЬ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГІБРИДІВ

Zavadska O./Завадская О.В.
c.a.-g.s. as.prof./к. с.-г.н., доц.,
ORCID: 0000-0002-5409-0115
Bondareva L. / Бондарева Л.М.
c.a.-g.s. as.prof./к. с.-г.н., доц.,
ORCID: 0000-0002-8171-2338
Ivashchenko Yu./ Іващенко Ю.В.
st. / студент
НУБіП України, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, 03041
NULES of Ukraine, Kiev, Geroïv Oborony, 13, 03041

Анотація. *У статті наведено результати дослідження зміни енергії проростання та схожості зерна кукурудзи трьох гібридів, вирощених в умовах Полісся України, залежно від способів та термінів зберігання. Встановлено, що на інтенсивність зміни технологічних показників зерна кукурудзи суттєвіше впливають способи зберігання, порівняно з сортовими особливостями. Досліджено, що протягом перших трьох місяців зберігання енергія проростання зростає на 15-26 %, а схожість – на 10-13 %, залежно від сортових особливостей та умов зберігання, Надалі протягом зберігання досліджувані показники якості зерна знижуються, суттєвіше в умовах звичайних сховищ.*

Ключові слова: *кукурудза, зерно, гібрид, енергія проростання, схожість, якість, зберігання, способи зберігання*

Через високу потенційну врожайність, генетичну різноманітність, універсальність використання та різноманітні способи реалізації кукурудза є найпоширенішою культурою у світовому рослинництві [1,5]. Вона приваблива для усіх виробників, незважаючи на об’єми, її вирощують як крупні, потужні компанії, агрохолдинги, так і невеликі фермерські господарства. В Україні кукурудза займає перше місце серед зернових з часткою виробництва близько 45 %, тоді як пшениця – 37 % [5].

Весь вирощений урожай доводиться зберігати протягом певного періоду. За теперішніх умов, у зв’язку з військовим станом та блокуванням портів для експорту, питання логістики та зберігання зерна є надзвичайно важливими. Для гарантування тривалого зберігання без значних втрат у кількості та якості зерна, можливості його безпечного експортування, важливе значення мають способи зберігання [1,4].

Порівняно новим способом зберігання зерна, що дозволяє мінімізувати енергетичну складову та початкові капіталовкладення, є зберігання в багатошарових поліетиленових рукавах різної місткості. За даними виробників, вартість зберігання у полімерних рукавах може бути вдвічі-втричі нижчою, ніж на елеваторах. Особливо затребуваними цей спосіб зберігання стає у роки перевиробництва зерна, через нестачу площ у стаціонарних сховищах [5].

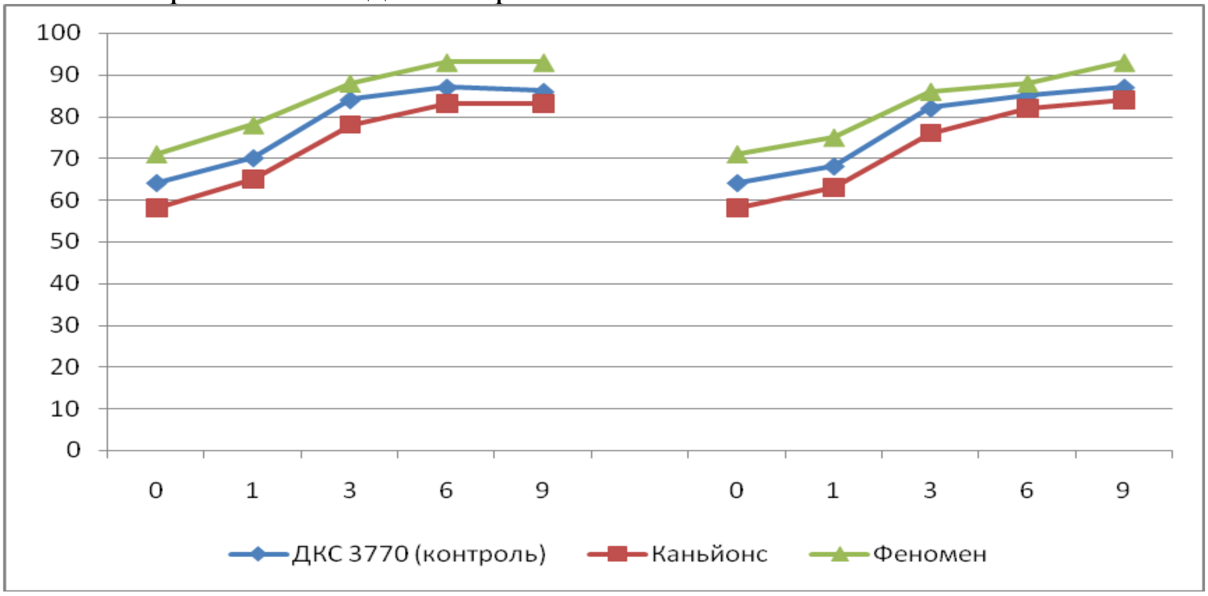
Незалежно від способів зберігання, протягом усього періоду в зерні відбуваються фізичні, біохімічні, фізіологічні процеси, які можуть призводити

до значного погіршення початкових показників якості, зниження його харчової та технологічної цінності. Успішність зберігання зерна значно залежить і від сортових особливостей [1,2,3]. Тому, дослідження впливу способів зберігання зберігання на якість зерна кукурудзи різних гібридів, є актуальними.

Методика досліджень. Дослідження в умовах СВК "Зоря» Чернігівської області, яке розташоване в зоні Полісся, протягом 2020-2021 рр. Для виконання поставлених завдань було проведено двофакторний дослід, для якого використали зерно кукурудзи іноземної селекції провідних селекційний компаній, а саме: ДКС 3770 (оригінатор компанія Монсанто) (контроль), Каньйонс (КВС) та Феном (Сингента). Всі досліджувані гібриди занесені до Реєстру сортів рослин, поширені у виробництві та придатні для вирощування на зерно в умовах Полісся.

Аналіз якості насіння та безпосередньо дослідне зберігання його проводили в навчально-науковій лабораторії кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика НУБіП України (м. Київ) за загальноприйнятими методиками [4]. Зерно зберігали протягом 9 місяців у сухому стані в умовах звичного сховища (контроль) та моделювали умови зберігання у багатошарових полімерних мішках [4].

Результати досліджень. Енергія проростання – показник, який свідчить про швидкість проростання зерна, можливість отримання дружніх, міцних та стійких до несприятливих умов сходів. Дані літературних джерел свідчать, що насіння з високою енергією проростання формує рівномірніші сходи, порівняно з тим, що має однакову схожість, але нижчу енергію проростання. Цей показник важливий і для зерна, що використовують на виробництво солоду, крохмалю чи патоки. Зміна енергії проростання зерна досліджуваних гібридів протягом зберігання наведена на рис 1.



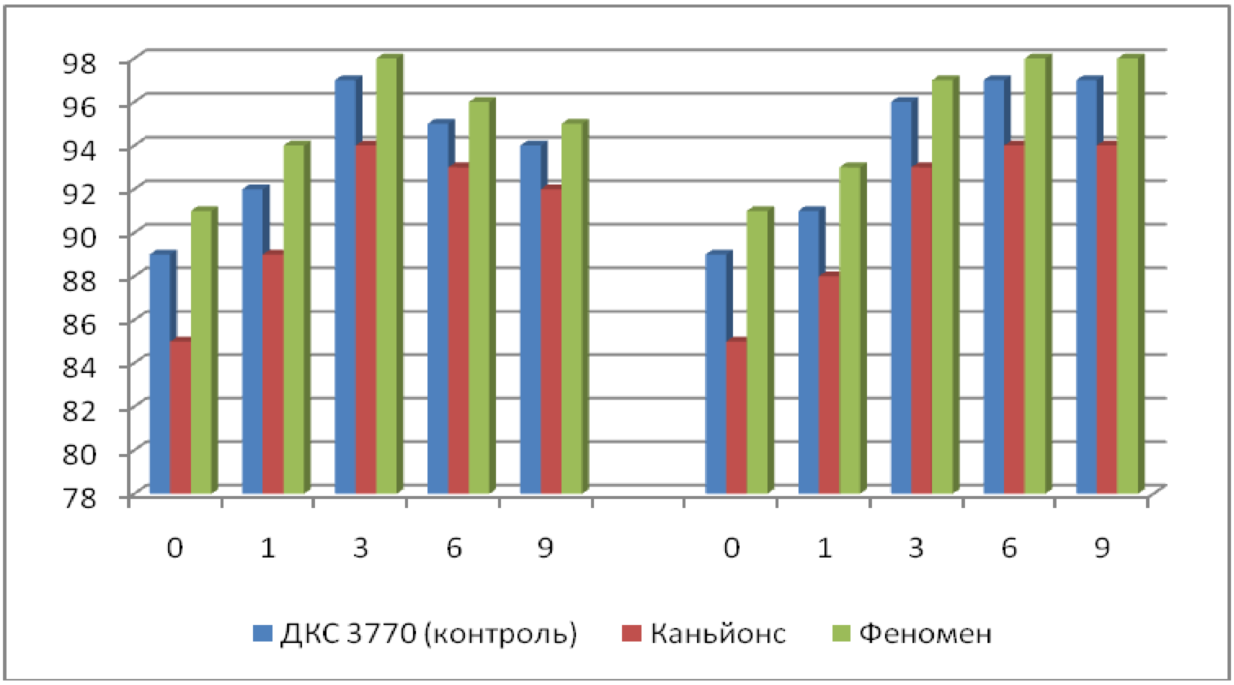
А Б

Рисунок 1 – Динаміка енергії проростання зерна кукурудзи різних гібридів залежно від способу та терміну зберігання: (%), урожай 2020 р.:

А – зберігання в умовах звичайного сховища (контроль); Б – зберігання у полімерних рукавах

Енергія проростання зерна досліджуваних гібридів залежала від термінів та способів зберігання. Найістотніше на зміну цього показника впливали терміни зберігання. Протягом перших трьох місяців зберігання відбувається поступове підвищення цього показника – на 15-26 %, порівняно з початковим значенням. Помітніші зміни в цей період відбувалися у зерна, що зберігалося в умовах звичайного сховища. Надалі, відбувалося поступове зростання енергії проростання за обох способів і в кінці зберігання цей показник вирівнявся і становив 83-93 % залежно від гібрида (зріс порівняно з початковим значенням на 23-26%). Найвища енергія проростання наприкінці зберігання виявлена у зерна гібрида Феномен – 93 %, що на 6 % більше, порівняно з контролем.

Схожість зерна, як і енергія проростання – один з показників якості, що нормується діючим стандартом не тільки для зерна насіннєвого зерна, а й для технічних цілей. Схожість зерна гібридів після проведення післязбиральної доробки була вищою, ніж енергія проростання й коливалася у межах від 85 до 91 %. Надалі в процесі зберігання схожість зростала, аналогічно як і енергія проростання. Так, протягом першого місяця зберігання цей показник підвищувався на 2-3 % й коливався на рівні 88-94 %, залежно від гібриду. Максимальних значень схожість зерна досягла через три місяці зберігання й становила 93-98 %. Надалі у зерна, що зберігалося в умовах звичайного сховища схожість дещо знижувалася (рис. 2).



А Б

Рисунок 2 – Динаміка схожості зерна кукурудзи різних гібридів у процесі тривалого зберігання залежно від способів зберігання, % (урожай 2020 р.):
А – зберігання в умовах звичайного сховища (контроль); Б – зберігання у полімерних рукавах

Подальше зберігання зерна в умовах звичайного сховища, призводило до зниження цього показника у всіх гібридів на 2-3%. Загалом схожість зерна, що зберігалося в умовах звичайного сховища, через 9 місяців зберігання становила 92-95 %, а в герметичних умовах – 94-97%.

Результати досліджень свідчать, що протягом перших трьох місяців зберігання у зерні кукурудзи відбуваються процеси післязбирального дозрівання. Інтенсивніше вони протікають у зерні, що зберігається в умовах звичайного сховища. Однак, після 6 місяців зберігання схожість його знижується на 2-3 %. За зберігання зерна у полімерних рукавах дозрівання проходить повільніше, однак і надалі схожість за таких умов зберігання поступово зростає.

У процесі зберігання маса 1000 зерен поступово знижувалася Мінімальне зниження цього показника було у зерна, що зберігали у рукавах, – на рівні 3-5 г. Загалом, через 9 місяців зберігання найвища маса 1000 зерен була у зерна гібриду ДКС 3770 (контроль), що зберігалося в полімерних рукавах, – 271 г. Втрати маси й цьому варіанті за 9 місяців становили 3 г, тоді як в умовах звичайного сховища – 7 г.

Висновок. Таким чином, динаміка показників якості зерна, які визначають придатність його для використання на насіннєві та технічні цілі, залежить від способів і тривалості зберігання. Протягом перших трьох місяців зберігання у зерні відбуваються процеси післязбиральної доробки, що спричиняє підвищення енергії проростання та схожості зерна. Інтенсивніше ці процеси відбуваються в зерні, що зберігається в умовах звичайного сховища, з добрим доступом кисню. Однак надалі спостерігається зниження посівних і технологічних показників якості, величина яких залежить від способу зберігання. Зберігання сухого зерна кукурудзи (з вологістю нижче 14 %) в полімерних рукавах у герметичних умовах призводить до мінімізації цих змін.

Література:

1. Завадська О.В., Іщенко А.М. Якість зерна кукурудзи різних гібридів / O.Zavadska, A. Ishchenko // Modern Scientific Researches. – Issue №13, Part 2, Agriculture (Yolnat PE, Minsk, 2020). – С. 88-91.

2. Завадська О.В., Іщенко А.М. Вплив сортових особливостей та умов зберігання на біохімічні показники якості зерна кукурудзи / O. Zavadska, A. Ishchenko // SWorld Journal. – вып. №7, март 2021, Часть 3. – Svishtov, Bulgaria С. 95-99.

3. Завадська О.В,. Бондарєва Л.М., Іващенко Ю.В. Динаміка вологості зерна кукурудзи залежно від умов зберігання // Modern engineering and innovative technologies. Issue 19. Part 1. 2022. – С. 99-103. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01-040.

4. Скалецька Л.Ф. Методи досліджень рослинницької сировини: навчальний посібник / Л.Ф. Скалецька, Г.І. Подпрятов, О.В. Завадська. – К.: Центр інформаційних технологій, 2013. – 242 с.

5. Подпрятов Г.І. Якість зерна кукурудзи за різних технологій післязбиральної доробки та зберігання : монографія / Г.І. Подпрятов, Н.О. Ящук, В.А. Насіковський. – К.: ЦП «Компринт», 2017. 255 с.

Abstract. *The article presents the results of the study of the change in the energy of germination and the similarity of corn grain of three hybrids grown in the conditions of Polissia of Ukraine, depending on the methods and terms of storage. It was established that the intensity of*

changes in the technological indicators of corn grain is more significantly affected by storage methods, compared to varietal characteristics. It was found that during the first three months of storage, germination energy increases by 15-26%, and germination - by 10-13%, depending on varietal characteristics and storage conditions. Further, during storage, the investigated grain quality indicators decrease, more significantly in the conditions of ordinary storage.

Key words: *corn, grain, hybrid, energy of germination, germination, quality, storage, methods of storage.*

© Завадська О.В., Бондарєва Л.М., Іващенко Ю.В.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-034
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-034

UDC 634.1/.7:631.563:663.3

SUITABILITY OF INTRODUCED APPLE VARIETIES FOR THE PRODUCTION OF JUICES AND CIDER

Kusnetsov Andryi,
researcher,
Litovchenko Oleksandr,
dr.-ing. s., professor,
Institute of horticulture of the NAASU
Voitsekhivskyi Volodymyr,
Ph.D., associate professor
Ilyashenko Andryi,
student,
National university of life and environmental sciences of Ukraine, Kiev
Bilko Marina,
dr.-ing. s., professor,
National University of Food Technologies, Kiev
Smetanska Irina,
dr.-ing. s., dr. agr. s., professor,
University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, Germany
Muliarchuk Oksana,
Ph.D., associate professor,
Yarosh Yurii,
Ph.D., associate professor,
SSS «Oleksandra Maynova Bobrovytsya professional college of NULESU»

Annotation. *The suitability of introduced apple varieties for processing into juices and ciders was analyzed. High-quality juices are obtained from apple varieties: Jonagold, Red Topaz, Relinda and Black Prince. Technological varieties with a high juice yield of more than 50%: Jonagold, Black Prince, Luna, Sirius, Rosella, Relinda, Remo, Scythian Gold. The use of the SAF CIDER yeast race contributes to the increase qualities of cider wines.*

Key words: *variety, fruits, juice, cider, chemical composition, quality.*

Introduction.

Ukraine has favorable conditions for the effective development of winemaking from fruit and berry raw materials. At the same time, an imperfect tax policy restrains the production and introduction of new competitive fruit and berry wines and drinks and causes the market to be filled with various synthetic drinks whose safety is in doubt [1, 2, 3, 7].

Recently, Ukrainian consumers prefer low-alcohol and natural wines. Thus, in the countries of Europe and the world, natural low-alcohol fruit wines are in ever-increasing demand. Thus, the production of cider and perry in some countries amounts to million dal per year: France - 38, England - 14, Switzerland - 8, Spain - 7. Ukraine is quite capable of producing high-quality low-alcohol wines from fruit and berry raw materials, the cost price of which will be low, and benefit, safety and biological value will contribute to a positive impact on people's health. Natural juices and cider contain natural polyphenols that help activate the work of the digestive organs, expand and strengthen blood vessels, lower blood pressure, normalize blood sugar levels and improve mood [3, 7].

The formation of the quality of natural juices and ciders depends on a complex of factors, the most important of which are growing weather conditions, varietal characteristics, the use of pure wine yeast cultures, etc. Therefore, the sorting of varieties is one of the effective ways of forming the planned physico-chemical and organoleptic indicators of juices and wine materials [4, 7, 8].

Research materials and methods.

The experiments were carried out at the Institute of Horticulture of the NAASU, in the laboratory of innovative food technologies. Wine materials were prepared according to generally accepted technology. Apple must was fermented with the help of pure VIVASE and SAF CIDER wine yeast cultures. After the fermentation of sugar, the wine materials were sulfited, the containers were hermetically closed and stored at a temperature of 3-5 °C. The raw material was obtained from the experimental sites of the IH of NAASU. Chemical-technological studies were carried out according to generally accepted methods in winemaking [6].

Results and their discussion.

The analysis of the obtained results showed that the juices of the studied varieties of apples differ in biochemical composition and quality (table 1).

1. Chemical-technological parameters and quality of apple juices

Variety	Content DSS[1], %	Content sugar, %	Content TA[2], %	SAI[3]	Juice output, %	TE, points
Golden	12.0	9.6	0.23	42	55.6	8
Johnagold	11.9	9.5	0.33	29	60.0	8+
Luna	11.8	9.4	0.31	30	57.4	8
Reanda	13.0	10.4	0.87	12	48.6	8
Radogost	12.0	9.6	0.64	15	48.9	8
Revena	11.0	8.8	0.49	18	50.3	8
Red Topaz	11.7	9.1	0.48	19	56.0	8++
Rosella	13.0	10.4	0.29	36	58.0	7,9
Relinda	14.0	11.2	0.48	23	57.1	8+
Remo	12.8	10.2	1.19	9	57.6	8
Renora	12.0	9.6	1.01	10	47.0	7,9
Sirius	13.8	11.0	0.44	25	59.6	8
Skifske zoloto	12.0	9.6	0.58	17	56.4	8
Orion	12.6	10.1	0.43	23	53.8	8
Black Prince	12.2	9.8	0.29	34	56.7	8+

[1]DSS – dry soluble substances, [2]TA – titrated acids, [3]SAI - sugar acid inde, [4]TE– tasting evaluation

Among the studied samples, the highest content of DSS was noted for the following varieties: Relinda, Sirius, Rosella, Reanda (more than 13%). In terms of sugar content, the following varieties had the advantage: Sirius, Rosella, Orion, Reanda, Relinda, Remo, all of which were more than 10%.

The fruits of Remo, Renor and Reand apples were characterized by an increased content of titrated acids (more than 1%). The fruits of the Golden, Black Prince, Luna and Jonah Gold varieties were characterized by low titrated acidity - 0.23-0.33%. Juices and ciders from these varieties had an imbalance in taste.

The technological suitability of the fruits for processing was characterized by the yield of juice. On average, according to the investigated varieties, it was 55%. An increased yield of juice was characterized by the following varieties: Johna Gold - 60%, above 55% (Black Prince, Luna, Sirius, Rosella, Relinda, Remo, Scythian Gold), with a lower level of suitability below 50% - varieties: Renora, Reanda and Radogost (for these varieties, the use of additional processing of the muscle with enzyme preparations is recommended).

Analyzing the organoleptic indicators of the juices of the studied varieties, it can be stated that all samples have good quality, but the most harmonious can be considered: Jonah Gold, Red Topaz, Relinda and Black Prince.

The analysis of natural ciders (without the addition of sugar) made under the conditions of micro-winemaking using different races of yeast made it possible to establish the difference in chemical and technological indicators (table 2).

2. Chemical-technological indicators of ciders made from different varieties of apples and using different races of yeast

Variety / Races of yeast	Content					TE, point
	alcohol, % об.	sugar, %	TA[1], %	PS[2], мg/dm^3	P[3], мг/дм^3	
Remo / VIVASE	6.1	0.1	1.02	0.45	275	7.9
Remo / SAF CIDER	6.3	0.1	0.94	0.42	300	8.0
Skifske zoloto / VIVASE	5.3	0.6	0.47	0.36	220	7.8
Skifske zoloto / SAF CIDER	5.7	0.5	0.46	0.31	245	8.0
Relinda / VIVASE	6.6	0.2	0.30	0.56	240	7.9
Relinda / SAF CIDER	6.9	0.1	0.29	0.50	255	8.0
Revena / VIVASE	6.2	0.2	0.35	0.34	250	7.9
Revena / SAF CIDER	6.5	0.1	0.32	0.31	265	8.0
Renora / VIVASE	5.6	0.7	0.84	0.38	200	8.0
Renora / SAF CIDER	6.4	0.5	0.54	0.32	200	8+

[1]TA- titrated acids, [2]PS – pectin substances, [3]P – polyphenols, [4]TE– tasting evaluation

The alcohol content in all wine materials is sufficient for this type. The presence of a small amount of sugars not used by yeast was observed in wine materials from the Skifske zoloto and Renora varieties, which did not significantly affect the quality.

The content of TA during fermentation decreased by 10-20%, which for juices with a high acid content had a positive effect on the organoleptic characteristics of wine materials. Samples from the Remo and Renora varieties were rougher in taste with excess acidity. Relinda cider had low TA.

The content of polyphenols varied slightly by varieties. The increased level of natural P provided a slight astringency and complemented the flavor of the Remo and Revena varieties. The content of PS during fermentation decreases by 2-3 times. The remaining amount contributed to the stability of the samples during storage.

Remo, Skifske zoloto, Relinda and Renora varieties received the highest tasting rating (8 points). Comparing the influence of the yeast race, it should be noted that the SAF CIDER race proved to be better for these varieties, its use contributed to a more complete fermentation of sugars, an intensive reduction of TA and PS, and less loss of P.

A detailed analysis of the organoleptic parameters of the studied cider wine materials from apples of foreign selection revealed that all varieties are suitable for cider production (table 3).

3. Organoleptic characteristics of cider wines (vinified by SAF CIDER yeast race)

Variety	Color	Aroma	Taste	TE*, point
Golden	straw-golden, transparent, without shine	clean, pleasant	typical, simple	7,8
Johnagold	straw-golden, transparent	clean, pleasant	clearly apple, pleasant	7,9
Luna	straw-golden, transparent	clean, with soft compote-honey tones	simple, watery	7,7
Reanda	straw-golden, transparent	pure typical	clean, highly acidic	7,9
Radogost	straw-golden, transparent	intense, typical	clean, harmonious	8
Revena	straw-golden, transparent	clean, pleasant	pronounced apple, pleasant	8
Red Topaz	straw-golden, transparent	harmonious	clean, pleasant	8
Rosella	straw-golden, cloudy	чистий, з відтінками печених яблук	simple, slightly tart	7,9
Relinda	straw-golden, transparent	intense, typical	clean, harmonious	8
Remo	straw-golden, transparent	clean, pleasant	clean, highly acidic	8
Renora	light golden, transparent with a shine	intense, typical	clean, harmonious	8+
Sirius	straw, light opal, dull	varietal, typical, with shades of dried fruits	simple, with oily shades	7,7
Skifske zoloto	straw-golden, transparent	intense, typical	clean, harmonious	8
Orion	straw-golden, cloudy	simple, harmonious	pronounced apple, pleasant	7,9
Black Prince	straw-golden, transparent	clean, pleasant, fresh	with spicy bitters	7,9

**TE – tasting evaluation*

The color of all samples was transparent, but it should be noted that samples from the Rosella, Sirius and Orion varieties had a light opal. The tasters noted different notes in the aroma of all samples, which had a positive effect on the formation of each aromatic complex. The taste of all the samples was good, only the samples from the Luna variety had an insufficient fullness of taste, Sirius had oily shades, Black Prince had a piquant bitterness.

Conclusions.

Suitability for the production of juices and ciders of apple varieties of foreign selection has been established. The highest quality juices are obtained from apple varieties: Jonah Gold, Red Topaz, Relinda and Black Prince. Varieties with a high juice yield of more than 50% can be considered more technological: Jonah Gold, Black Prince, Luna, Sirius, Rosella, Relinda, Remo, Scythian Gold. The use of 2 races of wine yeast revealed that SAF CIDER is better. The obtained results should be taken into account in the production of high-quality natural varietal juices and cider wines in order to improve quality and competitiveness.

Bibliography:

1. Дослідження ринку фруктів. *Сайт Міністерства аграрної політики та продовольства.* Реж. дост.: *http://gain.fas.usda.gov/Pages/Default.aspx*. (25.08.22).

2. Литовченко О.М., Кузнецов А.В. Слабоалкогольні напої в Україні. Інновації у виробництві, зберіганні та переробці рослинницької сировини. *Мат. міжн. наук.-практ. конф. К.,* 2018: 96-97.

3. Литовченко О.М., Кузнецов А.В. Наукове забезпечення виробництва безалкогольної та слабоалкогольної продукції у плодопереробній галузі. *Садівництво.* 2019. 74: 133-139. doi: 10.35205/0558-1125-2019-74-133-139.

4. Подпрятов Г.І., Войцехівський В.І., Кіліан М., Сметанська І.М. та ін. Технології зберігання, переробки та стандартизація сільськогосподарської продукції. К.: *ЦІТ Компрінт*, 2017. 658 с.

5. Токар А.Ю., Миронюк С.С., Матенчук Л.Ю., Руденко Л.В., Войцехівський В.І. Відбір рас активних сухих дріжджів для виготовлення яблучних некріплених виноматеріалів. *Зб. наук. праць УНУС.* 2017. 91(1): 92-99.

6. France J., Thornley J.H.M. Mathematical models in agriculture. London: *Butterworths,* 1984: 335.

7. Lorenzini M., Simonato B., Slaghenaufi D., Ugliano M., Zapparoli G. Assessment of yeasts for apple juice fermentation and production of cider volatile compounds. *LWT.* 2019. 99: 224-230.

8. Voytsekhivskiy V., Tokar A., Smetanska I. Formation of aromatic substances in table apple wine materials depending on storage length of fruit. *Наук. допов. НУБіП України.* 2016. 3(60): doi:10.31548/dopovidi2016.06.019.

© Kusnetsov A., Litovchenko O., Voitsekhivskyi V., Ilyashenko A.,
Smetanska I., Muliarchuk O., Yarosh Y.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-037
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-037

УДК 664.681

HEALTHY COOKIE ENRICHED WITH HAWTHORN POWDER AND SEA BUCKTHORN OIL

ПЕЧИВО ОЗДОРОВЧОЇ ДІЇ, ЗБАГАЧЕНЕ ПОРОШКОМ ГЛОДУ ТА ОБЛІПИХОВОЮ ОЛІЄЮ

Stetsenko N.O. / Стеценко Н.О.
c.c.s., as.prof. / к.х.н., доц.
ORCID: 0000-0001-6710-024X
National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska str. 68, 01601
Національний університет харчових технологій, Київ, вул. Володимирська 68, 01601

Анотація. *В роботі розглядається спосіб створення печива з покращеним складом та оздоровчою дією. Такий ефект досягається за рахунок внесення натуральних джерел функціональних інгредієнтів. Порошок глоду та олія обліпихи при введенні до рецептури печива у кількості близько 10% від маси борошна та масла відповідно, можуть покращити харчову та біологічну цінність традиційного продукту. Створене печиво має більший вміст незамінних мікро- та макронутрієнтів, проявляє антиоксидантні властивості, сприяє кращому травленню, забезпечує позитивну дію на серцево-судинну систему організму людини.*

Ключові слова: *печиво, порошок глоду, обліпихова олія, збагачення, оздоровчий харчовий продукт, функціональний харчовий продукт*

Вступ.

Харчування сучасної людини є одним із основних керованих чинників, який при правильній організації може забезпечити гармонію організму людини і навколишнього середовища, що сприятиме збереженню здоров'я та здатності організму протидіяти впливу несприятливих факторів. Вивчення та раціональне корегування харчування, зосередження уваги на сучасних проблемах харчування населення та їх перспективному розвитку є актуальними проблемами, оскільки є гарантією забезпечення та зміцнення здоров'я на оптимальному рівні, профілактики аліментарних захворювань, зниження інфекційних захворювань серед населення. Ці задачі вирішуються шляхом створення нових харчових продуктів оздоровчого, профілактичного та функціонального призначення [1].

Такі продукти мають розроблятися на основі традиційних харчових середовищ шляхом цілеспрямованої зміни їх біохімічного складу та підвищення біологічної цінності. Продукти кондитерської галузі можуть бути саме такими харчовими основами, адже вони є продуктами масового споживання, які користуються попитом різних груп населення, мають помірні ціни, та, здебільшого, приносять задоволення споживачам завдяки приємним органолептичним властивостям.

Хоча асортимент борошняних кондитерських виробів широко представлений на вітчизняному ринку, але виробів дієтичного, лікувально-профілактичного та оздоровчого призначення наразі мало. Печиво можна вважати перспективним продуктом для внесення джерел функціональних інгредієнтів, тому що це продукт масового споживання, воно має відносно тривалий термін зберігання, а технологія його збагачення не складна з точки

зору апаратурного оформлення. Суттєвим недоліком борошняних кондитерських виробів є практично повна відсутність у них таких важливих біологічно активних речовин, як вітаміни, мінеральні елементи, харчові волокна тощо. Тому кондитерські виробі потребують істотного корегування їх біохімічного складу у напрямі збільшення вмісту есенціальних нутрієнтів при одночасному зниженні енергетичної цінності.

Основний текст

Вирішення цього завдання можливе шляхом застосування джерел функціональних інгредієнтів, які б зменшили надмірний вміст жирів та вуглеводів у складі печива, а також забезпечили оздоровчий ефект. Завдяки високому вмісту вуглеводів, жирів і недостатній кількості білків переважна більшість видів печива не відповідає вимогам нутриціології щодо співвідношення основних поживних речовин.

Наприклад, у багатьох виробах на одну частину білка припадає до 12 частин вуглеводів при нормі 1:4. Найбільша частка вуглеводів міститься у такому рецептурному компоненті, як пшеничне борошно. Найважливішими складовими частинами борошна є крохмаль та білки. Понад 75% білків борошна складаються з водонерозчинних фракцій і глютеніну. Доцільно замінювати частину пшеничного борошна на рослинні порошки з низьким вмістом крохмалю і великим вмістом харчових волокон.

Жири збільшують калорійність і харчову цінність виробів, але також покращують їх смакові властивості, підсилюючи здобний смак. Вони підвищують розсипчасту структуру виробів, покращують колір на зламі, сприяють більш тривалому збереженню свіжості виробів, оскільки уповільнюють черствіння. Тісто з додаванням жиру стає більш пухким, крихким. Жири для печива повинні забезпечити певні властивості: бути пластичними, давати у тісті плівки, а не краплі, покривати поверхню осередків тіста.

Масова частка жиру у печиві становить від 3,0 до 30,0%. Застосовують, зазвичай, тверді жири – маргарин, гідрогенізовані кулінарні жири. Останнім часом їх при замісі тіста вводять у вигляді емульсії типу масло-вода, застосовуючи як емульгатор фосфатиди, що містять лецитин.

З метою підвищення біологічної цінності печива у даній роботі запропоновано замінити певну кількість рецептурних компонентів на джерела функціональних інгредієнтів, зокрема, пшеничне борошно – на порошок плодів глоду, а вершкове масло – на обліпихову олію. Відомо про доцільність залучення при виробництві кондитерської продукції оздоровчого спрямування плодово-ягідної сировини, у тому числі й нетрадиційної дикорослої [2].

Хімічний склад глоду криваво-червоного досить різноманітний. Плоди містять органічні кислоти, сорбіт, цукри, від 2 до 6 % пектинових речовин, від 20 до 100 мг аскорбінової кислоти, близько 2 % β-каротину, понад 500 мг лейкоантоціанів та стільки ж антоціанів, а також вітамін К, від 1 до 3,5 % кумаринів, катехіни, стерини, фенолокислоти, флавоноли, олеанолову та урсолову тритерпенові кислоти.

Глід криваво-червоний збільшує активність серцевого м’язу, внормовує

кров'яний тиск, зменшує збудливість центральної нервової системи, у результаті чого сон стає більш спокійним, глибоким і тривалим, а після пробудження людина не відчуває стану психічного пригнічення [3].

Олію обліпихи отримують шляхом спеціальної обробки м'якоті плодів обліпихи та кісточок, причому відсоток вмісту олії у м'якоті становить 8%, а в кісточках до 12%. Обліпихова олія – це справжнє джерело вітамінів, біологічно активних речовин, які так необхідні нашому організму, ослабленому екологічними негараздами, шаленим ритмом життя і підвищеною схильністю до алергійних реакцій. До вітамінів, які входять до складу обліпихової олії, належать аскорбінова кислота, вітамін Р (біофлаваноїди), B_1, B_2, B_9, К, провітамін А (каротиноїди), Е (токоферол). Біологічно активні речовини представлені стеринами, ненасиченими жирними кислотами: олеїновою, лінолевою, ліноленовою. Олія має яскраво-помаранчеве забарвлення через високий вміст у ній каротиноїдів [4].

Обліпихова олія має протизапальну, відновлюючу, протимікробну, біостимулюючу властивості, підсилює вироблення ферментів підшлунковою залозою, і навпаки, знижує секрецію шлункового соку. Потрапляючи на слизову оболонку або шкіру, олія обволікає її та створює плівку, захищаючи мембрани клітини від руйнування, і забезпечуючи її необхідними речовинами. Обліпихова олія є антагоністом холестерину, завдяки цьому вона знайшла своє застосування у хворих на атеросклероз. Вона сприяє підтриманню тонусу судин, покращуючи їх еластичність, сприяє нормалізації функцій щитоподібної залози, надниркових залоз, статевих залоз тощо.

На основі пробних випічок та принципів харчової комбінаторики була розроблена така рецептура збагаченого пісочного печива, г: борошно в/с - 100; масло вершкове - 52; цукор-пісок - 40; яйця - 18; порошок глоду - 7; олія обліпихи - 4; есенція - 0,3; сіль - 0,2;. розпушувач - 0,1.

Печиво має високі фізико-хімічні та органолептичні показники. Органолептична оцінка збагаченого печива показала, що готовий продукт має правильну форму, товщина виробу рівномірна, краї рівні, поверхня без надривів з вкрапленнями порошку глоду. Колір печива солом'яно-жовтий, запах і смак - властиві даному виробу, з легким ароматом та присмаком глоду та обліпихи.

Тісто для збагаченого печива готують на машинах періодичної дії. З урахуванням властивостей сировини її вводять у наступній послідовності: цукор-пісок, сіль, розплавлений жир, яйця, перемішують 2…3 хв і додають розпушувач (соду, вуглекислий амоній). Вершкове масло кладуть у збивальну машину; включають її на повільний хід і збивають масло до тих пір, поки воно стане пластичним. На цьому етапі вводиться обліпихова олія. При приготуванні емульсії частинки жиру розподіляються рівномірно і не спостерігається розшарування.

Після цього додають інші продукти, крім борошна, включають машину на швидкий хід і збивають масу, періодично знімаючи з країв машини масу, яка налипла. Потім додають борошно і перемикають машину на тихий хід, щоб борошно не розпорошувалося. Одночасно додають порошок плодів глоду у

кількості 7% до маси борошна. Дана кількість збагачувача забезпечує найкращі фізико-хімічні та органолептичні показники нового печива. Замішують тісто 3 хв, оскільки при більш тривалому перемішуванні клейковина набухає і тісто втрачає свою пластичність і важко формується.

Пласт тіста випікають протягом 10…13 хв при температурі 240…260 °С. Найкращого смаку вироби набувають, коли м'якуш при випіканні стане світло-жовтим. Товщина випеченого пласта 7…8 мм.

Під час виходу з печі печиво має високу температуру (118… 120° С), тому вироби охолоджують до температури 65…70° С, за якої вони набувають твердості. Їх можна зняти з поду, а потім остудити до 30…35° С на охолоджуючих транспортерах. Охолоджене печиво надходить на пакування.

Висновки.

Обрані джерела функціональних інгредієнтів при внесенні до рецептури печива покращують харчову та біологічну цінність традиційного продукту. Створене печиво має більший вміст мікро- та макронутрієнтів, проявляє антиоксидантні властивості завдяки поліфенольним речовинам глоду, сприяє кращому травленню, а також має позитивну дію на серцево-судинну систему.

Таке печиво можна вживати всім верствам населення, але оскільки масова частка жиру все ж висока і печиво є досить калорійним, варто порадити вживання даного продукту людям із високим рівнем фізичної активності. До такої категорії споживачів можна віднести військових, людей з великими фізичними навантаженням та активним способом життя, зокрема спортсменів та туристів.

Література:

1. Стеценко Н. О. Виробництво функціональних харчових продуктів – сучасний напрям інноваційного розвитку підприємств харчової промисловості / Н.О. Стеценко, К.В. Іноземцева // Prospects for the development of modern science and practice : abstracts of XVI International scientific and practical conference, 11-12 May, 2020. – Graz, Austria, 2020. – P. 345–348.

2. Bashta A. Rationale of fruit and berry raw materials choice to increase the confectionery nutritional value / A. Bashta, N. Ivchuk, N. Stetsenko, O. Bashta // Ukrainian Journal of Food Science. – 2021. – Vol. 9. Is. 1. – P. 103-115.

3. Євчук Я. В. Характеристика біологічно активних речовин плодів глоду // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва», 2019. – С. 87-89.

4. Гедзюк В. О. Обґрунтування вибору порошку глоду та олії обліпихи для виробництва пісочного печива / В. О. Гедзюк, Н. О. Стеценко // Universum View 17 : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2019. – С. 12-16.

Abstract. *The work considers the method of creating cookies with an improved composition and a health-improving effect on the human body. This effect is achieved due to the introduction of natural sources of functional ingredients. Hawthorn powder and sea buckthorn oil, when added to the recipe of cookies in the amount of about 10% of the mass of flour and butter, respectively, can*

improve the nutritional and biological value of the traditional product. The created cookies have a higher content of indispensable micro- and macronutrients, show antioxidant properties, promote better digestion, and ensure a positive effect on the cardiovascular system of the human body.

Key words: *cookies, hawthorn powder, sea buckthorn oil, enrichment, healthy food, functional food.*

Стаття відправлена: 31.08.2022 р.
© Стеценко Н.О.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-011
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-011

УДК 681.5.015:622.243

MATHEMATICAL MODEL OF A THREE-LAYER CHISEL AS A LINK OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТРЬОХШАРОШКОВОГО ДОЛОТА ЯК ЛАНКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Mateik H./ Матеїк Г.Д.
0000-0003-0286-389X
Zvarych H. / Зварич Г.Г.
ORCID: 0000-0002-7866-542X
Pil N. / Пиль Н.В.
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Karpatskaya, 15,76019
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, вул.Карпатська,15,76019

Анотація. *Розглядаються статичні і динамічні властивості бурових доліт, як елементів системи автоматичного регулювання осьового навантаження на долото. Наведена функція передачі, а також алгоритмічна структура долота, як один із варіантів нелінійних систем Гаммерштейна.*

Ключові слова: *автоматичне регулювання, функція передачі, осьове навантаження, системаГаммерштейна.*

Вступ.

Визначення функції передачі бурового долота як динамічної ланки автоматичної системи керування процесом поглиблення нафтових і газових свердловин, є актуальною науково-практичною задачею у зв'язку з створенням останнім часом глибинних пристроїв контролю швидкості обертання доліт і, як наслідок, замкнутих систем автоматичного регулювання, в яких долото є елементом цих систем. При цьому слід врахувати, що ефективність процесу буріння свердловин залежить від енергії, яка підводиться до бурового долота.

Проте, аналіз літературних джерел [1,2,3 та ін.] показує недостатній об"єм проведених досліджень в напрямку визначення статичних і динамічних властивостей бурових доліт як елементів систем автоматичного керування.

Тому метою даної роботи є визначення функції передачі бурового долота як елемента системи автоматичного керування на основі енергетичного підходу. На початку скористаємось очевидним твердженням, що енергія $W_З$, яка підводиться із зовні до бурового долота, дорівнює сумі витрат енергії на руйнування гірської породи на вибої свердловини W_1, на просування бурильного інструменту W_2 і тепло $W_т$ за рахунок сил тертя при розтиранні породи, тобто:

$$W_З = W_1 + W_2 + W_т\,. \qquad (1)$$

Що стосується потужності N, яка витрачається на поглиблення вибою свердловини, то вона дорівнює сумі двох потужностей: N_1 – потужності, яка витрачається на обертання долота; N_2 – потужності, яка витрачається на поглиблення вибою свердловини [3]. Частка потужності N_1 в залежності від конструкції долота і його технічного стану, а також фізико-механічних і абразивних властивостей гірської породи, витрачається на подолання сил тертя

і перетирання сколотих шматків породи, якщо вони не відразу були винесені із свердловини, або потрапили знов в зону дії долота. Механічну потужність N_2, яка витрачається на поглиблення вибою свердловини, можна записати у такому вигляді:

$$N_2 = F \cdot V, \tag{2}$$

де V - механічна швидкість буріння.

Тоді повна потужність N, яка витрачається на поглиблення вибою свердловини дорівнює:

$$N = \eta N_1 + FV. \tag{3}$$

В умовах прийнятих допущень модель бурового долота правомірно представити у вигляді алгоритмічної ланки типу "вхід – вихід", вхідної величиною якої є потужність N, яка підведена до долота, а вихідною – проходка h, (рис.1):

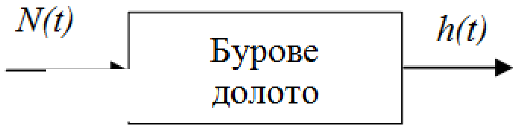


Рис. 1 – Модель "вхід – вихід" бурового долота

Джерело [3]

Диференціальне рівняння, яке моделює роботу долота з урахуванням прийнятих припущень, має такий вигляд [2]:

$$\frac{\pi D^2}{4} wph = \eta(1-\mu)N \ , \tag{4}$$

де w – питома енергоємність руйнування гірської породи,

D – діаметр долота, $p = \frac{d}{dt}$ – оператор Лапласа.

Рівняння, яке зв'язує вхідний і вихідний параметри цієї ланки запишемо, користуючись рівнянням (4), у такому вигляді:

$$S\frac{dh}{dt} = \eta(1-\mu)N(t) \, , \tag{5}$$

або у вигляді рівноцінного йому інтегрального рівняння:

$$h = k\int_0^t N(t)dt + h_0 \ , \tag{6}$$

де h_0 - початкове значення проходки, $k = \frac{\eta(1-\mu)}{wS}$, $S = \frac{\pi D^2}{4}$.

Після перетворення рівняння (5) за Лапласом отримаємо:

$$wSpH(p) = \eta(1-\mu)N(p) \, . \tag{7}$$

Тоді функція передачі долота $W(p)$, яка є відношенням зображення за Лапласом вихідної величини $H(p)$ до зображення за Лапласом вхідної величини $N(p)$ при нульових початкових умовах, дорівнюватиме:

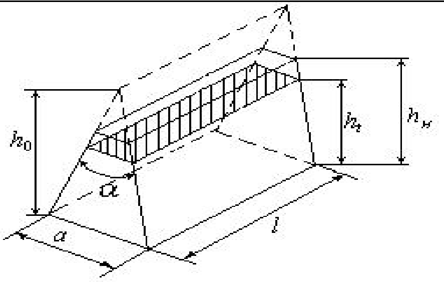
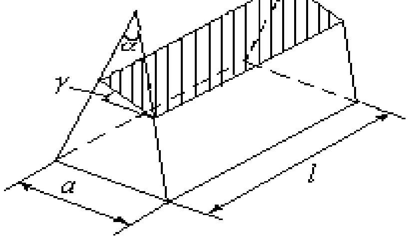
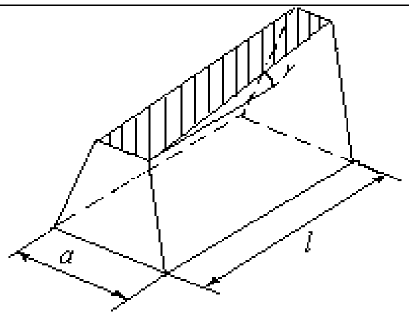
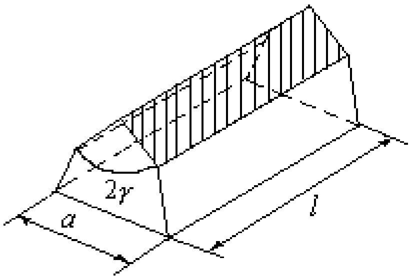
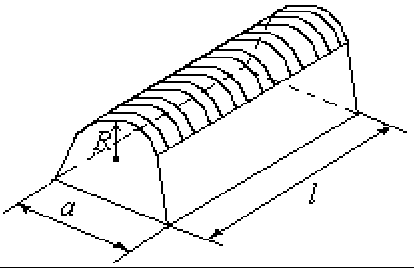
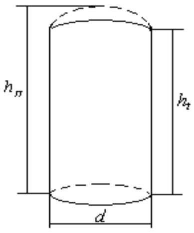
$$W(p) = \frac{H(p)}{N(p)} = \frac{\eta(1-\mu)}{wSp} \ , \tag{8}$$

або

$$W(p) = \frac{K}{p} \, . \tag{9}$$

$K = \frac{\eta(1-\mu)}{wS}$ - коефіцієнт передачі долота.

Таблиця 1 - Форми зносу і закономірності зміни в часі відносного зносу *μ* зубців доліт по висоті при *dμ/dt*

Форми зносу зубців бурового долота	Закономірності зміни в часі відносного зносу *μ* зубців долота
	$\mu = \frac{h_0 - h_\pi}{h_\pi}\left(\sqrt{\frac{2ch_0 t}{al(h_0 - h_\pi)^2} + 1} - 1\right)$
	$\mu = \frac{h_0 - h_\pi}{h_\pi}\left(\sqrt{\frac{2ch_0 \cos(\frac{\alpha}{2} + \gamma)t}{al(h_0 - h_\pi)^2 \cos(\frac{\alpha}{2} - \gamma)} + 1} - 1\right)$
	$\mu = \frac{\frac{ltg\gamma}{2} + h_0 - h_\pi}{h_\pi}\left(\sqrt{\frac{2ch_0 t}{al\left(\frac{ltg\gamma}{2} + h_0 - h_\pi\right)^2} + 1} - 1\right)$
	$\mu = \frac{h_0 - h_\Pi}{h_\Pi}\left(\sqrt{\frac{2ch_0}{al(h_0 - h_\Pi)^2} - \frac{\sin(\gamma - \frac{\alpha}{2})}{\sin\gamma \cos\frac{\alpha}{2}} t + 1} - 1\right)$
	$\mu = \frac{h_0 - h_\pi}{h_\pi}\left(\sqrt{\frac{2c(1 - \sin\frac{\alpha}{2})^2 t}{l(h_0 - h_\pi)^2\left[\sin\alpha - (n-2)\sin^2\frac{\alpha}{2}\right]} + 1} - 1\right)$
	$\mu = \frac{1}{3h_\pi}\left(\frac{3}{\pi} t + 1\right)$

Авторська розробка

Тобто з позицій автоматизації бурове долото є динамічною інтегруючою ланкою з відповідними часовими і частотними характеристиками.

Проте при бурінні долотами з фрезерованим оснащенням або з вставним твердосплавним оснащенням відбувається зношення твердосплавних вставок і зубців шарошок. Закономірності зміні в часі відносного зносу μ зубців доліт по висоті h при різних формах затуплення і $d\mu/dt=c$ наведені в таблиці 1.

З таблиці 1 бачимо, що процес зношення зубців відбувається за нелінійними законами, що відповідає класичній кривій зношення Лоренца.

Нелінійний характер зміни зносу долота примушує представити функцію передачі (8) у вигляді добутку

$$W(p) = (1-\mu)\frac{\eta}{wS}\cdot\frac{1}{p}, \quad (11)$$

а алгоритмічну структуру долота у вигляді двох послідовно з'єднаних ланок: нелінійного елементу і ідеальної інтегруючої ланки (рис. 2).

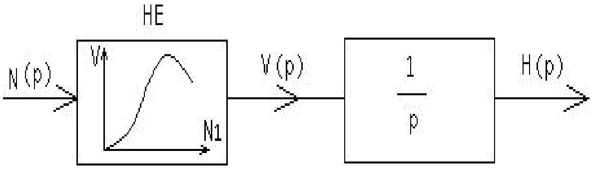


Рис. 2 Алгоритмічна структура бурового долота

Джерело [5]

Отже, маємо нелінійну модель Гаммерштейна [5] у вигляді з'єднання нелінійної безінерційної частини і лінійної динамічної ланки.

При бурінні долотами з твердосплавним і алмазним оснащенням і постійних параметрах режиму механічна швидкість буріння практично не змінюється в часі, оскільки абразивне зношення твердосплавних зубців і алмазів незначне.

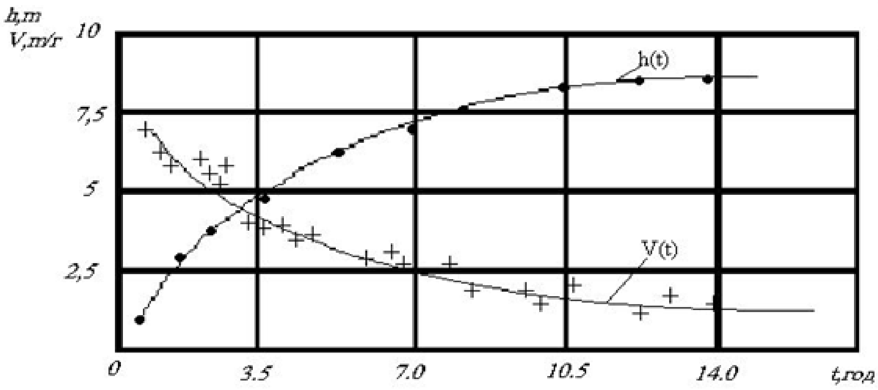


Рис. 3 Графіки зміни в часі механічної швидкості буріння *V*(*t*) і проходки *h*(*t*)

Джерело [4]

На рис.3 зображено графік зміни проходки *h(t),* одержаний при бурінні долотом 295,3 ТЗ в інтервалі 4820 – 4823,7м в однорідних цементованих пісковиках з постійним осьовим навантаженням на долото F = 250кН (свердловина № 812 Надвірнянського УБР ВАТ "Укрнафта", спосіб буріння -

роторний, швидкість обертання долта – n =1с$^{-1}$). Як видно з графіків, наведених на рис.3, проходка в часі змінюється за нелінійним законом, викликаним зношенням зубців долота. Після підйому долота для заміни встановлено, що понад 60% зубців були сколоті біля основи або випали.

На основі експериментальних досліджень і результатів обробки матеріалів, одержаних іншими дослідниками [2÷4] встановлено, що узагальненою математичною моделлю механічної швидкості буріння є модель, запропонована Р.А.Бадаловим:

$$V(t) = V_0(1 + m(n-1)V_0^{n-1}t)^{-\frac{1}{n-1}}, \tag{13}$$

де V_0 - механічна швидкість буріння незатупленим долотом;

m – постійне число, яке використовується як коефіцієнт зносу, що є функцією осьового навантаження на долото і швидкості обертання.;

n – показник степеня, який може приймати будь-яке значення від 0 до 4 в залежності від властивостей долота і гірської породи, тобто $n \in [0,4]$.

Рівнянню (13) відповідає закономірність зміни поточного значення проходки h у часі:

$$h(t) = V_0^{-(n-2)}\left((1 + m(n-1)V_0^{n-1}t)^{-\frac{n-2}{n-1}}\right)\left(m(n-2)\right)^{-1}, \tag{14}$$

і залежність проходки h від механічної швидкості буріння V:

$$h(v) = \frac{(V^{-\gamma} - V_0^{-\gamma})}{m\gamma}, \quad \gamma = n - 2. \tag{15}$$

Рівняння (13), (14) і (15) є важливими складовими математичної моделі процесу буріння нафтових і газових свердловин.

Висновок.

Отже, з урахуванням прийнятих припущень алгоритмічну структуру бурового долота як динамічної ланки системи автоматичного регулювання параметрів режиму буріння, можна представити у вигляді послідовно з'єднаних нелінійного елементу і ідеальної інтегруючої ланки, тобто у вигляді нечіткої системи Гаммерштейна [4]. Це дозволяє використати передавальну функцію бурового долота як елемент системи автоматичного контролю і керування процесом поглиблення нафтових і газових свердловин.

Література:

1. Ситников Н.Б. Моделирование и оптимизация процесса бурения геологоразведочных скважин: Автореф.дис....д-ра техн.наук 05.13.07 / Уральск.гос.горн.-геолог.академия. – Екатеринбург, 2000. – 41с.

2. Семенцов Г.Н., Кузь Т.Я. Теоретичні основи методу контролю твердості порід при поглибленні свердловини // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. № 7 (том 6), 2001. – С.91-98.

3. Горбійчук М.І. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин / М.І. Горбійчук, Г.Н. Семенцов. – Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2003. – 493 с.

4. Семенцов Г.Н. Оптимальное управление процессом бурения нефтяных

и газовых скважин / Дис... д-ра техн.наук: 05.13.07 . – М., 1990. – 244с.

5. Горбійчук М.І. Моделювання об’єктів і систем керування в нафтовій і газовій промисловості. Ч.ІІ / М.І.Горбійчук. – Івано-Франківськ: Факел. – 1999. – 226с.

Abstract. *The static and dynamic properties of drill bits are considered as elements of the system of automatic adjustment of the axial load on the bit. The transfer function, as well as the algorithmic structure of the bit, is given as one of the variants of non-linear Hammerstein systems.*
Keywords: *automatic adjustment, transmission function, axial load, Hammerstein system.*

Стаття відправлена: 17.08.2022 р.
© Матеїк Г.Д., Зварич Г.Г., Пиль Н.В.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-019
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-019

UDK [004.7-047.72]:656.2

FORMATION OF COMPETENCIES AMONG APPLICANTS OF FOREIGN ORIGIN IN BLENDED LEARNING «LOCAL NETWORKS» DISCIPLINE

ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ЗДОБУВАЧІВ ІНОЗЕМНОГО ПОХОДЖЕННЯ ПРИ ЗМІШАНОМУ НАВЧАННІ З ДИСЦИПЛІНИ «ЛОКАЛЬНІ МЕРЕЖІ»

Пахомова В. М. / Pakhomova V. N.
к.т.н., доц. / c.t.s., as.prof.
ORCID: 0000-0002-0022-099X
Український державний університет науки і технологій, Україна, Дніпро, вул. Лазаряна, 2, 49010
Ukrainian State University of Science and Technology, Ukraine, Dnipro, Lazaryan St., 2, 49010

Abstract. *The proposed «BlenLearnEnglLAN» methodology for the formation of competences among applicants of foreign origin bachelor's degree in the «Computer Engineering» specialty during blended learning in the «Local Networks» discipline: 1) study of basic concepts and fundamental principles of various network technologies during lectures held using the «Zoom» system; 2) compilation of the structure of the local network and assessment of its correctness, according to the compiled structure, creation of a simulation model of the local network in NetCracker Pro and conducting research on it during laboratory work carried out face-to-face; 3) research of network traffic parameters using neural network technology and obtained data on a simulation model during independent work using recommended sources; 4) development of theoretical material using the lecturer's presentations and testing in the «Lider» system, arguing the choice of network technology based on the obtained results of research on simulation models.*

Key words: *competence, local network, structure, assessment, technology, model, traffic, parameter, characteristic, blended learning.*

Introduction

Formulation of the problem. The current situation in the world, related to the spread of COVID-19, caused by the SARS-CoV-2 coronavirus, has led to the use of blended learning, in particular in the discipline «Local Networks» and the formation of relevant competencies in first-degree holders under such difficult conditions that confirms the relevance of the topic.

Analysis of the latest research. Assessment of competencies is the subject of research by such scientists as: Bykov V. Yu., Gurevich R. S., Gurzhiy A. M., Morse N. V., Ovcharuk O. V., Spirin O. M., Sysoeva S. O., Zhaldak M. I. and others. It is important to identify, analyze and summarize the experience of EU countries, important international organizations and initiatives (UNESCO, ECDL, MICROSOFT, INTEL, etc.), as well as comparability for modern Ukrainian education in international studies of the quality of education (PISA, TIMSS, PEARLS) [1]. The analysis of the latest research and publications [1-5] revealed the following: 1) the lack of uniform information and communication technologies for training in the «Local Networks» discipline; 2) the lack of a common methodology for designing local networks; 3) the existence of a wide range of local network simulation systems (but very expensive); 4) the peculiarities of generation Z and the peculiarities of education of applicants of foreign origin; 5) the need for blended learning under the conditions of the current situation in the world, and became the

basis for the development of our own methodology «BlenLearnEnglLAN».

The purpose of the article is to develop a methodology for the formation of competencies among applicants of foreign origin bachelor's degree of «Computer Engineering» specialty in the blended learning «Local Networks» discipline.

1. Formation of subject competencies during lectures

The proposed «BlenLearnEnglLAN» methodology provides an opportunity for a first degree of foreign origin during lectures held using the «Zoom» system to learn the basic concepts and fundamental principles of various technologies used in local area networks: Ethernet; Fast Ethernet; Gigabit Ethernet; Token Bus; Token Ring; FDDI; VLAV; WLAN. After the lectures, the applicant must study the theoretical material based on the teacher's presentations, located in the «Lider» distance learning system, and pass a self-test. So, for example, when studying the FDDI technology (Fig. 1), a first-degree applicant must know the classification of nodes: by purpose (workstation or hub); by attachment to the ring (Single Attachment, SA or Dual Attachment, DA); by the number of MAC nodes (one MAC node, SM or two MAC nodes, DM) and port assignment (A, B, M, S).

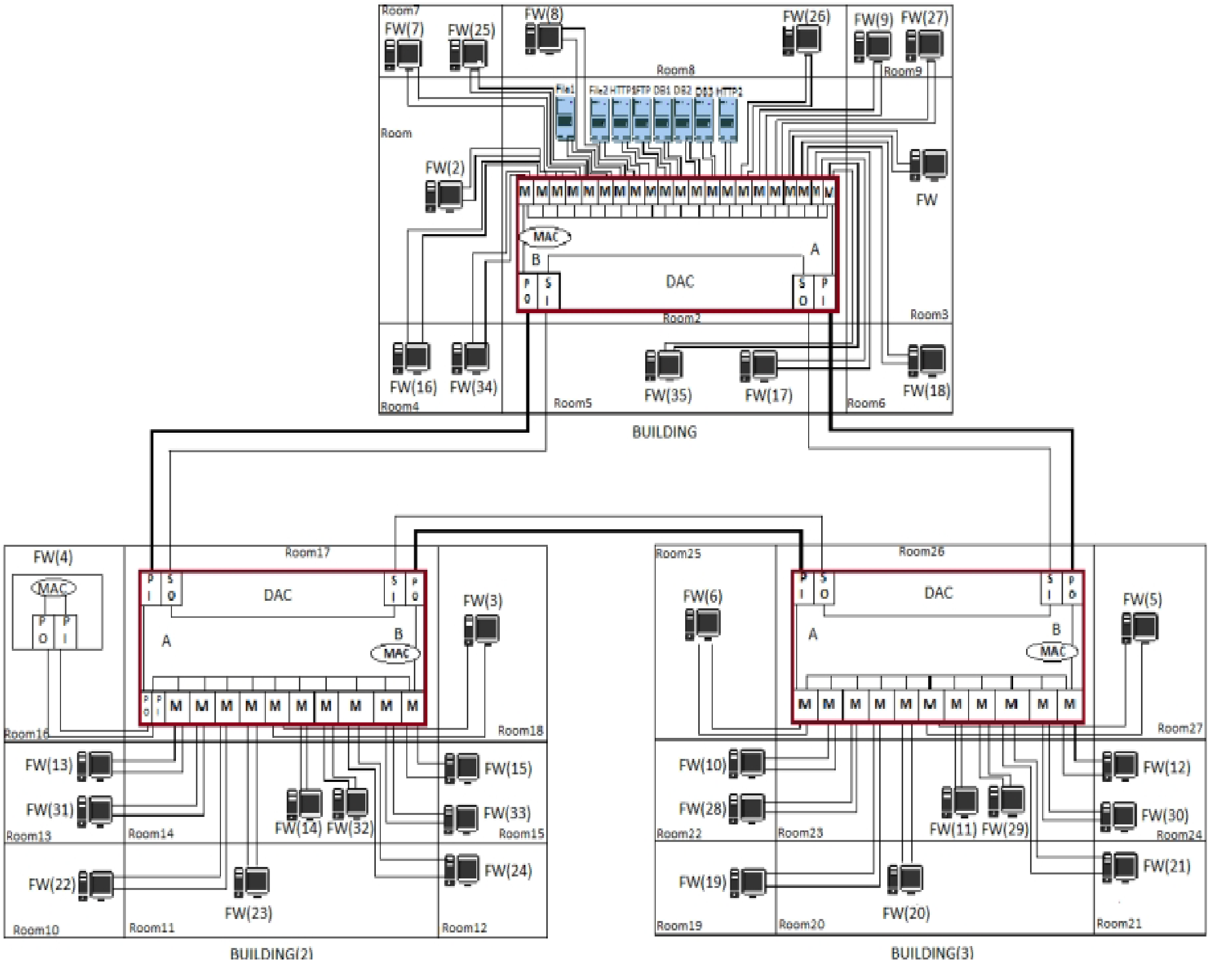


Figure 1 – Using different nodes and types of FDDI ports

2. Formation of subject competencies during laboratory work

The proposed «BlenLearnEnglLAN» methodology provides an opportunity for a first degree of foreign origin during laboratory work using the NetCracker Pro [6], which should be carried out face-to-face, and consists of the following stages:

designing the structure of the local network and evaluating its correctness (preparatory stage); creation in NetCracker Pro of a simulation model of a local network according to the assembled structure (the main stage); research on the created simulation model of network characteristics (research stage).

Videos have been compiled on the creation of simulation models of local networks, hyperlinks to which are embedded in the «Lider» system [3]. The «BlenLearnEnglLAN» methodology provides the applicant with the opportunity to conduct the necessary research on simulation models of various network technologies and their switching versions in order to justify the choice of: a variant of the physical implementation of a local network; communication equipment for the physical and logical structuring of the local network; network traffic structure and use of network technology. So, for example, the calculation between the two most distant workstations (under the condition that twisted pair is used in the buildings, and optical fiber is used between the buildings; Fig. 2), is: PDV=(15,3+11*0,113)+(33,5+200*0,1)*2+(165+11*0,113)=289,786 *bt* < 575 *bt*, where PDV (Path Delay Value) – signal double rotation time; PVV=10,5+8+8=26,5 *bt* < 49 *bt*, where PVV (Path Variability Value) – reduction of the inter frame interval, which indicates the correctness of the network configuration.

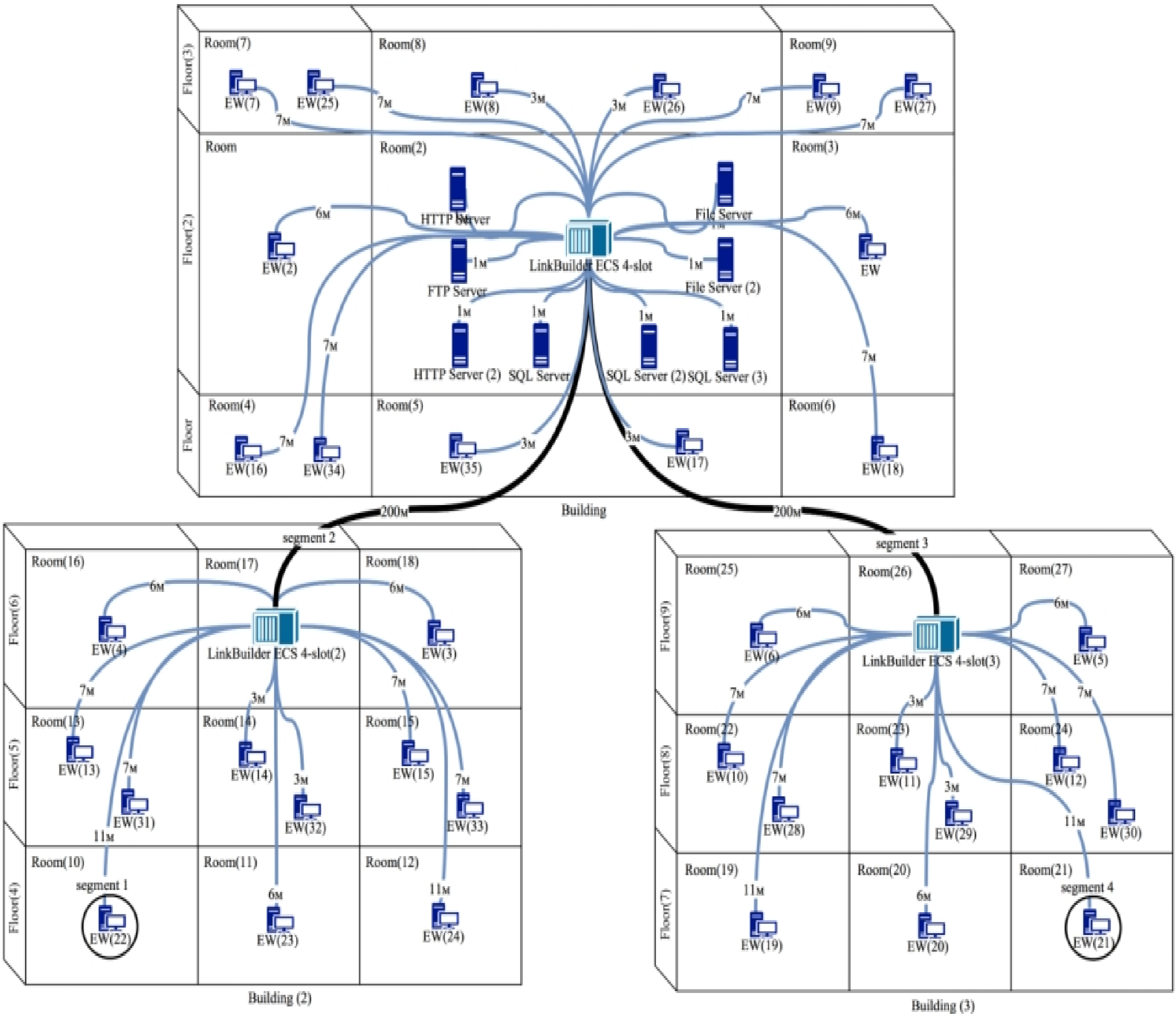


Figure 2 – The proposed structure of the Ethernet local network

According to the complex structure of the local network, the acquirer created an Ethernet network model in NetCracker Pro, on which the threshold number of workstations is defined. Next, the acquirer on the model determines the network performance threshold (in this case, 35 workstations) and conducts a study of the network response time and the workload of the communication equipment.

3. Formation of competences during independent work

The proposed «BlenLearnEnglLAN» methodology provides an opportunity for a foreign origin bachelor's degree graduate to acquire practical skills in forecasting network traffic parameters using neural network technology during self-study on the basis of recommended sources (data obtained from created simulation models is used to form samples).

4. Using a research approach in blended learning

Hrynevych L. M., Morse N. V. and Boyko M. A. emphasize that the research and cognitive method should become the most important component of the scientific program at all levels and in all branches of science [2]. The areas of acquisition of research competence of applicants should include: analytical review of scientific sources; organization of experiments with simulation models using different technologies (with the same parameters and under the same conditions of conducting experiments); analysis of obtained network characteristics on local network models using various technologies (presentation of results in the form of tables or graphs); formulation of conclusions.

The peculiarities of generation Z and the peculiarities of the education of students of foreign origin require the introduction of new methods in the conditions of mixed learning and the use of interactive learning methods. So, for example, according to the «Teaching-Learning» method [4], one student of foreign origin of the first degree, having created a model of a local network based on the chosen technology, explains to another student and then jointly conducts relevant studies of network characteristics on the model. At the end, the acquirers analyze the obtained results on models based on various network technologies.

Conclusions

1. The proposed «BlenLearnEnglLAN» methodology for the formation of competencies of applicants for foreign origin bachelor's degree «Computer Engineering» specialty in blended learning «Local Networks» discipline: use of «Zoom» system during lectures; face-to-face laboratory work using NetCracker Pro; performing independent work using neural network technology based on recommended sources; conducting module testing in the «Lider» system.

2. Based on the use of the proposed «BlenLearnEnglLAN» methodology of applicants for foreign origin bachelor's degree: firstly, acquires subject competencies in the «Local Networks» discipline; secondly, acquires practical skills in scientific activity in organizing and conducting research based on created simulation models of local networks using various technologies.

Literature:

- Биков В. Ю., Овчарук О. В. Оцінювання інформаційно-комунікаційної компетентності учнів та педагогів в умовах євроінтеграційних процесів в освіті:

посібник. Київ: Педагогічна думка, 2017. 160 с.

- Гриневич Л. М., Морзе Н. В., Бойко М. А. Наукова освіта як основа формування інноваційної компетентності в умовах цифрової трансформації суспільства. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. т. 77. № 3. 1-26.
- Пахомова В. М. Дистанційний курс в системі «Лідер» з дисципліни «Локальні мережі» для здобувачів ступеня «бакалавр» спеціальностей «Комп’ютерна інженерія» і «Кібербезпека». Сертифікат № ДК0287 від 20.07.2018. URL: lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=344.
- Пахомова В. М., Маслак А. В., Остапець Я. Д. Формування компететностей у здобувачів ступеня «бакалавр» при дистанційному навчанні з дисципліни «Локальні мережі». Modern engineering and innovative technologies Germany, Karlsruhe: Sergeieva&Co, «ISE&E». 2021. № 16-06. pp. 66-70.
- Khadim B. Mobile learning and education in the digital age. 2018. URL: http://elearningindustry.com/mobile-learning-education-digital-age
- Pakhomova V. N., Miroshnychenko I. H. Local Networks. Methodical recommendations for laboratory works for foreign applicants of Bachelor’s Degree of specialties «Computer Engineering». Dnipro: Edition Department of Ukrainian State University of Science and Technology. 2022. 60 c.

Анотація. *Запропонована методика «BlenLearnEnglLAN» щодо формування компетентностей здобувачів іноземного походження ступеня «бакалавр» спеціальності «Комп’ютерна інженерія» при змішаному навчанні з дисципліни «Локальні мережі»: 1) вивчення основних понятій та фундаментальних принципів різних мережевих технологій під час лекційних занятій, що проводяться за допомогою системи «Zoom»; 2) складання структури локальної мережі та оцінка її коректності, відповідно до складеної структури створення в NetCracker Pro імітаційної моделі локальної мережі та проведення на неї досліджень під час лабораторних робіт, що проводяться очно; 3) дослідження параметрів мережевого трафіку з використанням нейромережної технології та отриманих даних на імітаційній моделі під час виконання самостійної роботи з використанням рекомендованих джерел; 4) опрацювання теоретичного матеріалу з використанням презентацій лектора та тестування в системі «Лідер», аргументування вибору мережевої технології на основі отриманих результатів досліджень на імітаційних моделях.*

Ключові слова: *компетентність, локальна мережа, структура, оцінка, технологія, модель, трафік, параметр, характеристика, змішане навчання.*

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-023
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-023

УДК 004.8.032.26; 57.089

INTELLIGENT PROTEIN BALANCE ANALYZER BASED ON AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK WITH THE FORCED LEARNING

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗАТОР БІЛКОВОГО БАЛАНСУ У БАЗИСІ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ З ПРИМУСОВИМ НАВЧАННЯМ

Alyoshin S.P. / Альошин С.П.
c.t.s., as. prof. / к.т.н., доц.
Haitan O.M. / Гайтан О.М.
ORCID: 0000-0002-7228-9937
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Poltava, Pershotravnevyj Ave. 24, 36011
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
Полтава, Першотравневий проспект 24, 36011

Анотація. *Білок – основний будівельний матеріал організму, норма якого має бути на постійному контролі для недопущення його дефіциту. Одним із найдоступніших і найпоширеніших досліджень рівня білків є біохімічний аналіз крові, що дозволяє обчислити загальну кількість білків, а також окремих його фракцій. Однак для отримання достовірних результатів аналізу необхідно дотримуватися деяких обов'язкових правил, крім того, на результати аналізу можуть суттєво впливати ліки, що приймаються пацієнтом. Для випадків, коли немає можливості провести стандартний білковий аналіз або не вдається забезпечити обмеження та виконання обов'язкових умов, пропонується технологія інтелектуального розпізнавання рівня білкового балансу. Мета дослідження – синтез нейромережевої моделі розпізнавання рівня білкового балансу досліджуваного суб'єкта на основі отримання знань з репрезентативної вибірки прикладів з бази історій хвороб, пов'язаних з дефіцитом білкових фрагментів. Завдання знаходження функціональної залежності білкового балансу від значень симптомів вирішено застосуванням технології примусового навчання нейромереж та реалізовано моделями з різною архітектурою як завдання розпізнавання образів. Практична значимість результатів – можливість отримання додаткового незалежного каналу аналізу білкового балансу без необхідності використання традиційного методу біохімічного аналізу крові з його обмеженнями та протипоказаннями. Синтезований ансамбль моделей, алгоритмічний та програмний інструментарій дозволяють розширити застосування та знизити вимоги до обмежень, що мають місце при традиційних методах аналізу.*

Ключові слова: *білковий аналіз, інтелектуальний аналізатор, нейронна мережа, розпізнавання, ознаки-симптоми*

Вступ.

Білок – основний будівельний матеріал нашого організму. Існує безліч різних типів білків, кожен з яких має своє призначення та виконує певні функції. Будь-яке відхилення від норми призводить до ослаблення організму тією чи іншою мірою [1]. Отже, норма білка в організмі повинна бути на постійному контролі для недопущення його дефіциту, процедура оцінювання – безболісна, оперативна, мало витратна, постійна та ефективна. Матеріалом для досліджень білка найчастіше стає кров. Біохімічний аналіз крові – одне з найдоступніших і найпоширеніших досліджень виявлення рівня білків [1]. Цей аналіз дозволяє обчислити загальну кількість білків та окремих його фракцій.

Однак для того, щоб аналіз дав достовірний результат, необхідно дотримуватись деяких обов'язкових правил. Кров на аналіз загального рівня

білка здають вранці до їжі. При цьому бажано утримуватись від будь-якої їжі протягом 10-14 годин до здачі аналізу. За добу до проведення дослідження необхідно виключити будь-які фізичні навантаження та бажано емоційні, вживання алкоголю навіть у малих дозах. Крім того, слід відмовитися від будь-яких солодких напоїв – соків, газованої води, чаю та кави з цукром.

На результати аналізу можуть суттєво вплинути ліки, що приймаються пацієнтом. Одні (анаболіки, імунодепресанти, інсулін тощо) можуть підвищити рівень білка, інші – знизити, що спотворює реальну картину білкового балансу.

Мета дослідження.

Для випадків, коли немає можливості провести стандартний білковий аналіз або не вдається виконання перерахованих вище обмежень та обов'язкових умов, пропонується технологія інтелектуального аналізу ретроспективних прецедентних даних на основі репрезентативної вибірки прикладів з бази однотипних історій хвороб, пов'язаних з дефіцитом білкових фрагментів. З урахуванням потенційних можливостей існуючих пакетів технічного аналізу даних, бази прецедентів [2], доцільно вирішити це завдання на основі примусового навчання ансамблю нейромережевих моделей, вибрати найкращу та використовувати її як самостійний канал оперативного, не критичного до ряду побутових обмежень, продуктивного розпізнавання рівня білкового балансу [3-4]. Отже, метою дослідження є синтез нейромережевої моделі розпізнавання рівня білкового балансу досліджуваного суб'єкта на основі отримання знань з репрезентативної вибірки прикладів зі зниженням рівня обмежувальних умов та збереженням необхідної ефективності.

Математична постановка задачі.

Необхідно визначити вид аналітичного зв’язку (*F*) симптомів організму суб’єкта (*X*) з рівнем білкового балансу (*Y*) (норма, дефіцит, надлишок) як відображення простору факторів (ознак) на простір станів (класів) із заданими показниками якості [4]:

$$F: X \to Y_{opt},\ X \subset \Re^m,\ Y_{opt} \subset \Re, \tag{1}$$

де X – вектор зафіксованих ознак стану білкового балансу суб'єкта; Y_{opt} – вихідне значення класу (рівня білкового балансу).

Аналітичний вид цього зв’язку можна визначити, виходячи з теореми Колмогорова-Арнольда про представлення функції кількох аргументів через суму композицій функцій однієї змінної та її конвертації в нейромережевий формат Хехт-Нільсена [2-4]:

$$y(x) = \alpha \sum_{i=1}^{M} v_i \left(w_{i1}x_1 + w_{i2}x_2 + \ldots + w_{in}x_n + u_i \right), \tag{2}$$

де M – потужність навчальної вибірки, α, v – параметри нейромережі, n – кількість нейронів, $w_{i1}, w_{i2}, \ldots, w_{in}$ – вагові коефіцієнти нейронів.

Тоді пошук вагових коефіцієнтів шуканої функції (2) зводиться до примусового навчання нейронної мережі (або ансамблю моделей різної архітектури) на прикладах з бази даних, яке завершиться після досягнення заданої продуктивності (ймовірності розпізнавання класу) при припустимих помилках на навчальній та тестовій множинах прикладів. Формально цей

процес можна подати у символьному вигляді [4]:

$$\max P(S, X) \ \ при \ \delta \le \delta_0 \ , \tag{3}$$

де $P(S,X)$ – вирішальне правило розпізнавання класів S у просторі ознак X; $s \in S, S$ – множина рівнів білкового балансу станів суб'єкта дослідження, що розпізнаються; $x \in X, X$ – множина вхідних факторів-симптомів суб'єкта; δ – рівень помилок на навчальній та тестовій множинах; δ_0 – допустимі помилки навчання моделей на навчальному та тестовому множинах.

Коли процес навчання буде завершено, мережа стає здатною реалізовувати оптимальний алгоритм розпізнавання образів за правилом перевірки гіпотез (правило Байєса) при подачі на її вхід вектора ознак (симптомів) досліджуваного суб'єкта. Формалізація цього процесу представлена в [4-6].

Сукупність вхідних чинників $X^n = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\} \subset X$ разом із алфавітом класів забезпечують реалізацію правила розпізнавання образів [3]:

$$\omega_g \in \Omega_k \text{, якщо } L(\omega, \{\omega_g\}) = \sup{}_i \ L(\omega, \{\omega_i\}) \tag{4}$$

$$L(\omega, \{\omega_g\}) \to \omega_g \in \Omega_k ,$$

де $X^n = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\} \subset X$ – сукупність вхідних факторів; $L(\omega, \{\omega_g\})$ – правило віднесення суб'єкта з набором відповідних ознак (ω_g) до відповідного класу $\{\omega\}$; $\{\omega\}$ – множина класів (рівнів білкового балансу) (p,g) у просторі ознак (k, l) при всіх їх можливих поєднаннях (ω_{pk}, ω_{gl}).

Відповідно до теорії та правила навчання мережі слід очікувати, що існує такий набір чисел H, n, α, v_i, u_i, при яких функція y апроксимується рядом (2) по всій області її визначення і може бути реалізована за допомогою тришарової нейронної мережі із заданою похибкою. Це фундаментальне положення, що дозволяє встановити детермінований аналітичний зв'язок усієї сукупності симптомів-ознак зі ступенем білкового балансу суб'єкта.

Формування навчальної вибірки.

Інформативні ознаки ступеня балансу білка (норма, дефіцит) в організмі представлені вектором значень у форматі репрезентативної вибірки прикладів у вигляді [1]: постійні набряки, різке і безпричинне зниження ваги, сонливість та занепад сил, слабкість, тривала діарея, біль у суглобах та кістках, пожовтіння шкірних покривів та білків очей, зниження імунітету, часті застуди. Функцію стану білкового балансу можна описати класами: 1 (норма), 2 (дефіцит).

При цьому наявність або відсутність симптомів дефіциту білка фіксується в номінальному вираженні (символами) і представлена таблично, як показано на фрагменті вибірки прикладів з 9-ма ознаками та 2-ма класами (рис.1).

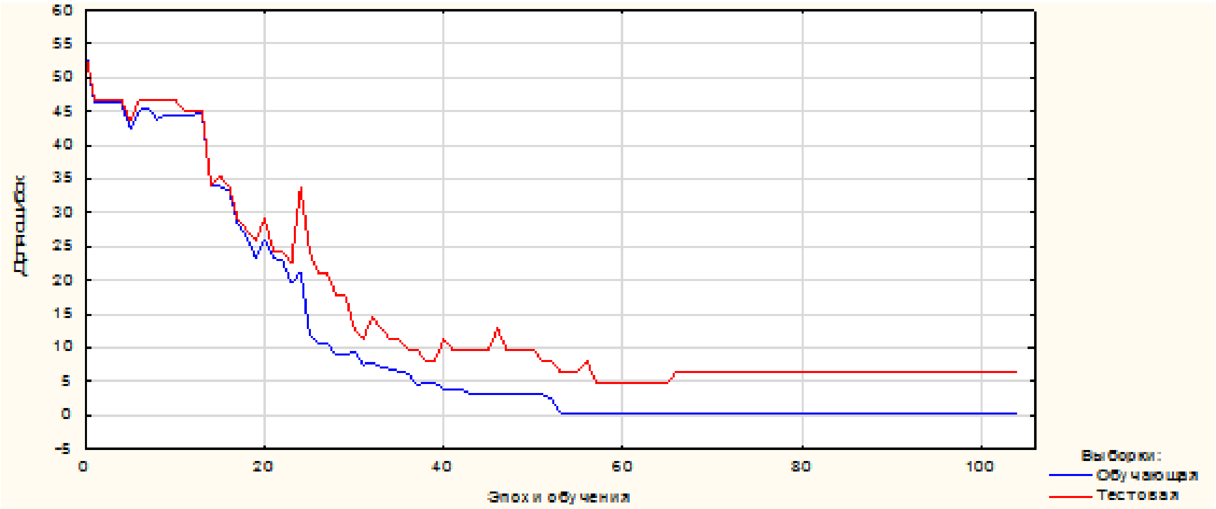
Вхідні установки режимів роботи, методів навчання, архітектур та складності моделей вибираються на розсуд дослідника та можливостей пакета технічного аналізу.

Підлаштування вагових коефіцієнтів нейронів базується на переборі всіх можливих варіантів поєднань ваг синапсів за алгоритмом зворотного поширення помилки з різними модифікаціями [2-5].

	1 Var1	2 Var2	3 Var3	4 Var4	5 Var5	6 Var6	7 Var7	8 Var8	9 Var9	10 Var10
1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1
2	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
6	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
7	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0

Рис.1. Фрагмент навчальної вибірки

Таким чином, у результаті синтезу ансамблю моделей з примусовим навчанням на репрезентативній вибірці прикладів з ретроспективної множини бази даних представлені результати досліджень з оцінкою якості результатів моделювання. Експериментальні дослідження показали стійку збіжність процесу навчання до мінімальних помилок при домінуванні числа симптомів у рядках спостережень кожного класу станів суб'єктів (рис. 2).



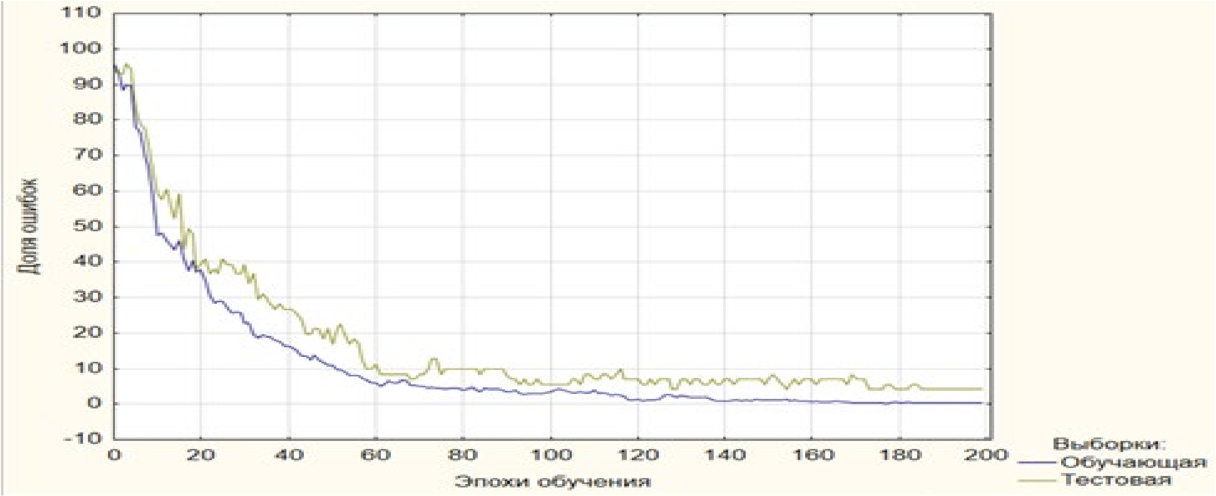


Рис 2. Графіки навчання нейромережевих моделей з різними архітектурами та складністю

У цьому випадку експериментально досягалися прийнятні для практики продуктивність та точність, що дозволяє говорити про спроможність результатів моделювання та доцільність практичного використання отриманих результатів для розпізнавання рівнів білкового балансу суб'єкта, що досліджується.

В результаті моделювання вдалося домогтися стійкої тенденції у збіжності ітераційного процесу навчання до мінімальних помилок на навчальних та тестових множинах. Продуктивність синтезованих моделей виявилася прийнятною для практичного застосування. Інструментально завдання вирішено на платформі пакета технічного аналізу даних.

Таким чином, інтелектуальний аналізатор білкового балансу в базисі штучних нейронних мереж практично реалізуємий, дозволяє досягти необхідних характеристик (точність та продуктивність), забезпечує оперативність аналізу та не вимагає додаткових матеріальних та фінансових витрат.

Висновки.

Для розпізнавання ступеня білкового балансу суб'єкта потрібно визначити функціональну залежність її від значень симптомів. Ця задача вирішена застосуванням технології примусового навчання нейромереж та реалізована моделями з різною архітектурою та складністю як задача розпізнавання образів.

Практична значимість результатів моделювання полягає у синтезі продуктивних моделей оцінки стану білкового балансу та можливості отримання додаткового незалежного каналу аналізу білкового балансу без необхідності використання традиційного методу біохімічного аналізу крові з його обмеженнями та протипоказаннями. Синтезований ансамбль моделей, алгоритмічний та програмний інструментарій дозволяють розширити застосування та знизити вимоги до обмежень, що мають місце при традиційних методах аналізу.

Функціонально програма синтезованих моделей може бути реалізована як самостійна програма в основному програмному коді пакету технічного аналізу, що розширює можливості практичної реалізації штучного інтелекту, розширює коло користувачів та доступність до більш ефективного механізму самоконтролю здоров'я громадян.

Література:

1. Остерман Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие). – М.: Наука, 1981. – 288 с.

2. Хайкин, С. Нейронные сети: Полный курс. 2-е издание / Хайкин С. – М.: "Вильямс", 2006. – 1104 с.

3. Боровиков В.П. STATISTICA NN - Техническое описание. – М.: Мир,1999. – 239 с.

4. Алёшин С.П. Нейросетевое моделирование процесса неинвазивной сатурации субъекта с обеспечением инвариантности к воздействию маскирующих факторов // С.П. Алёшин, О.М. Гайтан // Modern engineering and

innovative technologies. – Karlsruhe, Germany – 2021. – Issue 16. Part 2. – P. 83–89.

5. Алёшин С.П. Covid-19 Coronavirus Screening Analysis Neural Network Technology / С.П. Алёшин, И.В. Хоменко, Н.А. Фурсова // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2021. – № 2 (64). – С. 53–57.

6. Алёшин С.П. Нейросетевой базис поддержки решений в пространстве факторов и состояний высокой размерности: [монография] / С.П. Алёшин. – Полтава: Издание «Скайтек», 2013. – 208 с.

Abstract. *Protein is the main building material of the body, the norm of which must be constantly monitored to prevent its deficiency. One of the most accessible and common analyses of protein level is a biochemical blood test, which allows you to calculate the total amount of proteins, as well as its individual fractions. However, to obtain reliable results of the analysis, it is necessary to follow some mandatory rules. The medicine taken by the patient can also significantly affect the results of the analysis. For cases where it is impossible to conduct a standard protein analysis or to provide restrictions and fulfillment of rules, a technology for intelligent recognition of the protein balance level is proposed. The purpose of the study is to synthesize a neural network model for recognizing the protein balance level based on extracting knowledge from a representative sample of examples in the database of medical histories associated with a deficiency of protein fragments. The task of finding the functional dependence of the protein balance on the values of the symptoms was solved using the technology of forced learning of neural networks and implemented by models with different architectures as a problem of pattern recognition. The practical significance of the results is the possibility of obtaining an additional independent channel for the analysis of protein balance without need to use the traditional method of biochemical blood analysis with its limitations and contraindications. The synthesized ensemble of models, algorithmic and software tools make it possible to expand the application and reduce the requirements for the restrictions of traditional methods of analysis.*

Keywords*: protein analysis, intelligent analyzer, neural network, recognition, signs-symptoms.*

Стаття відправлена: 20.08.2022 г.

© Альошин С.П., Гайтан О.М.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-038
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-038

УДК 004.4

WEB APPLICATIONS TECHNOLOGICAL STACK
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СТЕК РОБОТИ ВЕБ-ДОДАТКІВ

Mychuda L.Z./ Мичуда Л.З.
d.t.s., prof. / д.т.н., проф.
ORCID: 0000-0001-8266-1782
Korobeinikova T.I. / Коробейнікова Т.І.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0003-2487-8742
National University "Lviv Polytechnic", Lviv, S. Bandery St., 12, 79013
Національний Університет «Львівська політехніка», Львів, С. Бандери, 12, 79013
Nepyivoda M.V. / Непийвода М. В.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
викладач спецдисциплін / teacher of special disciplines
ORCID: 0000-0002-9383-7752
Rekalo O. V. / Рекало О. В.
викладач спецдисциплін / teacher of special disciplines
ORCID: 0000-0003-3264-6263
Vinnytsia Technical Vocational College, Vinnytsia, Khmelnytskyi Shosse St., 91/2, 21021
Вінницький технічний фаховий коледж, Вінниця, Хмельницьке шосе, 91/2, 21021

Анотація. *В цій роботі розглядаються механізми і алгоритми роботи серверних додатків, зокрема технологій, на базі яких розробляються самі додатки, технології найбільш популярних баз даних, технології збирання та розгортання додатків і варіанти їх розміщення в робочому середовищі.*

Ключові слова: *веб-додаток, трирівнева архітектура, технологічний стек роботи веб-додатків, рівень презентації, рівень додатку, рівень зберігання, SPA, CDN, монолітна архітектура, мікросервіс, база даних, інфраструктура веб-додатків, SaaS.*

Вступ. В обчислювальних системах веб-додаток – це клієнт-серверна комп'ютерна програма, з якою клієнт (включно із інтерфейсом користувача та логікою на стороні клієнта) працює засобами веб-браузерів [1, 2]. Загальний перелік веб-програм містить такі, як веб-пошта, роздрібні продажі в Інтернеті, онлайн-аукціони тощо [3, 4]. Програми зазвичай розбиваються на логічні фрагменти, які називаються «рівнями», де кожен рівень має свою роль. Традиційно, прикладні програми складаються з одного рівня (рівня клієнтської машини), але веб-додатки природньо прогресують до *n*-рівневого підходу.

Існує багато варіантів структури веб-додатків і найбільш поширеною є трирівнева. Для таких додатків, кінцевим завданням яких є властивості відмовостійкості та автомасштабування [5, 6], пропонується такий технологічний стек роботи веб-додатків: *презентації*, *додатку* і *зберігання*.

Веб-браузер – перший рівень (рівень презентації); рівень, що використовує деякі технології динамічного веб-контенту (наприклад ASP, CGI, ColdFusion, Dart, JSP/Java, Node.js, PHP, Python або Ruby on Rails) – це другий рівень (рівень додатку – тобто, логіка програми); а база даних – це є третій рівень (рівень зберігання). Веб-браузер надсилає запити до другого рівня, що обслуговує його в той час, коли виконує запити і викликає оновлення щодо бази даних (БД) для того, аби згенерувати інтерфейс користувача.

Взаємодія складових у трирівневій архітектурі.

Трирівнева архітектура (рис.1) може бути деталізована і ускладнена під час розроблення більш складних додатків, і тоді може бути доречним використання *n*-ярусного підходу, де найбільшою перевагою стане розділення бізнес-логіки на рівні додатка на більш дрібні моделі. Додатковою перевагою може стати додавання рівня інтеграції, що відокремлює рівень зберігання даних від решти рівнів із забезпеченням простого за реалізацією інтерфейсу для доступу до даних. Скажімо, клієнтські дані будуть доступні за допомогою виклику функції «list_clients()» замість того, щоб зробити SQL-запит безпосередньо до таблиці клієнтів БД. Це дозволяє замінити основну БД без її модифікації на інші рівні.

Дворівнева архітектура передбачає веб-додаток як дворівневу архітектуру із «розумним» клієнтом, який виконує всю роботу і запитує «простий» сервер, або ж «простий» клієнт, який опирається на «розумний» сервер. Тоді клієнт обробляє рівень презентації, сервер буде працює з БД (рівень зберігання), а бізнес-логіка (рівень додатку) буде частиною одного з них або обох. Такий підхід дійсно збільшує масштабованість додатків та відокремлює рівень презентації від рівня зберігання (БД) і не дозволяє здійснювати справжню спеціалізацію шарів, тому більшість програм в перспективі переросте цю модель.

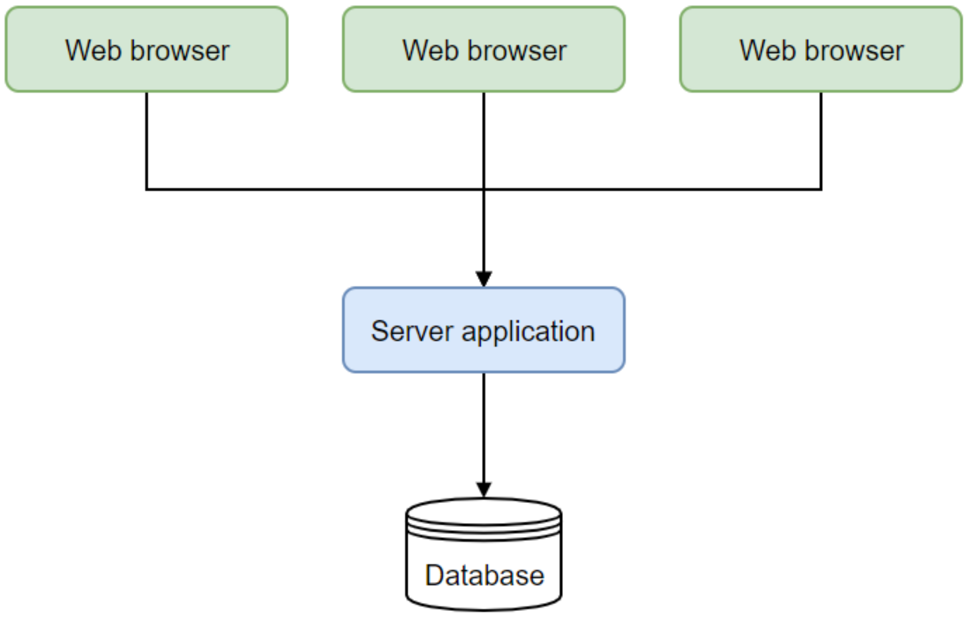


Рисунок 1 – Трирівнева архітектура, взаємодія рівнів

Авторська розробка

Для реалізації комунікації між першим та другим рівнями веб-додатку існує поняття клієнт-серверної моделі взаємодії. Клієнтом зазвичай є веб-браузер (в класичних веб-додатках), але також клієнтами можуть бути і інші додатки, в тому числі серверні. Наприклад – під час розробки додатків за сервісно-орієнтованою архітектурою, сервіс може бути одночасно і клієнтом і сервером, залежно від поточної задачі (рис. 2).

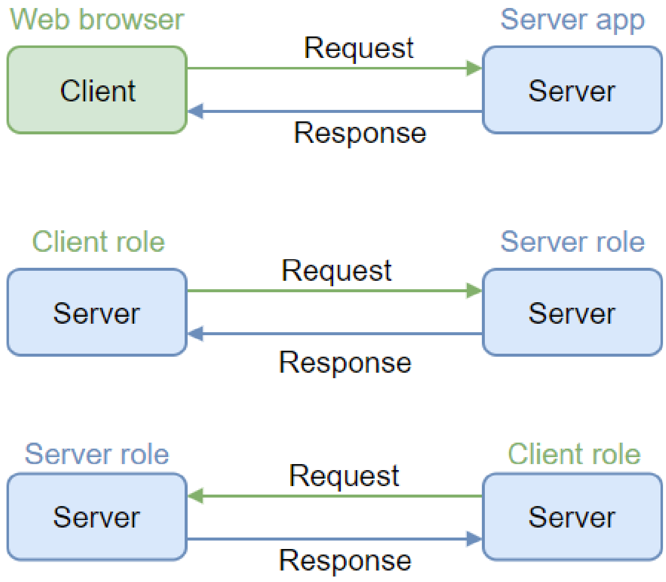


Рисунок 2 – Ролі додатків в клієнт-серверній моделі

Авторська розробка

Клієнтський додаток (рівень презентації).

Зазвичай для розробки рівня презентації використовують технологію SPA (Single page application). Односторінковий додаток (SPA) – це веб-додаток або веб-сайт, який взаємодіє з користувачем, динамічно переписуючи поточну сторінку, а не завантажуючи нові сторінки з сервера. Цей підхід дозволяє уникнути переривання користувацького досвіду між послідовними сторінками, роблячи програму більш схожою на настільну програму. У SPA весь необхідний код – HTML, JavaScript, і CSS – витягується з одного завантаження сторінки, або відповідні ресурси динамічно завантажуються і додаються на сторінку за необхідності, як правило, у відповідь на дії користувача. Сторінка не перезавантажується в будь-якій точці процесу, а також не здійснює передачу керування на іншу сторінку. Взаємодія з SPA часто передбачає динамічну комунікацію з веб-сервером у фоні. Якщо традиційні клієнтські додатки оперують лише HTML сторінками, завантажуючи їх з серверу, то SPA використовують технологію AJAX для отримання даних порційно, завантаживши HTML один раз (рис 3).

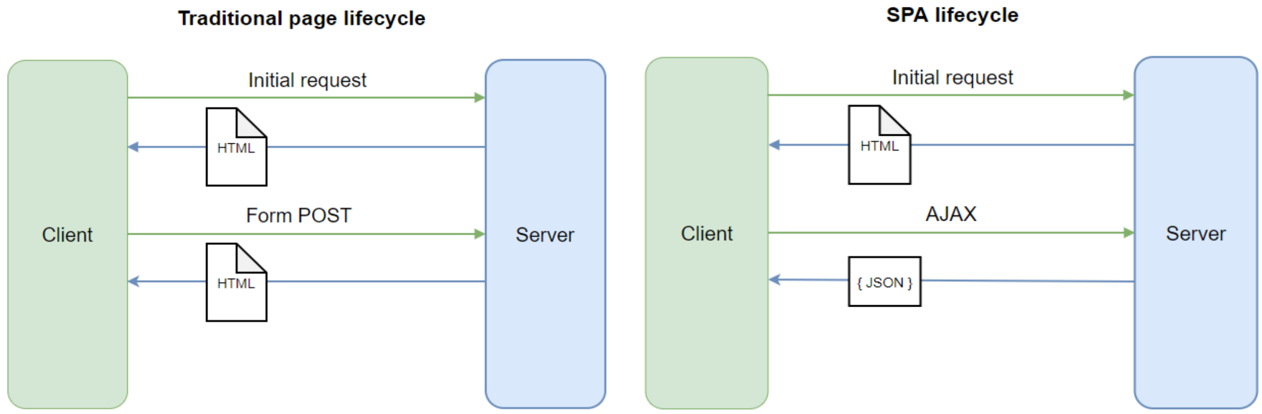


Рисунок 3 – Порівняння алгоритмів роботи традиційних клієнтських додатків та додатків SPA

Авторська розробка

Точкою ініціалізації SPA є завантаження клієнтського додатку (html, css, js), це може робити сервер (який надалі прийматиме запити від SPA) або розподілена мережа доставки контенту CDN (Content delivery network). В першому випадку навантаження лягає на сервер, що може негативно відобразитися на використанні його ресурсів, в другому – на один із серверів провайдеру CDN, який знаходиться територіально найближче до користувача, що істотно зменшує мережеві затримки, тому використання CDN є більш прийнятним для доставлення статичних файлів.

Серверний додаток (рівень додатку).

Серверний додаток це такий, що побудований за моделлю Request-Response (запит-відповідь) і запускається з серверного середовища та із використанням серверних технологій. Серверний додаток не має свого GUI, єдині варіанти взаємодії з ним – через консольні команди (якщо додаток надає таку можливість), та безпосередньо через веб-сервер (Web server) або сервер додатків (Application server). Основними технологіями, на базі яких можлива розробка повноцінних серверних додатків є: ASP.NET, Java Enterprise Edition, PHP, Python, Ruby, NodeJs, Golang тощо. Під час розробки архітектури таких додатків є два основних підходи: монолітна та сервіс-орієнтована архітектура.

Монолітна програма є самодостатньою і незалежною від інших обчислювальних додатків (рис. 4). Філософія архітектури полягає в тому, що додаток відповідає не тільки за конкретне завдання, але може виконувати всі необхідні кроки для виконання певної функції до кінця, і є «комбайном даних», а не частинами більшої системи додатків, які працюють разом. Монолітні веб-додатки масштабуються цілісно і це може привести до неефективності, так як одна частина такого додатку може бути більш навантажена за іншу, і комплексне масштабування коштуватиме набагато більше, ніж потрібно в конкретній ситуації. Перевагами ж такого підходу є тісне узгодження компонентів – немає необхідності їх окремої інтеграції, немає мережевих затримок на виконання підпрограм, тощо.

Мікросервіси – це метод розробки програмного забезпечення – варіант архітектурного стилю *сервісно-орієнтованої архітектури* (SOA), що можна розглядати як мережа слабкозв'язаних мікрододатків [7-9]. У архітектурі мікросервісів кожен сервіс вузькоспеціалізований, а протоколи – легкі (рис. 4). Перевага декомпозиції програми на різні менші служби полягає в тому, що забезпечує модульність. Це полегшує розуміння, розробку, тестування та підвищує стійкість до ерозії архітектури. Така архітектура паралелізує розробку, дозволяючи малим автономним командам розробляти, розгортати і масштабувати свої відповідні послуги незалежно. Вона також дозволяє архітектурі окремого сервісу проходити через постійний рефакторинг. Мікросервісні архітектури забезпечують безперервну доставку і розгортання (CI/CD).

У визначенні архітектури мікросервісу важливим є з'ясувати, наскільки великим має бути індивідуальний мікросервіс. Тут правильна відповідь залежить від ділового та організаційного контексту (часто організації формують «підрозділи» по 6-8 розробників). Але ключове рішення залежить від

того, наскільки «чистими» можуть бути межі сервісу. На протилежній стороні спектру вважається поганою практикою зробити службу занадто малою, оскільки тоді витрати на виконання та складність роботи можуть перекрити переваги підходу. Коли сервіси стають занадто дрібними, необхідно розглянути альтернативні підходи, наприклад, упакувати функцію як бібліотеку або помістити цю функцію в інші мікросервіси.

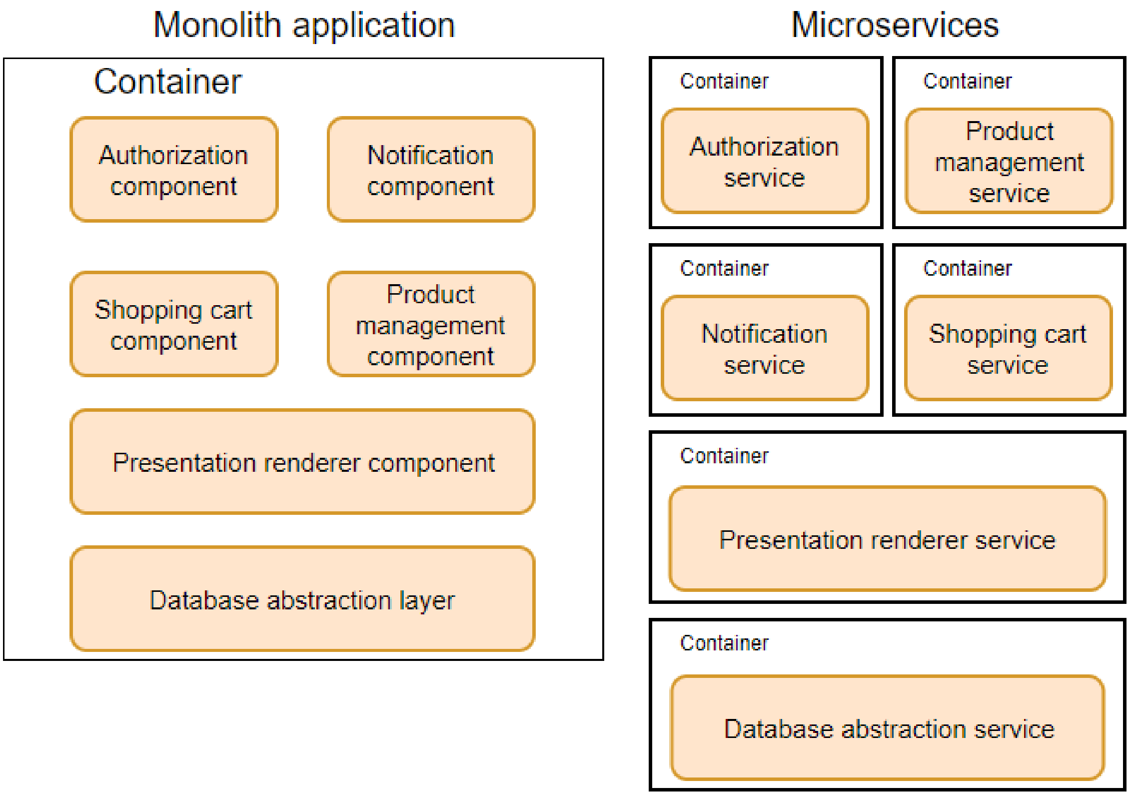


Рисунок 4 – Порівняння монолітної та мікросервісної архітектури
Авторська розробка

Комп'ютерні мікросервіси можуть бути реалізовані різними мовами програмування і використовувати різні інфраструктури. Тому найважливішим під час вибору технології є те, як мікросервіси спілкуються один з одним (синхронні, асинхронні, інтеграція інтерфейсу тощо) і протоколи, що використовуються для зв'язку (REST, обмін повідомленнями, тощо). У традиційній системі більшість технологічних варіантів, таких як мова програмування, впливають на цілі системи.

У мікросервісній архітектурі кожен екземпляр служби з'єднаний з екземпляром зворотного проксі-сервера (проксі-сервіса). Екземпляр служби та проксі-сервер спільно використовують контейнер, а контейнери керуються інструментом для оркестрування контейнерів, таким як Kubernetes. Проксі-сервіси служби несуть відповідальність за зв'язок з іншими екземплярами служби і можуть підтримувати такі можливості, як Service discovery (пошук сервісів), Load balancing (балансування навантаження), аутентифікація і авторизація, захищені комунікації та інші.

База даних (рівень зберігання).

Класичним рішенням для маніпуляцій із даними є реляційна БД. Програмна система, що використовується для підтримки реляційних БД, є реляційною системою управління базами даних (СУБД) і більшість із них використовують SQL для формування запитів і підтримки БД. Реляційна модель організовує дані в одній або декількох таблицях (або «реляціях» БД) стовпців і рядків з унікальним ключем, що ідентифікує кожен рядок (рядки є записами, колонки – атрибутами). Як правило, кожна таблиця/реляція є одним типом сутності. Рядки є екземплярами цього типу об'єктної сутності, а стовпці містять значення, що належать цьому екземпляру.

Кожен рядок таблиці має свій унікальний ключ. Рядки в таблиці можуть бути пов'язані з рядками в інших таблицях шляхом додавання стовпця для унікального ключа пов'язаного рядка (такі стовпці є зовнішніми ключами). Відношення даних довільної складності можуть бути представлені простим набором понять. Реляції є логічним зв'язком між різними таблицями, встановленими на основі взаємодії цих таблиць (рис. 5).

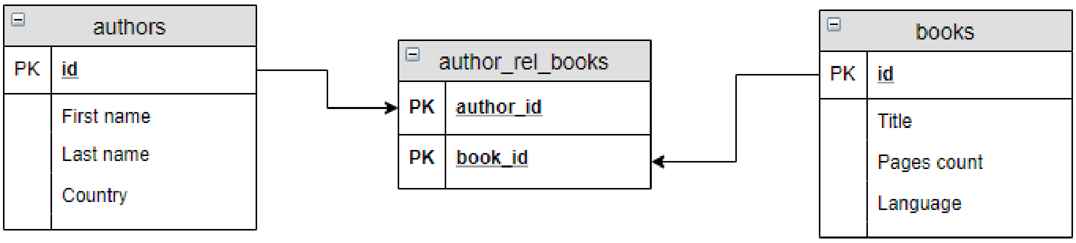


Рисунок 5 – Схема-приклад зв'язку між таблицями в реляційній БД
Авторська розробка

Існує ряд категорій БД, що лежить в проміжку між «плоскими» файлами (які не відносяться до NoSQL) і новими БД на основі графа (вважаються навіть більш реляційними, ніж стандартні реляційні БД). БД плоских файлів складається з однієї таблиці даних, яка не має взаємозв'язку (часто це текстові файли). Користувачі можуть вказувати атрибути даних, такі як стовпці та типи даних. Стандартні реляційні БД дозволяють користувачам керувати попередньо визначеними відношеннями даних у декількох БД. Популярні реляційні БД – це Microsoft SQL Server, Oracle Database, MySQL і PostgreSQL. Реляційні БД на основі хмарних обчислень або БД як служба (DBaaS) також широко використовуються, оскільки дозволяють компаніям передавати на аутсорсинг обслуговування БД, виправлення збоїв та підтримку інфраструктури. Хмарні реляційні БД – це служба реляційних БД Amazon (RDS), Google Cloud SQL, IBM DB2 в хмарі, БД Microsoft Azure SQL і служба хмарних служб Oracle Database. Бази даних NoSQL є альтернативою реляційним БД, що особливо корисно для роботи з великими наборами розподілених даних. Ці БД можуть підтримувати різноманітні моделі даних, включно з ключовими, документальними, стовпчастими та графовими форматами.

Графові БД розширюються за межі традиційних моделей реляційних БД на

основі колонок і рядків. Це БД NoSQL, що використовує вузли і ребра, які інтерпретують зв'язки між відношеннями даних і можуть виявляти нові зв'язки між даними. Графові БД є більш складними, ніж реляційні, і типовим прикладом їх використання є додатки для виявлення шахрайства (їх ще називають веб-рекомендаційними додатками).

Основними перевагами реляційних БД є можливість класифікувати та зберігати дані, які згодом можуть бути запитані та відфільтровані, щоб витягувати конкретну інформацію для звітів. Реляційні БД легко розширюються і не залежать від фізичної організації. Після створення оригінальної БД може бути додана нова категорія даних без зміни всіх існуючих програм. До інших переваг реляційної БД належать: точність: дані зберігаються лише один раз; гнучкість: складні запити легко виконувати користувачам; спільна робота: кілька користувачів працюють з однією БД; довіра: моделі реляційних БД є зрілими і добре зрозумілими; безпека: доступ до даних СУБД може бути обмеженим, щоб дозволити доступ лише окремим користувачам.

Інфраструктура веб-додатків.

Для доставлення визначеного компоненту додатку в робоче середовище є спеціальний підрозділ технологій – інфраструктура. Інфраструктура – це комплекс програмно-технічних засобів, які роблять можливим або спрощують доставлення (в тому числі безперервне) додатку в робоче середовище.

Останнім часом процедури доставлення ПЗ зазнали серйозних змін: якщо ще 10 років назад світом IT керували сервери з віртуалізацією і системні адміністратори; то зараз це – контейнерний підхід, процеси безперервної доставки контейнерів і фахівці з DevOps, які налаштовують допоміжні системи, замість організації всіх процесів «з нуля».

Зазвичай інфраструктура веб-додатку складається з кількох компонентів: інфраструктури самого додатку, інфраструктури БД, інфраструктури інших допоміжних систем. В залежності від потреб кожен компонент може бути розгорнуто вручну, або може бути використано готовий сервіс в форматі SaaS (Software as a service – ПЗ в ролі сервісу). Наприклад, це може бути DBaaS (Database as a service) на базі одного чи декількох хмарних провайдерів (Google Cloud SQL, Amazon RDS тощо). Кожна конкретна конфігурація підбирається спеціалістом DevOps спільно з розробниками ПЗ і представниками бізнесу, з метою визначення найбільш оптимального способу запуску додатку.

Правилом гарного тону є побудова гнучкої інфраструктури з самої першої версії продукту для можливості масштабування і переведення інфраструктури між різними провайдерами (наприклад для визначення найоптимальнішого для конкретних потреб продукту).

Для розвертання серверного веб-додатку також є можливість використати SaaS (наприклад Google App Engine), таким чином забрати з себе обов’язки підтримки, моніторингу, масштабування і відновлення додатка. Але такий підхід потребує розробки спеціального ПЗ для інтеграції розробленого додатку з SaaS системою, що в результаті ускладнює переведення такого ПЗ до іншого хостера, тому вибір використання SaaS продукту має бути аргументованим.

Висновки.

В цій оглядовій дослідницькій роботі ґрунтовно розглядаються механізми і алгоритми роботи серверних додатків. Тут оглянуті технології розробки клієнт-серверних додатків, технології розробки та підтримання найбільш популярних баз даних, технології збирання та розгортання веб-додатків та варіанти їх розміщення в робочому середовищі.

Основним результатом роботи є формування такого технологічного стеку роботи веб-додатків: *презентації*, *додатку* і *зберігання*. Такий підхід створює підґрунтя для подальшого наукового пошуку в напрямку розроблення додатків, кінцевим завданням яких є властивості відмовостійкості та автомасштабування.

Література:

1. Захарченко С. М. Застосування односторінкових веб-орієнтованих інтерфейсів в соціально значущих проектах. / С. М. Захарченко, Т. І. Трояновська, О. В. Бойко В. С. Рибаченко // Вісник ХНУ, №3, 2016р., с. 33-39.

2. Трояновська Т. І. Методи та засоби популяризації комерційних веб-ресурсів / Т. І. Трояновська, Л. А. Савицька, В. Ю. Тарануха // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія. – Вінниця, 2017. – №2, С. 23-30.

3. Трояновська, Т. Алгоритм структурованої візуалізації XML-файлів [Текст] / Трояновська Т. І., Бойко О. В. // „Intrenet-Education-Science” : Міжнародна науково-технічна конференція, 11–14 жовтня 2016 р. – Вінниця : КІВЦ ВНТУ, 2016. – С. 142–144. ISBN 966–641–102–4.

4. Гороховський О. І Інформаційна технологія доставки контенту у системах комп’ютеризованої підготовки спеціалістів. // Гороховський О. І., Азаров О. Д., Трояновська Т. І. Монографія. Вінниця : ВНТУ, 2016.–160 с.

5. Коробейнікова Т.І. Комбінований метод масштабування баз даних. / Коробейнікова Т.І., Захарченко С. М. // International scientific journal «Grail of Science» – 2022. – № 14-15 (May, 2022). – С. 320–326. ISSN: 2710–3056. ISBN 979-8-88526-799-1.

6. Коробейнікова Т.І. Відмовостійкість та автомасштабування веб-ресурсу. / Коробейнікова Т.І., Захарченко С. М. // International scientific journal «Grail of Science» – 2022. – № 14-15 (May, 2022). – С. 312–319. ISSN: 2710–3056. ISBN 979-8-88526-799-1.

7. Трояновська Т. І. Засоби та модель моніторингу даних мікросервісної системи / Т. І. Трояновська, Л. А. Савицька, В. Л. Комаров // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія. – Вінниця, 2018. – №1, С. 28-33.

8. Трояновська Т. І. Аналітика роботи сучасних мікросервісних систем при високих навантаженнях / Трояновська Т. І., Комаров В. Л. Зимові наукові підсумки 2017 року: II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція: тези доповідей, Дніпро, 25 грудня 2017 р. – Ч. 1. – Дніпро: НБК, 2017, с. 26-30.

9. Коробейнікова Т. І. Удосконалений метод розробки API підвищеної швидкодії / Т. І. Коробейнікова, Л. А. Савицька // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія. – Вінниця, 2021. – №1 (том 50), С. 31-35.

Abstract. *This work examines the mechanisms and algorithms of the server-side applications, in particular the technologies on which the applications are being developed, the technologies of the most popular databases, the technologies for assembling and deploying applications and options for placing them in the executing environment.*

Key words: *web application, three-tier architecture, web application technology stack, presentation layer, application layer, storage layer, SPA, CDN, monolithic architecture, microservice, database, web application infrastructure, SaaS.*

Статтю відправлено: 29.08.2022 г.

© Коробейнікова Т. І.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-043
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-043

УДК 004.92

ANTI-ALIAZING OF A STEP TRAJECTOR IMAGE A LINE SEGMENT ON A HEXAGONAL GRID

АНТИАЛІАЙЗИНГ ЗОБРАЖЕННЯ КРОКОВОЇ ТРАЄКТОРІЇ ВІДРІЗКА ПРЯМОЇ НА ГЕКСАГОНАЛЬНОМУ РАСТРІ

Romanyuk O. N./ Романюк О. Н.
d.t.s., prof. / д.т.н., проф.
ORCID: 0000-0002-2245-3364
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske shoes 95, 21021
Вінницький національний технічний університет Вінниця, Хмельницьке шоссе 95, 21021
Melnik O. V. / Мельник О. В.
Applicant /соискатель
ORCID: 0000-0002-5079-166X
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske shoes 95, 21021
Вінницький національний технічний університет Вінниця, Хмельницьке шоссе 95, 21021
Romanyuk S. O. / Романюк С. О.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0002-2245-3364
Odessa Polytechnic National University, Odessa, Shevchenko avenue, 1, 65004
Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, просп. Шевченка, 1, 65004
Korobeinikova T. I. / Коробейнікова Т. І.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0003-2487-8742
National University "Lviv Polytechnic", Lviv, S. Bandery, 12, 79000
Національний Університет «Львівська політехніка», Львів, С. Бандери, 12, 79000
Prozor O. P/ Прозор О. П.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0003-1454-8352
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske shoes 95, 21021
Вінницький національний технічний університет Вінниця, Хмельницьке шоссе 95, 21021

Анотація. *У більшості сучасних систем комп'ютерної графіки використовується растровий принцип формування зображення. При формуванні растрових зображень виникають спотворення, які обумовлені недостатньою роздільною здатністю растра. На зображеннях з'являються артефакти, одним із проявів яких є яскраво виражені сходинки або зубці на краях об'єктів. Даний ефект отримав назву ступінчастого ефекту чи ефекту аліайзингу. Ефект аліайзингу суттєво впливає на реалістичність сформованого зображення, що обумовлює необхідність розробки спеціальних методів і засобів його усунення.*

Суть методу полягає в тому, що піксел розбивається на субпіксели, в центрах кожного з яких розраховується оцінювальна функція. Всі функції розраховуються одночасно та незалежно одна від одної. Знак оцінювальної функції визначає положення субпіксела відносно відрізка прямої. При додатному значенні субпіксел розміщено вище вектора, а при від'ємному – нижче. По однакових знаках оцінювальних функцій легко визначити ділянки піксела, які приміщені по різні сторони від відрізка прямої. Для визначення площі покриття піксела підраховують сумарну кількість субпікселів одного знаку.

Запропонований метод дозволяє суттєво збільшити продуктивність антиаліайзингу за рахунок розпаралелення обчислювального процесу.

Ключові слова: *графічні зображення, антиаліайзинг, гексагональний піксел, відрізок прямої, розпаралелення, згладжування.*

Вступ

У більшості сучасних систем комп'ютерної графіки використовується растровий принцип формування зображення. При формуванні растрових зображень виникають спотворення, які обумовлені недостатньою роздільною здатністю растра. На зображеннях з'являються артефакти, одним із проявів яких є яскраво виражені сходинки або зубці на краях об'єктів. Даний ефект отримав назву ступінчастого ефекту чи ефекту аліайзингу [1]. Ефект аліайзингу суттєво впливає на реалістичність сформованого зображення, що обумовлює необхідність розробки спеціальних методів і засобів його усунення.

Сьогодні в багатьох галузях обчислювальної техніки використовують гексагональний растр [2-10], який дає можливість підвищити розподільну здатність екранів, розшири напрямки руху між точками, згладити крокові траєкторії при формуванні графічних примітивів. Однак і використання гексагональних технологій ефект аліайзингу усунути не вдалося. Проведені дослідження показали [1], що при використанні 17” монітора і розміщенні спостерігача на відстані 65 см від екрана для усунення ефекту аліайзингу потрібен монітор із роздільною здатністю як мінімум 4000x4000 пікселів, а для людей із рівнем зору вище середнього - взагалі 8000x8000 пікселів. Сучасний рівень технологій поки що не в змозі забезпечити таку роздільну здатність, тому для забезпечення реалістичності синтезованих зображень використовують спеціальні методи та засоби усунення ступінчастого ефекту.

Мета статті - розробка методу антиаліайзингу для відрізків прямих, які формуюють на гексагональному растрі

Аналіз літератури

На відміну від звичайних методів растеризації, у яких інтенсивність кольору розраховується тільки в центрі піксела, у методах антиаліайзингу колір обчислюється з урахуванням зони, яка оточує піксел. У методах додаткової вибірки зображення сцени формується з роздільною здатністю більшою, ніж у пристрою відображення, а перед видачею на екран зменшується шляхом усереднення. Такі методи мають просту апаратну реалізацію, однак обсяг обчислень, необхідних для растеризації сцени, росте у квадратичній залежності, що призводить до суттєвого зменшення швидкодії формування зображень. У аналітичних методах антиаліайзингу піксел розглядається не як умовна точка, а як скінченна область. Найбільш поширеними серед аналітичних методів є методи крайового антиаліайзингу, які забезпечують усунення ступінчастого ефекту вздовж контурів об'єктів. Такі методи характеризуються меншою обчислювальною складністю порівняно з методами додаткової вибірки, однак потребують урахування специфіки графічних об'єктів і мають більш складну програмно-апаратну реалізацію. Оскільки використання існуючих методів антиаліайзингу призводить до значного ускладнення обчислювального процесу формування зображень у системах комп'ютерної графіки, тому актуальною є розробка високопродуктивних методів, алгоритмів та структур для процедур антиаліайзингу у спеціалізованих графічних процесорах.

Для основних графічних примітивів [11], таких як відрізок прямої, багатокутник, коло, еліпс існують досить прості аналітичні вирази, що

описують їхні геометричні властивості. Використання певних математичних моделей піксела дозволяє отримати відносно прості з обчислювальної точки зору методи антиаліайзингу. Такі методи отримали назву крайового антиаліайзингу, оскільки, як правило, розглядають лише пікселі розташовані на краях об’єктів [1]. Для кожного виду графічних примітивів використовуються різні підходи, що порівняно з методами надлишкової вибірки є певним недоліком. Проте аналітичні методи характеризуються значно меншою обчислювальною складністю та забезпечують кращу якість згладжування, оскільки враховують особливості та обмеження пристроїв відображення.

У багатьох випадках для усунення крайового антиаліайзингу використовують метод оцінювальної функції. Згідно з методом формується спеціальна функція (рис. 1), знак якої вище прямої додатній, а нижче прямої - від’ємний. При нульовому значенні оцінювальної функції поточна точка траєкторії належить відрізку прямої. Обчислювальний процес при формуванні крокової траєкторії направлений на зміну знаку оцінювальної функції на протилежний.

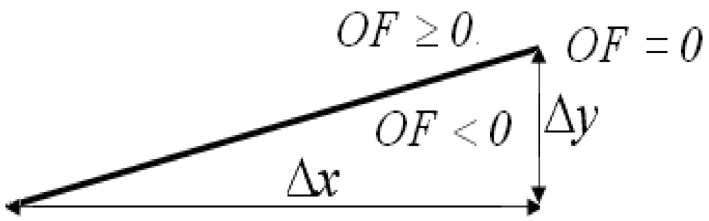


Рисунок 1 – Формування оцінювальної функції

Формула для розрахунку оцінювальної функції має такий вигляд [11]

$$OF_{i+1} = y_i \cdot \Delta x - \Delta y \cdot x_i. \quad (1)$$

Метод оцінювальної функції характеризується простотою обчислювального процесу та високою точністю формування крокової траєкторії, а тому використовується в переважній кількості випадків.

Розробка методу антиаліайзингу

Згідно з методами крайового антиаліайзингу для згладжування границь графічних примітивів інтенсивність I кольору піксела встановлюють пропорційно до площі S покриття піксела об’єктом (рис. 2).

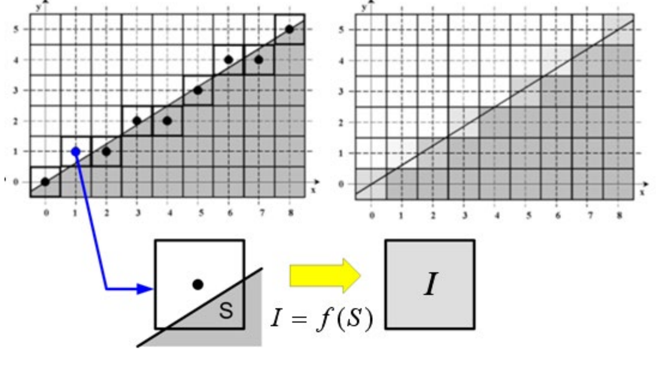


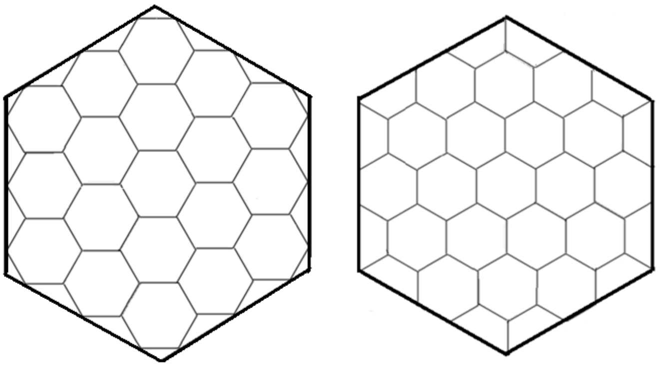
Рисунок 2 – Залежність інтенсивності кольору від площі покриття піксела

Визначення площі S покриття піксела вимагає значних обчислювальних витрат [1], що впливає на швидкодію формування зображення. Тому актуальними є питання розробки підходів до її зменшення.

Пропонується новий метод визначення площі покриття півсела.

Суть методу полягає в тому, що піксел розбивається на субпіксели, в центрах кожного з яких розраховується оцінювальна функція. Всі функції розраховуються одночасно та незалежно одна від одної. Знак оцінювальної функції визначає положення субпіксела відносно відрізка прямої. При додатному значенні субпіксел розміщено вище вектора, а при від'ємному – нижче. По однакових знаках оцінювальних функцій легко визначити ділянки піксела, які приміщені по різні сторони від відрізка прямої. Для визначення площі покриття піксела підраховують сумарну кількість субпікселів одного знаку.

На рис. 3 зображено два варіанта розміщення субпікселів у межах гексагону. Варіант б) є доцільнішим, оскільки в ньому субпіксели краще заміщують площу піксела, а розміщення субпікселів відповідає концепції [2-4] побудови гексагонального растру. У варіанті б) в якості базових комірок використовуються гексагональні субпіксели та їх половинки. Як видно з рисунку, піксел включає 31 субпіксел, з них 19 повністю розміщені в межі піксела.



а б

Рисунок 3 - Варіанти розміщення субпікселів у межах гексагону

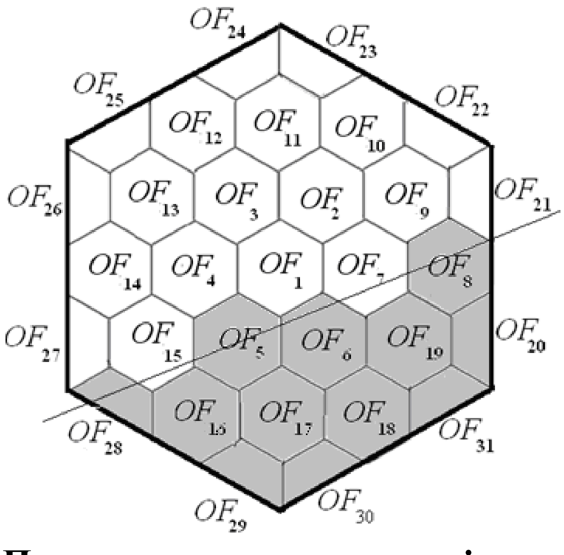


Рисунок 4 – Приклад визначення площі покриття піксела

На рис. 4 наведено приклад перетину відрізком прямої піксела. Для даного випадку оцінювальні функції $OF_8, OF_5, OF_6, OF_{19}, OF_{16}, OF_{17}, OF_{18}, OF_{28}, OF_{29}$, $OF_{30}, OF_{31,} OF_{20}$ мають від'ємний знак. На рисунку субпіксели, в яких оцінювальна функція від'ємна, заштриховані. Повний субпіксел має вагу 1, тому їх сумарна вага дорівнює 7. Неповний (наприклад, 29) субпіксел має вагу 1/2. Їх у заштрихованій ділянці - 5, тому їх сумарна вага дорівнює 2,5. Сумарна вага повних і неповних субпікселів дорівнює 9, 5.

Якщо піксел підлягає зафарбовуванню інтенсивністю кольору I, то для антиаліайзингу необхідно використати інтенсивність кольору $I \cdot \frac{9,5}{25}$.

Розглянемо, для зразка, визначення значення оцінювальної функції для деяких субпікселів. На рис. 5 наведено приклад формування горизонтального та діагонального крокових приростів, а також основні метрологічні розміри.

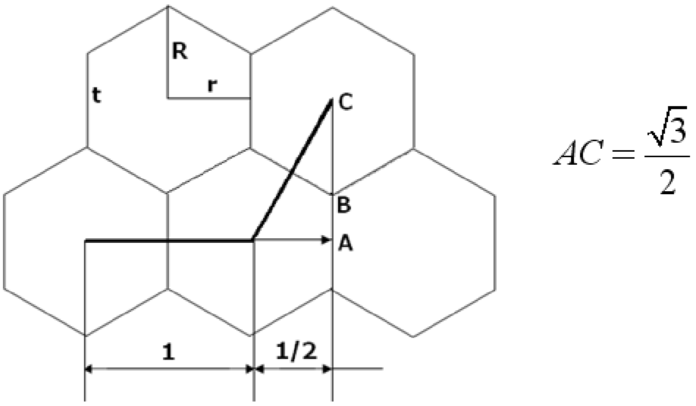


Рисунок 5 – Приклад формування крокових переміщень

Номери субпікселів відповідають індексам оцінювальних функцій.

Для досягнення піксела 8 необхідно виконати два горизонтальних крокових переміщення. Метрологічно це відповідає відстані 2. Тому

$$OF_8 = y_i \Delta x - \Delta y(x_i + 2) = y_i \Delta x - x_i \Delta y - 2\Delta y = OF_i - 2\Delta y.$$

Для досягнення піксела 9 необхідно виконати горизонтальне та послідуюче за ним діагональне крокові переміщення, тому

$$OF_9 = (y_i + \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + 1 + \frac{1}{2}) = y_i \Delta x - x_i \Delta y + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x - \frac{1}{2}\Delta y = OF_i + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x - \frac{3}{2}\Delta y.$$

У табл. 1 наведено формули для визначення значень оцінювальних функцій для повних субпікселів, а у табл.2 – для неповних субпікселів

У наведених таблицях часто використовується множник $\sqrt{3}$. Множення на зазначений множник можна замінити на суму, що спростить обчислення.

Для спрощення обчислень, останнє значення задамо сумою степенів двійки

$$\sqrt{3} \approx 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}.$$

В цьому випадку відносна похибка подання складає всього 1,03 %.

Визначимо максимальну похибку у визначені площі покриття. Розглянемо найдовший шлях, який включає 5 повних субпікселів (рис. 6). У випадку, коли відрізок прямої проходить в безпосередній відстані від центрів субпікселів, то

при визначені площі покриття досягається похибка для кожного субпіксела, яка дорівнює половині його площі. Тому максимальна похибка при визначенні площі не буде перевершувати 5x0,5=2, 5 площ повного субпіксела.

Таблиця 1 – Значення оцінювальних функцій для повних субпікселів

№ субпіксела	Значення оцінювальних функцій
2	$OF_2 = (y_i + \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + \frac{1}{2}) = OF_i + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x - \Delta y\frac{1}{2}.$
7	$OF_7 = y_i\Delta x - \Delta y(x_i + 1) = y_i\Delta x - x_i\Delta y - \Delta y = OF_i - \Delta y.$
8	$OF_8 = y_i\Delta x - \Delta y(x_i + 2) = y_i\Delta x - x_i\Delta y - 2\Delta y = OF_i - 2\Delta y.$
4	$OF_4 = y_i\Delta x - \Delta y(x_i - 1) = y_i\Delta x - x_i\Delta y + \Delta y = OF_i + \Delta y.$
14	$OF_{14} = y_i\Delta x - \Delta y(x_i - 2) = y_i\Delta x - x_i\Delta y + \Delta y = OF_i + 2\Delta y.$
3	$OF_3 = (y_i + \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - \frac{1}{2}) = y_i\Delta x - x_i\Delta y + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x + \frac{1}{2}\Delta y = OF_i + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x + \frac{1}{2}\Delta y.$
9	$OF_9 = (y_i + \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + 1 + \frac{1}{2}) = OF_i + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x - \frac{3}{2}\Delta y.$
13	$OF_{13} = (y_i + \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - 1 - \frac{1}{2}) = OF_i + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x + \frac{3}{2}\Delta y.$
11	$OF_{11} = (y_i + 2\frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - 0) = OF_i + \sqrt{3}\Delta x.$
12	$OF_{12} = (y_i + 2\frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - 1) = OF_i + \sqrt{3}\Delta + \Delta y.$
10	$OF_{10} = (y_i + 2\frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + 1) = OF_i + \sqrt{3}\Delta x - \Delta y.$
5	$OF_5 = (y_i - \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - \frac{1}{2}) = OF_i - \frac{\sqrt{3}}{2} + \Delta y\frac{1}{2}.$
6	$OF_6 = (y_i - \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + \frac{1}{2}) = OF_i - \frac{\sqrt{3}}{2} - \Delta y\frac{1}{2}.$
15	$OF_{15} = (y_i - \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - 1\frac{1}{2}) = OF_i - \frac{\sqrt{3}}{2} + \Delta y\frac{3}{2}.$
19	$OF_{19} = (y_i - \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + 1\frac{1}{2}) = OF_i - \frac{\sqrt{3}}{2} - \Delta y\frac{3}{2}.$
16	$OF_{19} = (y_i - \frac{3\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - 1\frac{1}{2}) = OF_i - \frac{3\sqrt{3}}{2} + \Delta y\frac{3}{2}.$

Якщо відрізок прямої перетинає майже половину піксела (рис. 7), то похибка визначення інтенсивності кольору буде дорівнювати половині рівня інтенсивності кольору. Для розглянутого випадку, в 31 рівень, є прийнятним.

Таблиця 2 - Значення оцінювальних функцій для неповних субпікселів

№ субпіксела	Значення оцінювальних функцій
18	$OF_{18} = (y_i - \frac{2\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + 1) = OF_i - \sqrt{3}\,\Delta x - \Delta y.$
17	$OF_{17} = (y_i - \frac{2\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y x_i = OF_i - \sqrt{3}\,\Delta x.$
23	$OF_{23} = (y_i - \frac{4\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + \frac{1}{2}) = OF_i - 2\sqrt{3}\,\Delta x - \frac{1}{2}\Delta y.$
24	$OF_{24} = (y_i - \frac{4\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - \frac{1}{2}) = OF_i - 2\sqrt{3}\,\Delta x + \frac{1}{2}\Delta y.$
25	$OF_{24} = (y_i - \frac{3\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - 2) = OF_i - 2\sqrt{3}\,\Delta x + 2\Delta y.$
26	$OF_{26} = (y_i - \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - \frac{3}{2}) = OF_i - \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x + \frac{3}{2}\Delta y.$
27	$OF_{27} = (y_i - \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - \frac{3}{2}) = OF_i - \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x + \frac{3}{2}\Delta y.$
28	$OF_{28} = (y_i - \frac{2\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - 2) = OF_i - \sqrt{3}\,\Delta x + 2\Delta y.$
29	$OF_{29} = (y_i - \frac{3\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i - \frac{1}{2}) = OF_i - \frac{3\sqrt{3}}{2}\Delta x - \frac{1}{2}\Delta y.$
30	$OF_{29} = (y_i - \frac{3\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + \frac{1}{2}) = OF_i - \frac{3\sqrt{3}}{2}\Delta x + \frac{1}{2}\Delta y.$
31	$OF_{31} = (y_i - \frac{2\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + \frac{3}{2}) = OF_i - \sqrt{3}\,\Delta x - \frac{3}{2}\Delta y.$
20	$OF_{20} = (y_i - \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + 2) = OF_i - \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x - 2\Delta y.$
21	$OF_{21} = (y_i + \frac{\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + \frac{5}{2}) = OF_i + \frac{\sqrt{3}}{2}\Delta x - \frac{5}{2}\Delta y.$
22	$OF_{22} = (y_i + \frac{2\sqrt{3}}{2})\Delta x - \Delta y(x_i + 2) = OF_i + \sqrt{3}\,\Delta x - 2\Delta y.$

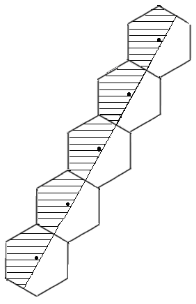


Рисунок 6 – Найдовший шлях у гексагональному пікселі

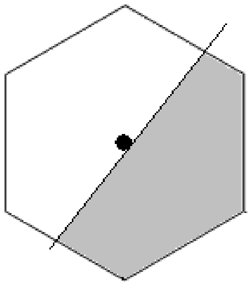


Рисунок 7 – Перетин субпіксела

Висновки

Запропоновано метод антиаліайзингу крокової траєкторії відрізка прямої на гексагональному растрі. Суть методу полягає в тому, що піксел розбивається на субпіксели, в центрах кожного з яких розраховується оцінювальна функція. По однакових знаках оцінювальних функцій легко визначити ділянки піксела, які приміщені по різні сторони від відрізка прямої. Для визначення площі покриття піксела підраховують сумарну кількість субпікселів одного знаку.

Запропонований метод дозволяє суттєво збільшити продуктивність антиаліайзингу за рахунок розпаралелення обчислювального процесу.

Література

1. Романюк О. Н. Курінний М. С. Методи та засоби антиаліайзингу контурів об'єктів у системах комп'ютерної графіки. *Монографія* . - Вінниця: УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006. — 163 с.

2. Романюк О. Н., Мельник О. В. Особливості гексагональної моделі піксела. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.* 2014. № 1. С. 91-95.

3. Романюк О. Н., Мельник. Формування відрізків прямих на гексагональному растрі. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка».* 2016. №2(23). – С. 69–72.

4. Романюк О. Н., Мельник О. В. Особливості використання гексагонального растра при побудові пристроїв відображення. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.* 2016. № 3. С. 105-109.

5. Melnik O., Romanyuk O.,Romanyuk O., Savratsky V. Applying of hexagonal raster in image formation scientific foundations of modern engineering. Monography/International Science Group. *Boston: Primedia eLaunch*, 2020. 166=175 p

6. Романюк О. Н., Мельник О. В., Коваль Л. Г. Використання гексагональних комірок у видавничій справі. *Інформація, комунікація та управління знаннями в глобалізованому світі* Матеріали П'ятої міжнародної наукової конференції «Інформація, комунікація та управління знаннями в глобалізованому світі», Київ, 22 травня, 2022. С.45-47.

7. Романюк О.Н., Мельник О.В., Марущак А.В., Шмалюх В.А. Комп'ютерна програма для імітації гексагонального растру. *Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості*: тези Республ. наук.-практ.

конф., м. Івано-Франківськ, 8 жовтня, 2020. С.70-71.

8. Панфілова Ю. О., Романюк О Н., Мельник О.В. Використання гексагонального растру в комп'ютерних іграх. *Інформаційно-комп'ютерні технології*: тези доп. XII Міжнародної науково-технічної конференції , м. Житомир, 01 - 03 квітня 2021 р. / Житомирська по-літехніка, 2021. С.205

9. Романюк О. Н., Мельник О.В., Чехместрук Р. Ю., Романюк С. О. Основні співвідношення гексагонального растру. *Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі*: матеріали VII Міжн. наук.-практ. конф. м. Київ, 21 квітня 2022. С. 59-61.

10. Romanyuk Olexander, Pavlov Sergii, Melnyk Olexander, Romanyuk Sergii, Smolarz Andrzej, Bazarova Madina, Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model, Proc. SPIE 9816, *Optical Fibers and Their Applications* 2015, 981617 (17 December 2015); doi: 10.1117/12.2229013.

11. Пєтух А. М., Обідник Д. Т., Романюк О.Н. Інтерполяція в задачах контурного формоутворення: *монографія.* Вінниця: ВНТУ, 2007. 103 с.

Abstract. *When creating raster images, distortions occur due to the insufficient resolution of the raster. Artifacts appear in the images , one of the manifestations of which are pronounced steps or teeth on the edges of objects. This effect was called the step effect or the aliasing effect. The aliasing effect significantly affects the realism of the formed image, which necessitates the development of special methods and means of its elimination.*

The essence of the method is that the pixel is divided into subpixels, in the centers of each of which the evaluation function is calculated. All functions are calculated simultaneously and independently of each other. The sign of the evaluation function determines the position of the subpixel relative to the line segment. With a positive value, the subpixel is placed above the vector, and with a negative value - below. Using the same signs of the evaluation functions, it is easy to determine the areas of the pixel that are located on different sides of the line segment. To determine the coverage area of a pixel, the total number of subpixels of one character is calculated.

The proposed method allows you to significantly increase the performance of anti-aliasing due to the parallelization of the computing process.

Key words: *graphic images, antialiasing, hexagonal pixel, line segment, parallelization, smoothing.*

Статья отправлена: 03.09.2022 г.

© Романюк О.Н.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-001
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-001

УДК 656.714

MODERN AND PROSPECTIVE TOWING METHODS AIRCRAFT

СУЧАСНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ БУКСИРУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Biliakovych O.M. / Біякович О.М.
c.t.s., doc. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0003-3887-3715
National Aviation University, Kiev, Liubomyra Huzara, 1, 03058
Національний авіаційний університет, Київ, Любомира Гузара, 1, 03058

Анотація. *Стаття присвячена аналізу традиційних способів буксирування повітряних суден в аеропортах цивільної авіації, транспортних засобів, за допомогою яких реалізуються дані технології, а також розглянуто найбільш перспективні інноваційні проекти щодо вдосконалення процесів транспортування літаків по аеродромах з економічних та екологічних позицій.*

Ключові слова: *повітряне судно, буксирування, перон, аеродром, аеропорт, аеродромний тягач, наземне обслуговування, тягове зусилля, буксирувальне обладнання, передня стійка шасі, екіпаж, авіаційна безпека.*

Вступ.

Буксирування повітряного судна – це його переміщення по поверхні аеродрому під дією зусилля зовнішнього джерела (зазвичай спеціальних транспортних засобів).

Доцільність застосування процесу буксирування ПС пояснюється багатьма чинниками, зокрема, необхідністю щодо забезпечення безпеки пересування персоналу аеропортів по перону, економією моторесурсу та пального авіадвигунів, а також захистом навколишнього середовища від шуму та забруднень.

Проте процес буксирування збільшує час перебування ПС в аеропорту, що негативно впливає на величину комерційної швидкості авіаперевезень - основний показник ефективності використання авіаційної техніки.

Виходячи з вищезазначеного, процес буксирування повітряних суден (ПС) на аеродромах повинен бути короткочасним з мінімальним впливом на основні параметри ефективності комерційних авіаційних перевезень [1].

Основний текст.

На сьогоднішній день в аеропортах реалізуються три основних способи буксирування ПС, про які піде мова далі, крім того вже зараз в авіаційній галузі поступово вводяться інші, принципово відмінні від згаданих, способи буксирування літаків на різних стадіях впровадження – від проектних рішень до готових експлуатаційних зразків аеропортового обладнання та авіаційної наземної техніки, аналіз яких також буде наведено в матеріалах даної статті.

Отже, основні способи буксирування ПС, що сьогодні застосовуються в сучасних аеропортах, базуються на використанні відповідного спеціального обладнання та аеродромних тягачів (АТ) різноманітної конструкції. Перший спосіб буксирування ПС вимагає наявності АТ з буксирувальним обладнанням, другий – АТ, що мають можливість підіймати ПС за передню (основну) стійку шасі та фіксувати її на відповідній платформі (з використанням маси літака),

третій – АТ можливістю передавати крутний момент від привідних роликів на самому тягачі до пневматиків шасі ПС (з фрикційною передачею).

У даний час найбільше поширення знайшли прості і надійні способи буксирування ПС за допомогою АТ, які передають тягове зусилля на літак за допомогою буксирувальних водил - при русі ПС «носовою частиною вперед» і з використанням двох строп однакової довжини при русі ПС «хвостовою частиною вперед» [2].

Другий спосіб буксирування ПС базується на експлуатації тягачів, для збільшення сили зчеплення коліс з покриттям аеродрому у яких використовується маса літака.

Фактично, даний тип АТ являє собою потужний пересувний гідравлічний підйомник, і перед буксируванням реалізовується технологічний процес захоплення пневматиків основної стійки шасі літака та їх встановлення на спеціальну низькорозташовану платформу тягача.

Такі безводильні АТ мають відносно невелику вагу та габаритні розміри і застосовуються не тільки для переміщення ПС по аеродрому, а також і для буксирування літаків до ангарів.

Спосіб буксирування літаків з підйомом носової частини та жорсткою фіксацією передньої стійки шасі з причини конструктивної складності до недавнього часу не знаходив широкого впровадження. Проте сьогодні існують достатньо надійні тягачі від провідних закордонних фірм, які мають високий ресурс та активно залучаються до буксирувальних технологій в багатьох аеропортах України [3, 4].

До другого способу буксирування ПС (з використанням маси літака) варто віднести технологію використання роботизованих тягачів TaxiBot, яка останнім часом стає все більш популярною в потужних міжнародних аеропортах світу.

TaxiBot - напівавтоматичний тягач-буксирувальник для переміщення ПС від перону до місця зльоту виробництва ізраїльської компанії Israel Aerospace Industries (IAI). Перед початком буксирування переднє шасі літака (колісний візок) входить у поворотну турель тягача і надійно фіксується. Турель може вільно обертатися і без затримки передавати команди про гальмування та поворот, що подаються пілотом, на переднє колесо авіалайнера, на органи керування тягачем. При цьому пілот не відчуває присутності тягача навіть під час руху, гальмування літака здійснюється його гальмами, а не тягачом, переміщення ПС реалізується при вимкнених ходових двигунах авіалайнера, адже енергія потрібна тільки для живлення приладів, освітлення та кондиціювання повітря в салонах. Для здійснення буксирування літаків TaxiBot оснащений гібридним електричним двигуном [5, 6]. У лютому 2015 року почав працювати на постійній основі в аеропорту Франкфурта в Німеччині, таким чином, його використовує німецька авіакомпанія Lufthansa [7]

Третім, принципово відмінним від двох попередніх, є спосіб буксирування ПС за допомогою фрикційної передачі, який має ряд переваг, зокрема, відсутня з'єднувальна ланка – водило, порівняно невеликий радіус повороту ПС при маневруванні, плавне зрушення літака з місця, м'яке та ефективне гальмування. Принцип дії фрикційного пристрою для буксирування літака полягає в передачі

від нього на пневматик основної стійки шасі (або бокової стійки шасі) літака крутного моменту, достатнього для рушення з місця і руху ПС. Такі пристрої застосовуються, в основному, для буксирування легких ПС, зокрема, літаків бізнес-авіації [8].

З розвитком технологій в наші дні впроваджуються оригінальні інноваційні рішення щодо вдосконалення процесів буксирування ПС, розробляються і нові види тягачів, здатні в майбутньому замінити традиційні АТ.

Зокрема, американська компанія TNA Aviation Technologies для переміщення пасажирських літаків з максимальною злітною масою від 9 до 60 т. пропонує використовувати тягач-робот Tugmaxxe. Поворотна платформа може обертатися на 360°, завдяки чому робот здатний розвернути повітряне судно практично на одному місці без необхідності повороту передньої стійки шасі. Крім дистанційного керування роботом-тягачем можна керувати в напівавтоматичному режимі [9].

Абсолютно інше технологічне рішення продемонструвала американська компанія WheelTug, яка запропонувала використовувати замість аеродромного тягача спеціальне моторизоване колесо, встановлене замість стандартного колеса передньої стійки шасі літака. Згідно із задумом розробників, таке колесо з вбудованим електродвигуном дозволить пасажирським літакам повністю самостійно переміщуватись по території аеродрому. Для руху пілоту необхідно буде лише запустити допоміжну силову установку і вмикнути мотор-колесо. Управління рухом буде здійснюватись з кабіни екіпажу за допомогою стандартних органів керування. Передбачено розміщення в кабіні спеціального перемикача для включення пристрою в режимі руху вперед або назад, а також установка екрана, на який буде виводитися зображення з зовнішніх камер під час рулювання [10].

Компанія Aircraft Towing Systems World Wide LLC працює над новою екологічною технологією переміщення ПС по аеродрому, фактично, над системою буксирування літаків з електроприводом. Планується створення системи ATS в автоматичному режимі, використання тягово-буксирувальних візків з електричним приводом, що будуть рухатись по монорейці у підземному каналі та тягнути літак від злітно-посадкової смуги до місця стоянки на пероні і в зворотньому напрямку [11]. Очікується, що система буде доступна для промислового виробництва восени 2022 року.

Ідея є достатньо цікавою, проте, на мій погляд, швидке впровадження подібних систем в експлуатацію не передбачається з огляду на необхідність вирішення складних, як технічних, так і економічних проблем – починаючи від створення дуже складних комунікацій із влаштуванням тунелів по центру рульових доріжок і по всьому перону, причому, не тільки тунелів, але й автоматичних систем усередині подібних комунікацій, які послаблюють монолітну конструкцію аеродромного покриття, і закінчуючи наявністю віртуозного вміння пілотів зарулювати на маленький і вузький майданчик рухомого візка. Окреме питання – аналіз вартості реконструкції аеродрому та надійності даних систем.

Висновок.

Цілком очевидно, що зростання парку традиційних аеродромних тягачів в аеропортах зі значною інтенсивністю польотів збільшує щільність руху на пероні, створюючи умови для додаткових затримок, крім того, витрати часу на процеси автономного приєднання-від'єднання зчепних пристроїв також сприяють зменшенню ефективності операцій з наземного обслуговування літаків. Варто враховувати і складність взаємодії людини і машини в середовищі, яке динамічно змінюється, що загрожує ефективності прийняття рішень авіаційним персоналом.

Отже, на часі виникає необхідність у реалізації інноваційних рішень щодо процесів буксирування ПС в провідних аеропортах світу, враховуючи постійне збільшення обсягу пасажиро- та вантажоперевезень, і як наслідок – суттєве зростання парку ПС та рівня завантаженості перонної інфраструктури. Не варто нехтувати традиційними водильними та безводильними способами транспортування літаків по аеродрому, але в той же час з'являється потреба у впровадженні нових автоматизованих систем буксирування повітряних суден, що здатні покращити рівень безпеки польотів, економічні та екологічні показники сучасних міжнародних аеропортів.

Література:

1. Білякович О.М. Аеродромно-технічне забезпечення польотів: конспект лекцій / О.М.Білякович. – К.: НАУ-друк, 2009.–84 с.

2. Aircraft Towing [електронний ресурс] – Режим доступу: https://skybrary.aero/articles/aircraft-towing

3. Технологии наземного обслуживания воздушных судов: Лабораторный практикум для студентов-иностранцев / сост. О.Н.Билякович, А.В.Данилейко, Л.Г.Билякович – К.:НАУ- друк., 2017. – 68 с.

4. Експлуатація авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів: лабораторний практикум / уклад.: О. М. Білякович, Л. В. Курбет. – К. : НАУ, 2021. – 74 с.

5. TaxiBot [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.airport-suppliers.com/product/taxibot/

6. TaxiBot Semi-Robotic Aircraft Tractor [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.iai.co.il/p/taxibot

7. TaxiBot [електронний ресурс] – Режим доступу: http://cyclowiki.org/wiki/TaxiBot

8. SCHOPF Ground Support Equipment [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.yumpu.com/en/document/view/30675243/schopf-ground-support-equip ment-schopf-maschinenbau

9. A Towbarless Remote Controlled Electric Aircraft Tug System Capable of Towing Very Large Business Jets in Challenging Conditions [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.pr.com/press-release /726725#:~:text=TNA%20Aviation%20Technologies%2C%20a%20divis ion,under%20the%20brand%20TugMAXXE®

10. WHAT IS WHEELTUG TAXIING SYSTEM? [електронний ресурс] –

Режим доступу: https://techsinghurs. wixsite. com/mysite/post/what-is-wheeltug-taxiing-system

11. The power of electricity: Towing aviation towards a greener future [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.airport-technology.com/features/the-power-of-electricity-towing-aviation-towards-a-greener-future/

Abstract. *The article is devoted to the analysis of traditional methods of towing aircraft at civil aviation airports, vehicles with which these technologies are implemented, as well as the most promising innovative projects to improve the process of transporting aircraft at airfields from economic and environmental positions.*

Key words: *aircraft, towing, platform, aerodrome, airport, aerodrome tractor, ground service, traction, towing equipment, front landing gear, crew, aviation safety.*

Стаття відправлена: 01.07.2022 р.
© Білякович О.М.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-021
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-021

УДК 629.736.072.8; 681.3

SENSOR CALIBRATION OF FLIGHT SIMULATOR MOTION SYSTEMS

КАЛІБРУВАННЯ ДАТЧИКІВ ДИНАМІЧНОГО СТЕНДУ АВІАЦІЙНОГО ТРЕНАЖЕРА

Kabanyachyi V.V. / Кабанячий В.В.
d.t.s. / д.т.н.
ORCID: 0000-0003-0170-3923
Sukhov V.V. / Сухов В.В.
d.t.s., prof. / д.т.н., проф.
ORCID: 000-0002-4151-605X
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 37 Peremohy Avenue, 03056
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" , Київ, пр. Перемоги 37, 03056

Annotation. *Characteristics of flight simulator motion system directly affect on quality of motion cueing and, in this way, conformity of simulators to requirements. Method of calibration of both linear and angular acceleration and angular velocity sensors was developed. Developed methodology of sensor calibration ensuring the possibility of determining of motion system characteristics and, upon request, adjusting them. Approbation of the methodology on the aircraft flight simulators Il-96-300, Tu-204 and An-74TK-200 showed its efficiency.*

Keywords: *flight simulator motion system, sensor calibration.*

Introduction. According to the flight simulator requirements [1], six-degrees-of-freedom motion systems (6DOF) are a mandatory component of full flight simulators of the qualification level C and D. This is due to the requirement for motion cueing along six degrees of freedom: three translational (longitudinal, lateral, vertical) and three angular (pitch, roll, yaw). To ensure this, flight simulator cockpit is installed on 6DOF (Figure 1), whose movement creates motion cues along six degrees of freedom.

In order to meet the flight simulator requirements, a certain quality of motion cueing is required, to ensure which 6DOF characteristics are determined and, if necessary, adjustments are made to ensure that flight simulator meet the flight simulator requirements.

Motion systems have come a long way in development: from the first primitive device of Sander Thacher and Eardley Beeley in 1910 to the modern 6DOF, which scheme was proposed by Stewart [2] (Figure 2). This 6DOF has lower friction forces, lower mass of moving parts, better dynamic characteristics, a simpler design that does not limit a view through cockpit enclosure, provides ranges of linear movements of more than 1 m and angular - 25 degrees. In Ukraine, the first 6DOF as part of the flight simulator An-74TK-200 appeared in the mid-nineties of XX century. Investigations of motion system characteristics were conducted on the flight simulators Il-96-300, Tu-204 and An-74TK-200 [2 – 7].

Determining of 6DOF characteristics begins with sensor calibrations. Since the sensor calibrations is an important component of meeting the flight simulator requirements, the development of sensor calibrations methodology is an actual problem.

Figure 1 - Modern flight simulator

Method of calibration of both linear and angular acceleration and angular velocity sensors

To form the transformation operator of 6DOF movements along individual degrees of freedom into the movement of jacks, lets introduce (see Figure 2) the right coordinate system *OXYZ* connected to 6DOF, which origin point *O* is in the plane of the upper hinges $K_1K_2K_3$, and the axes *OX*, *OY* and *OZ* are parallel to the respective aircraft axes, and the normal fixed terrestrial coordinate system $O_gX_gY_gZ_g$, which origin point O_g coincides with the projection of point *O* on the plane of the 6DOF lower hinges $J_1J_2J_3J_4J_5J_6$ under the condition of jack movements equality $l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = l_5 = l_6$, and whose axes O_gX_g, O_gY_g and O_gZ_g are parallel to the axes *OX*, *OY* and *OZ*, respectively. The angular orientation of the body coordinate system *OXYZ* is determined by the angles of roll γ, yaw ψ, and pitch ϑ.

In the scalar form, the rotation center coordinates of the jack upper hinges in the terrestrial coordinate system $O_gX_gY_gZ_g$ are described by the equations [8]:

$$x_{\text{в}k} = x + x_{\text{во}k}\cos\psi\cos\vartheta + z_{\text{во}k}(\sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma + \sin\psi\cos\gamma);$$

$$y_{\text{в}k} = y + x_{\text{во}k}\sin\vartheta - z_{\text{во}k}\cos\vartheta\sin\gamma + Y_{\text{вп}}; \quad (1)$$

$$z_{\text{в}k} = z - x_{\text{во}k}\cos\vartheta\sin\psi + z_{\text{во}k}(\cos\psi\cos\gamma - \sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma), k = \overline{1,6},$$

where $Y_{вп}$ is the coordinate of the jack upper hinges along the vertical axis OY in the 6DOF initial position $Y_{вп} = \sqrt{l_{вп}^2 +}$, where $x_{нk}$, $z_{нk}$ are, respectively, the rotation center coordinates of the k-th lower hinges in the terrestrial coordinate system $O_gX_gY_gZ_g$ along the axes O_gX_g and O_gZ_g; $l_{вп}$ is the jack average length, which corresponds to the initial jack position and is equal to half the working stroke of the jack rods $l_{вп} = (l_{max} - l_{min}) / 2$, where l_{max}, l_{min} are, respectively, the jack lengths when the rod is fully extended and fully retracted, which are defined as the distances between the upper and the lower hinges in the jack direction with the rod fully extended and fully retracted.

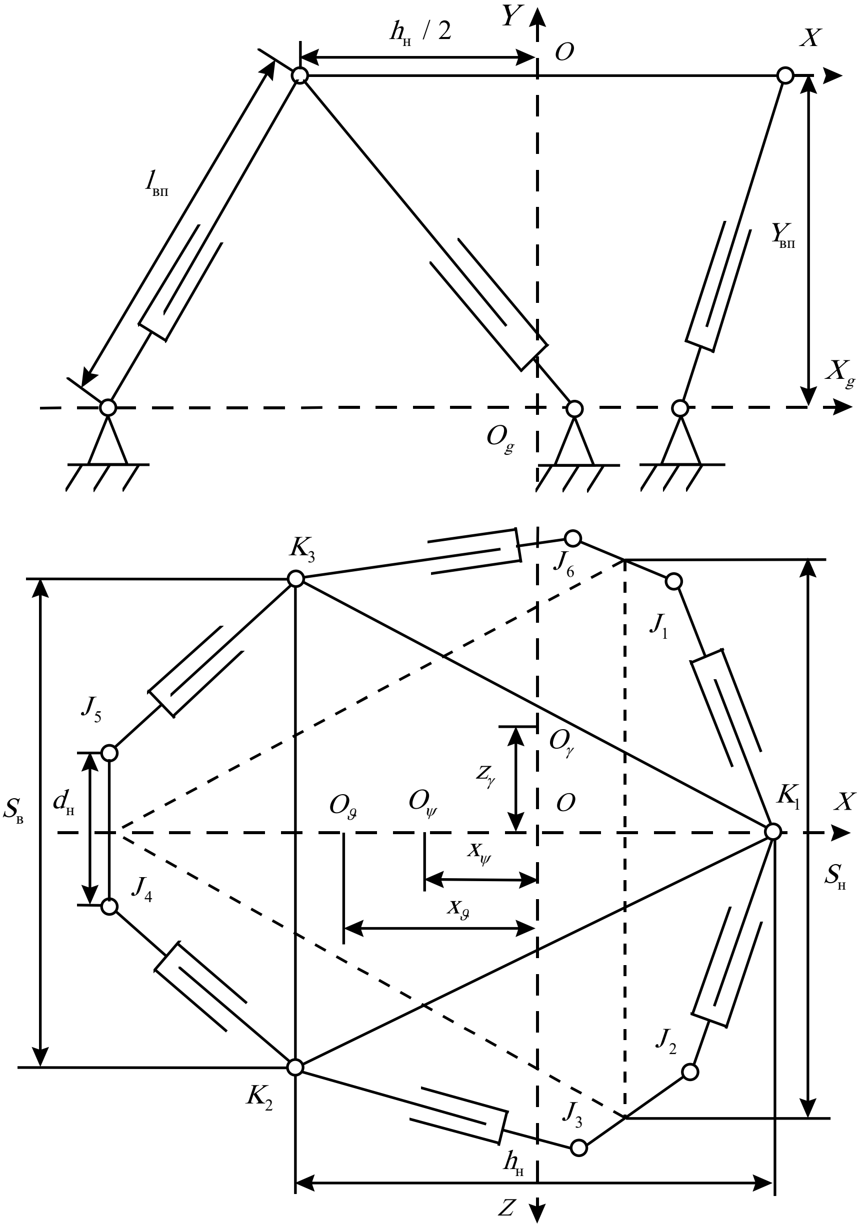


Figure 2 - Kinematic scheme of 6DOF

To determine the spatial position of the 6DOF based on the known jack displacement, equations (1) are written in the form:

$$f_{jk}(s)=\left[x+x_{\text{В}Оk}\cos\psi\cos\vartheta+z_{\text{В}Оk}(\sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma+\sin\psi\cos\gamma)-x_{\text{Н}k}\right]^2+$$
$$+(y+x_{\text{В}Оk}\sin\vartheta-z_{\text{В}Оk}\cos\vartheta\sin\gamma+Y_{\text{ВП}})^2+\left[z-x_{\text{В}Оk}\cos\vartheta\sin\psi+\right. \qquad (2)$$
$$\left.+z_{\text{В}Оk}(\cos\psi\cos\gamma-\sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma)-z_{\text{Н}k}\right]-(l_{\text{ВП}}+l_k)^2=0,\ k=\overline{1,6},\ j=\overline{1,6},$$

where $f_{jk}(s)$, $k=\overline{1,6}$, $j=\overline{1,6}$ are continuous functions.

To solve the system of nonlinear equations (2), which is differentiated at least once, the Newton-Kantorovich method [9] can be applied. For this, the Jacobi matrix is determined, which for the system of equations (2) is as follows:

$$f'_{1k}(x)=2[x+x_{\text{в}оk}\cos\psi\cos\vartheta+z_{\text{в}оk}(\sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma+\sin\psi\cos\gamma)-x_{\text{н}k}];$$
$$f'_{2k}(y)=2(y+x_{\text{в}оk}\sin\vartheta-z_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\gamma+Y_{\text{вп}});$$
$$f'_{3k}(z)=2[z-x_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\psi+z_{\text{в}оk}(\cos\psi\cos\gamma-\sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma)-z_{\text{н}k}];$$
$$f'_{4k}(\gamma)=2z_{\text{в}оk}\{[x+x_{\text{в}оk}\cos\psi\cos\vartheta+z_{\text{в}оk}(\sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma+\sin\psi\cos\gamma)-x_{\text{н}k}]\times$$
$$\times(\sin\vartheta\cos\psi\cos\gamma-\sin\psi\sin\gamma)-(y+x_{\text{в}оk}\sin\vartheta-z_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\gamma+Y_{\text{вп}})\times$$
$$\times\cos\vartheta\cos\gamma-[z-x_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\psi+z_{\text{в}оk}(\cos\psi\cos\gamma-\sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma)-$$
$$-z_{\text{н}k}](\cos\psi\sin\gamma+\sin\vartheta\sin\psi\cos\gamma)\};$$
$$f'_{5k}(\psi)=2[x+x_{\text{в}оk}\cos\psi\cos\vartheta+z_{\text{в}оk}(\sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma+\sin\psi\cos\gamma)-x_{\text{н}k}]\times$$
$$\times[z_{\text{в}оk}(\cos\psi\cos\gamma-\sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma)]-[z-x_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\psi+$$
$$+z_{\text{в}оk}(\cos\psi\cos\gamma-\sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma)-z_{\text{н}k}][x_{\text{в}оk}\cos\vartheta\cos\psi+$$
$$+z_{\text{в}оk}(\sin\psi\cos\gamma+\sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma)];$$
$$f'_{6k}(\vartheta)=2\cos\psi[x+x_{\text{в}оk}\cos\psi\cos\vartheta+z_{\text{в}оk}(\sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma+\sin\psi\cos\gamma)-x_{\text{н}k}]\times$$
$$\times(z_{\text{в}оk}\sin\vartheta\sin\gamma-x_{\text{в}оk}\sin\vartheta)+2(y+x_{\text{в}оk}\sin\vartheta-z_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\gamma+Y_{\text{вп}})\times \qquad (3)$$
$$\times(x_{\text{в}оk}\cos\vartheta+z_{\text{в}оk}\sin\vartheta\sin\gamma)+2\sin\psi[z-x_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\psi+z_{\text{в}оk}(\cos\psi\times$$
$$\times\cos\gamma-\sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma)-z_{\text{н}k}](x_{\text{в}оk}\sin\vartheta-z_{\text{в}оk}\cos\vartheta\sin\gamma),\ k=\overline{1,6}.$$

Due to the fact that the Jacobi matrix is nondegenerate, the system of nonlinear algebraic equations (3) is uniquely solved.

Calibration of linear and angular acceleration sensors. Linear and angular accelerations of 6DOF are calculated according to the formula:

$$\ddot{s}_i=\frac{\ddot{s}_{\text{д}i}-\ddot{s}_{\text{д}0}}{k_{\text{п}}}, \qquad (4)$$

where $\ddot{s}_i$, $\ddot{s}_{\text{д}i}$ are, respectively, acceleration and acceleration sensor signal at the i-th time; $\ddot{s}_{\text{д}0}$ is average value of the acceleration sensor signals at a zero program signal: $\ddot{s}_{\text{д}0}=\frac{1}{n_0}\sum_{i=1}^{n_0}\ddot{s}_{\text{д}i}$; $k_{\text{п}}$ is calibration coefficient of acceleration sensor, which is determined by the formula obtained from (4): $k_{\text{п}}=(\ddot{s}_{\text{д}i}-\ddot{s}_{\text{д}0})/\ddot{s}_i$.

During 6DOF movement along pitch and roll, signals of longitudinal, vertical and lateral acceleration sensors are calculated according to the corresponding formulas: $\ddot{s}_{px} = g\sin\vartheta$; $\ddot{s}_{py} = g(\cos\vartheta - 1)$; $\ddot{s}_{pz} = g\sin(-\gamma)$. To calibrate linear acceleration sensors, 6DOF is successively moved along pitch $\vartheta = f(t)$ and roll $\vartheta = f(t)$ while maintaining constant values $\vartheta = f(t)$ and $\vartheta = f(t)$, on which sensor signals of linear displacements $\{s_{дki},\ k = \overline{1,6};\ i = \overline{1,m_i}\}$ and accelerations $\{\ddot{s}_{дki},$ $k = \overline{1,6};\ i = \overline{1,m_i}\}$ are registered. For this purpose, the program signal is calculated first along pitch and then along roll:

$$u_i = \begin{cases} 0 & \big| t_i \le t_0; t_i > 8\Delta t; \\ u_{i-1} + \Delta u \dfrac{h_t}{\Delta t} & \big| t_0 < t_i \le \Delta t; 2\Delta t < t_i \le 3\Delta t; 4\Delta t < t_i \le 5\Delta t; \\ u_{i-1} & \big| \Delta t < t_i \le 2\Delta t; 3\Delta t < t_i \le 4\Delta t; 5\Delta t < t_i \le 6\Delta t; \\ u_{i-1} - \Delta u \dfrac{h_t}{\Delta t} & \big| 5\Delta t < t_i \le 6\Delta t; i = \overline{1,m_i}, \end{cases}$$

where Δt is subinterval duration;

$$m_i = (2t_0 + 8\Delta t)/h.$$

The program signal of six jacks is formed. Using registered sensor signals of jack linear movements $\{s_{дi},\ i = \overline{1,m_i}\}$, 6DOF position are calculated (see Figure 3 and Figure 4), average values of linear accelerations according to the *j*-th degree of freedom are calculated: $\ddot{s}_c = \frac{1}{n_c}\sum_{i=1}^{n_c} \ddot{s}_i$, where n_c is number of control steps in the subinterval, $n_c = \Delta t / h_t$. Calibration coefficients are determined.

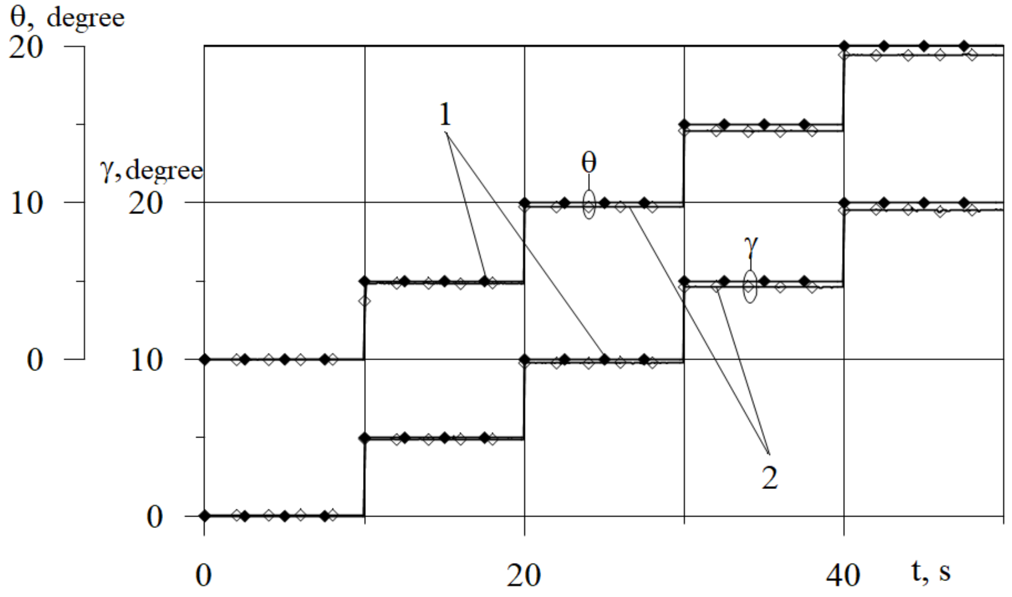


Figure 3 - Calculated (1) and registered (2) displacements of the 6DOF in terms of pitch and roll during sensor calibrations

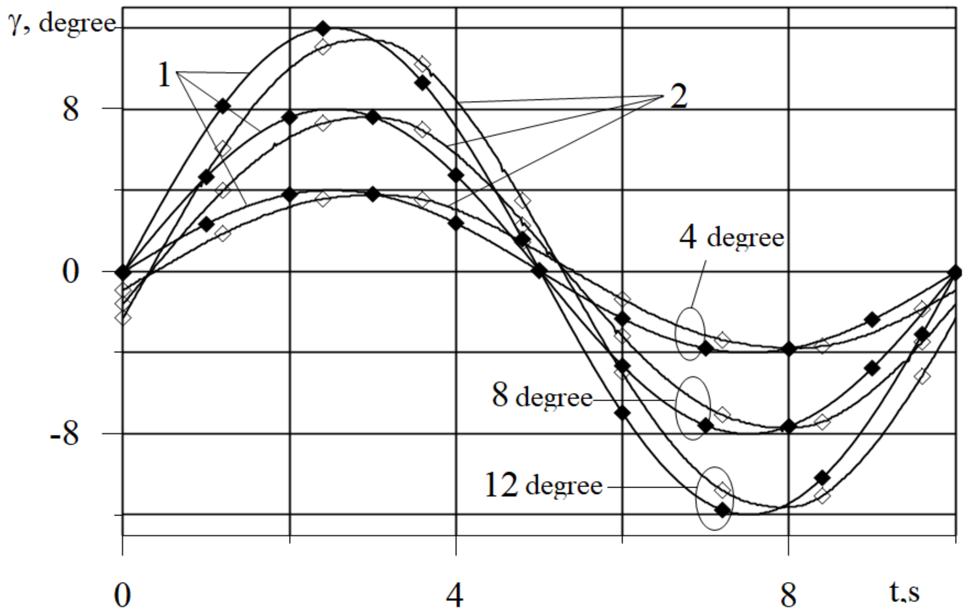


Figure 4 Calculated (1) and registered (2) displacements of the 6DOF in terms of roll during sensor calibrations

During 6DOF angular movements, signal amplitudes of angular acceleration sensors of roll, yaw, and pitch are respectively calculated by the formula: $\ddot{A}_{\text{p}} = A_u (2\pi f_u)^2$. To determine actual signal amplitudes of angular acceleration sensors, program signals are calculated according to corresponding degrees of freedom:

$$u_i = \begin{cases} 0 & \left| 0 \le t_i < t_0; t_0 + 4T_u \le t_i \le 2t_0 + 4T_u; \right. \\ A_u \sin(2\pi f_u t_i) & \left| t_0 \le t_i \le t_0 + 4T_u; i = \overline{1, m_i}, \right. \end{cases}$$

where $m_i = (2t_0 + 4T_u)/h_t$.

The jack program signals are formed, which, after 6DOF installation in the initial position, are fed to control unit inputs. The sensor signals of jack linear displacements $\{s_{\text{д}i}, i = \overline{1, m_u}\}$ and angular accelerations $\{\ddot{s}_{\text{д}i}, i = \overline{1, m_u}\}$ of the third period of 6DOF movement are registered (to avoid transient modes), the 6DOF positions are determined, which for roll movement are presented in figure 4. Angular acceleration sensor signals are decomposed into a Fourier series: $\ddot{s}_{\text{д}i} = a_0 + a_1 \cdot \cos(2\pi i/m_u) + b_1 \sin(2\pi i/m_u)$;, $i = \overline{1, m_u}$ where $m_u = T_u/h_t$, $a_0 = \frac{1}{m_u}\sum_{i=1}^{m_u} \ddot{s}_{\text{д}i}$, $a_1 = \frac{2}{m_u}\sum_{i=1}^{m_u} \ddot{s}_{\text{д}i} \cos\frac{2\pi i}{m_u}$, $b_1 = \frac{2}{m_u}\sum_{i=1}^{m_u} \ddot{s}_{\text{д}i} \sin\frac{2\pi i}{m_u}$ are Fourier coefficients. *i*-th series harmonic amplitude is determined by the formula: $A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$. The conversion factor is calculated: $k_a = A_1/\ddot{A}_p$.

Calibration of angular velocity sensors. 6DOF angular speed is calculated by the formula:

$$\dot{s}_i = \frac{\dot{s}_{\text{д}i} - \dot{s}_{\text{д}0}}{k_a}, \tag{5}$$

where $\dot{s}_{дi}$ is 6DOF angular velocity sensor signal at the i-th time;

$\dot{s}_{д0} = \frac{1}{n_0}\sum_{i=1}^{n_0}\dot{s}_{дi}$ is average value of angular speed sensor signals at a zero program signal

Calibration coefficients are determined by the formula obtained from (5): $k_a = (\dot{s}_{дi} - \dot{s}_{д0})/\dot{s}_i$. During 6DOF angular movement, sensor signal amplitudes of angular velocities along roll, yaw, and pitch are respectively calculated by the formula: $\dot{A}_p = 2\pi A_u f_u$. To determine actual signal amplitudes of angular velocity sensors, the program signal is calculated according to the corresponding degree of freedom:

$$u_i = \begin{cases} 0 & \left| 0 \le t_i \le t_0; t_0 + 4T_u \le t_i \le 2t_0 + 4T_u; \right. \\ A_u \sin(2\pi f_u t_i) & \left| t_0 \le t_i \le t_0 + 4T_u; i = \overline{1, m_i}; \right. \end{cases}$$

where $m_i = (2t_0 + 4T_u)/h_t$.

Jack program signals, which, after 6DOF installation in the initial position, are fed to control unit inputs. Sensors signals of jack linear displacements $\{s_{дi}, i = \overline{1, m_u}\}$ and angular velocities $\{\dot{s}_{дi}, i = \overline{1, m_u}\}$ of the third period of 6DOF movement are registered (to avoid transient modes), 6DOF position is determined. Angular velocity sensor signals are decomposed into the Four' series: $\dot{s}_{дi} = a_0 + a_1\cos(2\pi i/m_u) + b_1\sin(2\pi i/m_u); i = \overline{1, m_u}$, where $a_0 = \frac{1}{m_u}\sum_{i=1}^{m_u}\dot{s}_{дi}$, $a_1 = \frac{2}{m_u}\sum_{i=1}^{m_u}\dot{s}_{дi}\cos\frac{2\pi i}{m_u}$, $b_1 = \frac{2}{m_u}\sum_{i=1}^{m_u}\dot{s}_{дi}\sin\frac{2\pi i}{m_u}$; $m_u = T_u/h_t$. The amplitude of the i-th series harmonic is determined by the formula: $A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$. Calibration coefficient is calculated: $k_a = A_1/\ddot{A}_p$.

Conclusion.

Method of calibration of both linear and angular acceleration and angular velocity sensors was developed. Developed methodology of sensor calibration ensuring the possibility of determining of motion system characteristics and, upon request, adjusting them. Approbation of the methodology on the aircraft flight simulators Il-96-300, Tu-204 and An-74TK-200 showed its efficiency. So it may be used within system for determining of motion system characteristics.

References.

1. Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices. Doc. 9625 AN/938 – IKAO. 2015. – 680 p.

2. *Stewart D.* A Platform with Six Degrees of Freedom // Aircraft Engineering. – 1966. – v. 38. – № 4. – P. 30-35.

3. State tests of the simulator of acceleration effects with DS6-1 as part of the FFS Tu-204 / Research report. - M.: NEC AUVD - 1992. - 106 p.

4. State tests of the simulator of acceleration effects with DS6-1 as part of the FFS Il-96-300 / Research report. - M.: NEC AUVD - 1993. - 106 p.

5. Kabanyachiy V.V. Investigation of motion system characteristics of flight simulators, Aviation Scientific and Technical Complex "Antonov". - Kyiv, 1997. - 68 p. – Rus. - Dep. in the State Scientific and Technical Library of Ukraine 20.10.97, No. 526 - UK97.

6. Studies of 6DOF-1.5 and the implementation of the CZU within motion cue simulator IPS-74TK-200: Report on research / KMUGA, No. GR 0195U025224 Trade secrets. - K., 1998. - 130 p.

7. Development of applicability norms and certification testing methods of civil flight simulators. Applicability norms and certification testing methodology of flight simulators (final): Report to NDR / NAU, No. DR 0100U003957. - K., 2001. - 137 p.

8. Ostoslavsky I.V., Strazheva I.V. Flight dynamics. Aircraft trajectories. – M.: Mashinostroenie. - 1969. - 499 p.

9. Bronstein I.N., Semendyaev K.A. Handbook of mathematics for engineers and students of higher educational institutions - M.: Nauka. - 1981. - 718 p.

Література.

1. Керівництво з критеріїв кваліфікаційної оцінки авіаційних тренажерів. Док. 9625 AN/938 – ІКАО. 2015. – 680 р.

2. Стюарт Д. Платформа з шістьма степенями вільності // Літакобудування. – 1966. – т. 38. – № 4. – с. 30-35.

3. Государственные испытания имитатора акселерационных эффектов с ДС6-1 в составе КТС Ту-204/ Отчет по НИР. – М.: НЭЦ АУВД – 1992. – 106 с.

4. Государственные испытания имитатора акселерационных эффектов с ДС6-1 в составе КТС Ил-96-300/ Отчет по НИР. – М.: НЭЦ АУВД – 1993. – 106 с.

5. *Кабанячий В.В.* Исследования характеристик динамических стендов авиационных тренажеров, Авиационный научно-технический комплекс "Антонов". – Киев, 1997. – 68 с. – Рус. – Деп. в ГНТБ Украины 20.10.97, № 526 - Ук97.

6. Исследования ДС6-1,5 и реализация ЦЗУ в составе имитатора акселерационных воздействий ИПС-74ТК-200: Отчет о НИР/ КМУГА, № ГР 0195U025224 Коммерческие секреты. – К., 1998. – 130 с.

7. Розробка норм придатності і методики сертифікаційних випробувань авіаційних тренажерів повітряних суден цивільної авіації. Норми придатності й методики сертифікаційних випробувань авіаційних тренажерів (заключний): Звіт по НДР/ НАУ, №ДР 0100U003957. – К., 2001. – 137 с.

8. *Остославский И.В., Стражева И.В.* Динамика полета. Траектории летательных аппаратов. – М.: Машиностроение. – 1969. – 499 с.

9. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов – М.: Наука. – 1981. – 718 с.

Анотація. *Характеристики динамічних стендів авіаційних тренажерів суттєво впливають на якість імітації акселераційних впливів і, таким чином, на відповідність тренажерів нормам придатності. Розроблено методику калібрування датчиків як лінійного, так і кутового прискорення та кутової швидкості. Розроблена методологія калібрування датчиків забезпечує можливість визначення характеристик динамічних стендів і, за потребою, їхнє корегування. Апробація методології на комплексних тренажерах літаків Іл-96-300, Ту-204 і Ан-74ТК-200 показала її ефективність.*

Ключові слова. *динамічний стенд авіаційного тренажера, калібрування датчиків.*

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-022
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-022

УДК 656.6

DEVELOPMENT OF DIGITAL MARINE INFORMATION SYSTEMS TO ENSURE MARITIME SAFETY

РОЗВИТОК ЦИФРОВИХ МОРСЬКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ МОРЕПЛАВСТВА

Melnyk O.M. / Мельник О.М.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.каф.СМБ, ОНМУ
ORCID: 0000-0001-9228-8459
Scopus Author ID: 57216657937
Onishchenko O.A. / Онищенко О.А.
d.t.s., prof. / д.т.н., проф.каф.ТЕФ,НУ «ОМА»
ORCID: 0000-0001-9228-8459
Scopus Author ID: 57216657937
Vasalatii N.V. / Васалатій Н.В.
c.g.s., as.prof. / к.г.н., доцент кафедри НКС, ОНМУ
ORCID: 0000-0002-7188-9922
Koryakin K.S. / Корякін К.С.
senior lecturer / ст. викладач каф.СМБ, ОНМУ
ORCID: 0000-0003-2388-645X
Nykytyuk P.V. / Никитюк П.В.
senior lecturer / ст. викладач каф.СМБ, ОНМУ
ORCID:0000-0002-5905-3807
Varlan T.Ye. / Варлан Т.Є.
ass.lecturer / асистент каф.СМБ, ОНМУ
ORCID: 0000-0001-7835-0834
Odessa National Maritime University, Odesa, Mechnikova 34, 65029
Одеський національний морський університет, Одеса, вул. Мечнікова 34, 65029
National University "Odessa Maritime Academy", 8, Didrikhson str.,Odessa, 65029,
Національний університет «Одеська морська академія» Одеса, вул Дідріхсона 8, 65029

Анотація. *Процес реалізації єдиних підходів до інтеграції систем морського зв'язку, навігаційного та гідрометеорологічного забезпечення судноплавства викликав необхідність у створенні єдиного інформаційного простору на основі сучасних цифрових технологій. Одним із останніх рішень у цій області стало застосування нових морських цифрових інформаційних систем, які засновані на мережевій передачі цифрових навігаційних даних для забезпечення безпеки мореплавства.*

Ключові слова*: безпека мореплавання, інформаційні системи, навігаційно-гідрографічне забезпечення*

Функціонування сучасної морської транспортної системи неможливо без належної організації системи забезпечення безпеки мореплавання, реалізація якої повинна базуватися на навігаційно-гідрографічному забезпеченні мореплавання, використання засобів автоматичної ідентифікаційної системи, глобальних навігаційних супутникових систем для:

- управління процесом руху суден;
- визначення та контролю місцеположення суден,
- навігаційної, гідрометеорологічної та інформаційної безпеки,
- координації дій в позаштатних і аварійних ситуаціях;
- організації операцій з пошуку та спасіння, а також ліквідації аварій та

аварійних розливів нафти;

- двостороннього зв'язку з береговими службами і морськими рятувально-координаційними центрами;

Підвищення ефективності інформаційної взаємодії різних служб, потребує створення єдиного інформаційного простору для забезпечення безпеки мореплавання, у структурі якого передбачається функціонування таких основних компонентів, таких як збір, обробка, зберігання інформації, а також її передача.

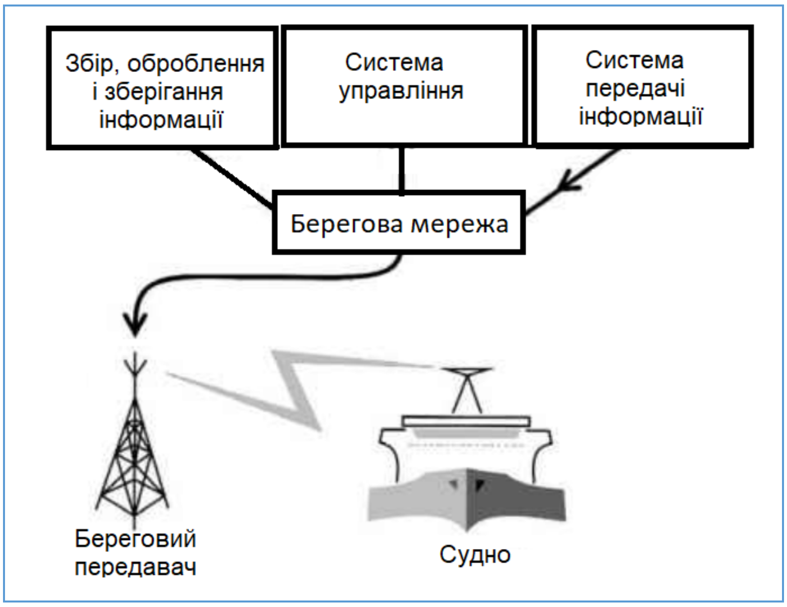


Рис.1 – Інформаційна взаємодія елементів НАВДАТ

Глобальна морська система зв'язку під час лиха та для забезпечення безпеки мореплавства (ГМЗЛБ), міжнародна служба, що регулюється Конвенцією Міжнародної морської організації (IMO) з питань охорони людського життя на морі (SOLAS). Її мета надання допомоги суднам, які зазнають лиха. На сьогоднішній день більш ніж 60 тис. суден має необхідне обладнання ГМЗЛБ на борту, причому багато суден одночасно декілька таких терміналів. напрямку її модернізації та розробки нових стандартів для суднового та берегового обладнання. Відповідно до робочого плану з перегляду та модернізації підкомітету Міжнародної морської організації (IMO) з мореплавання, зв'язку, пошуку та рятування передбачається деякі рівні перегляду.

З одного боку передбачається перегляд базових функціональних вимог та уточнення визначень. Інший рівень перегляду – деталізований, включає розгляд питань включення до ГМЗЛБ нових систем та електронних технологій: автоматичні ідентифікаційні системи, системи суднового охоронного оповіщення, розпізнавання суден на дальній відстані, елементів е-навігації, нових вимог до обладнання рятувальних шлюпок та плотів у частині забезпечення дальнього радіозв'язку, розгляд питань еволюції аварійних радіобуїв з урахуванням впровадження середньоорбітального супутникового угруповання з пошуково-рятувальним навантаженням та інших аспектів.

Існуючі вузькосмугові системи прямої передачі даних NAVTEX і TELEX, які передають інформацію з берегових станцій на судна з низькою швидкістю 50 біт/с і тривалістю посилок 20 мс, вже застаріли і не відповідають сучасним вимогам обміну інформацією. Підвищити швидкість за рахунок скорочення тривалості посилки неможливо через ефект багатопроменевості та дефектів деформації форми повідомлення при проходженні сигналу через атмосферу Землі. Такі деформаційні дефекти призводять до розтягування повідомлення в часі та накладання їх один на одного.

Під час 16-ї сесії Підкомітету з радіозв'язку та пошуку та порятунку (COMSAR) Міжнародної морської організації була представлена нова розробка французької компанії Кента, а саме цифрова морська інформаційна система для трансляції навігаційних даних – NAVDAT (Navigational Data), яка має на меті запровадити нову цифрову систему морського зв'язку, доступну для суден по всьому світу, використовуючи універсальну частоту 500 кГц, що є аналогом системи NAVTEX (Navigational Telex) і яка є результатом спільного проекту під назвою "Інтернет-протокол суднового зв'язку". Швидкість передачі даних, яку пропонує система NAVDAT, розширює сервіс, який надає поточна глобальна система NAVTEX, і передбачає ті ж основні функції (навігаційні попередження, прогнози погоди та екстрену інформацію для судноплавства). Крім того система NAVDAT пропонує підвищену швидкість передачі та покращену якість обробки, надаючи доступ до низки додаткових даних у текстовому форматі, а також у формі зображень і графіків. Ці дані встановлюються таким чином, щоб включати метеорологічну та океанографічну інформацію у формі діаграм (наприклад, ізобаричних) або числових даних (наприклад, регулярні оновлення положення ока тропічного циклону), звіти, що показують розташування льоду та айсбергів на карті, попереджувальні звіти, що стосуються піратства, та інша інформація, що стосується пошуку та порятунку. Система NAVDAT також пропонує ряд варіантів трансляції, для суден, що плавають у певній географічній зоні, і має опцію шифрування для передачі конфіденційної інформації на значної відстані що без сумніву є дієвим шляхом до реалізації єдиних підходів до інтеграції систем морського зв'язку, навігаційного та гідрометеорологічного забезпечення плавання та підвищення безаварійного рівню міжнародного судноплавства.

Компанія KENTA (Франція) представила цифрову широкосмугову систему NAVDAT для MSI (maritime safety information) та інформації, пов'язаної з безпекою. Центральна частота системи становить 500 кГц із смугою 10 кГц. Використовується 228 піднесучих частот. Вони відмовилися від частотної модуляції для зменшення ширини спектру сигналу на користь множинного амплітудно-фазового кодування, що збільшує здатність отримання великих обсягів інформації. Станції NAVDAT розгорнуті біля берегів Європи та Азії. Швидкість передачі даних NAVDAT при наявності реальних перешкод зростає в сотні разів у порівнянні з існуючими, аналогічними за призначенням, системами. Також вдосконалено відношення сигнал/шум у зоні прийому сигналу.

Оновлена версія системи NAVDAT здатна забезпечити кращу швидкість

передачі даних за рахунок деяких технологічних рішень: багаточастотна передача сигналу; багаточастотна модуляція (QAM) сигналу; надлишкове згорткове кодування. Але головне це те що цифрова широкосмугова передача даних через оновлений NAVDAT дає можливість замінити вузькосмугову передачу даних через TELEX.

Щодо додаткових переваг системи NAVDAT то вони полягають в тому, що така система має більш високу швидкість передачі даних, ніж NAVTEX. Метод передачі NAVDAT заснований на стандарті Digital Radio Mondiale (DRM) з використанням одного з двох режимів модуляції 16-QAM та 64-QAM, залежно від необхідного покриття, розташування передавача, потужності та висоти антени. Типи попереджень та повідомлень, які транслюватимуться, можуть бути наступними:

• повідомлення щодо безпеки мореплавання;
• безпека екіпажу, судна та вантажу;
• попередження щодо піратонебезпечних районів;
• термінові повідомлення;
• льодова ситуація та айсберги;
• пошук та рятування;
• метеорологічні повідомлення;
• течії та припливи;
• лоцманські та портові повідомлення;
• передача файлів служби руху суден;
• інформація автоматичної системи ідентифікації;

Повідомлення можуть передаватися як спільна трансляція, що транслюються на всі судна або селективне мовлення на конкретне судно. Також повідомлення передаються на групу суден чи конкретний район плавання або у режимі окремого повідомлення, що адресоване одному судну з використанням ідентифікатора. Найсуттєвішим є те що система представляє передачу не лише текстових файлів а також графіків, карт, зображень, даних тощо.

Висновки.

Отже впровадження морської інформаційної системи NAVDAT, її інтеграція з модернізованою ГМЗЛБ на основі концепції е-навігації в контексті розвитку морських технологій цілком здатна відігравати значну роль в системі навігаційно-інформаційної підтримки процесу судноводіння і забезпечити ефективну комунікаційну складову в системі забезпечення безпеки мореплавання.

Література

1. Korcz, Karol. (2017). Some Aspects of the Modernization Plan for the GMDSS. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 11. 167-174. 10.12716/1001.11.01.20.

2. Bauk, Sanja. (2019). A Review of NAVDAT and VDES as Upgrades of Maritime Communication Systems. 10.1201/9780429341939.

3. NavAreas. Электронный ресурс: http://www.bclswl.it/wp-content/gallery/varie/NavAreas.jpg\

4. Recommendation ITU-R M.2010 (03/2012) Characteristics of a digital system, named Navigational Data for broadcasting maritime safety and security related information from shore-to-ship in the 500 kHz band.

5. Digital system for broadcasting maritime safety and security-related information in the 500 kHz band (NAVDAT). COMSAR 16/4/3, January 2012.

6. Recommendation ITU-R M.2058 (02/2014) Characteristics of a digital system, named navigational data for broadcasting maritime safety and security related information from shore-to-ship in the maritime HF frequency band.

7. Ustinov, Yury M., Andrey V. Pripotnyuk, and Alexander P. Gorobtsov. "NAVDAT digital broadband system for high-rate data transmission from coast station to ships." Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morsk-ogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova 12.3 (2020): 450-458. DOI: 10.21821/2309-5180-202012-3-450-458.

8. Мельник О.М. Огляд та перспективи використання сучасних систем курсовказання на морських суднах для забезпечення навігаційної безпеки / О.М. Мельник, О.В. Щербина, К.С. Корякін, Д.А. Бурлаченко // Наукові вісті Далівського університету. – 2021. – № 21. DOI: https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21.

9. Мельник О.М. Сучасні шляхи підвищення стандартів точності та надійності супутникових навігаційних систем / О.М. Мельник, К.С. Корякін // Вчені записки ТНУ ім Вернадського. Технічні науки. – 2021. – 32(71) № 6 – С. 225-230.

10. Мельник О.М. Супутникові компаси у системі забезпечення безпеки навігації суден / О.М. Мельник, К.С. Корякін, О.В. Логінов // Розвиток транспорту. – 2022. - № 1 (12) – С.54- 63. DOI:10.33082/td.2022.1-12.05.

11. Мельник О.М., Волянська Я.Б., Калініченко Є.В., Логінов О.В., Корякін К.С., Бурлаченко Д.А., Щенявський Г.С. Використання інформаційних технологій на водному транспорті та перспективи їх розвитку. Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки. - 33 (72) № 3 – С. 99-105. DOI:10.32838/2663-5941/2022.3/16.

12. Мельник О.М., Онищенко О.А., Васалатій Н.В., Корякін К.С., Пуляєв І.О., Щенявський Г.С. (2022). Технології інформаційної взаємодії у процесі підвищення безпеки мореплавства. Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки 33(72) № 4 – С. 260 – 265.

Refrences

1. Korcz, Karol. (2017). Some Aspects of the Modernization Plan for the GMDSS. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 11. 167-174. 10.12716/1001.11.01.20.

2. Bauk, Sanja. (2019). A Review of NAVDAT and VDES as Upgrades of Maritime Communication Systems. 10.1201/9780429341939.

3. NavAreas. Electronic resource: http://www.bclswl.it/wp-content/gallery/varie/NavAreas.jpg\.

Recommendation ITU-R M.2010 (03/2012) Characteristics of a digital system, named Navigational Data for broadcasting maritime safety and security related information from shore-to-ship in the 500 kHz band.

5. Digital system for broadcasting maritime safety and security related information in the 500

kHz band (NAVDAT). COMSAR 16/4/3, January 2012.

6. Recommendation ITU-R M.2058 (02/2014) Characteristics of a digital system, named navigational data for broadcasting maritime safety and security related information from coast-to-ship in the maritime HF frequency band.

7. Ustinov, Yury M., Andrey V. Pripotnyuk, and Alexander P. Gorobtsov. "NAVDAT digital broadband system for high-rate data transmission from coast station to ships". Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova 12.3 (2020): 450-458. DOI: 10.21821/2309-5180-202012-3-450-458.

8. Melnyk O.M. Review and Prospects for the Use of Modern Shipping Course Systems on Sea Ships to Ensure Safety / O.M. Melnyk, O.V. Shcherbina, K.S. Koryakin, D.A. Burlachenko // Scientific Journal of the Far Eastern State University. - 2021. - № 21. DOI: https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21.

9. Melnyk O.M. Modern Ways of Increasing Accuracy and Reliability Standards of Satellite Navigation Systems / O.M. Melnyk, K.S. Koryakin // Notes of the Vernadsky Technical University. Engineering sciences. - 2021. - 32(71) № 6 - C. 225-230.

10. Melnyk O.M. Satellite Compasses in System of Provision of Ship Navigation Safety / O.M. Melnyk, K.S. Koryakin, O.V. Loginov // Transport Development. - 2022. - № 1 (12) - C.54-63. DOI:10.33082/td.2022.1-12.05.

11. Melnyk O.M., Volyanska Y.B., Kalinichenko Ye.V., Loginov O.V., Koryakin K.S., Burlachenko D.A., Shenyavsky G.S. The use of information technology on water transport and prospects for their development. Scientific Notes of the Vernadsky National University. Engineering sciences. - 33 (72) № 3 - C. 99-105. DOI:10.32838/2663-5941/2022.3/16.

12. Melnyk O.M., Onishchenko O.A., Vasalatii N.V., Koryakin K.S., Pulyaev I.O., Shchenyavski G.S. (2022). Technologii informatsionnoi vzaimodeistvirovanyi v protsessu pidvishenii bezopasnosti moreplavstva. Notes of the Vernadsky National University of Science and Technology. Technical Sciences 33(72) № 4 - P. 260 - 265.

Abstract. *The process of implementation of unified approaches to integration of maritime communication systems, navigational and hydrometeorological support of ship navigation necessitated the creation of a unified information space based on modern digital technologies. One of the latest solutions in this area was the use of new marine digital information systems, which are based on the transfer of digital navigational data to ensure the safety of navigation.*

Keywords*: Maritime safety, information systems, navigational and hydrographic support*

Стаття відправлена: 21.08.2022 р. © Мельник О.М.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-041
DOI: 10.30890/2567-5273.2022-22-01-041

UDC 656.96

SIMULATION MODELING OF FREIGHT FORWARDING SERVICES RENDERED BY AN INTERNATIONAL LOGISTICS COMPANY

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОКАЗАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИТОРСКИХ УСЛУГ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИЕЙ

Kravchenya I.N. / Кравченя И.Н.
Ph.D. in Engineering Science., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0002-2670-639X
Harbacheuskaya Y.V. / Горбачевская Ю.В.
engineer-manager / инженер-менеджер

Abstract. *The efficiency of freight forwarding companies` performance is determined by the qualitative, quantitative, and cost indicators characterizing service provision to economic entities. The article presents a simulation model of freight forwarding services developed in GPSS World simulation system to determine the average processing time of incoming requests depending on the type of clients; research and comparison of the efficiency of two directions of requests depending on transportation; determine the total customer service time depending on the department; explore and improve the efficiency of logistics company by optimizing the construction of transport and logistics services.*

Keywords: *freight forwarding activities, queuing system, service request.*

Introduction.

Transport provides full satisfaction of the needs of national economy and population in transportation. More than half of the volume of traffic is carried out road transport, since it is the most mobile and maneuverable. It also allows the delivery of goods from places of production to places of consumption.

In order to increase the volume of cargo transportation by road, it is important to provide high-quality freight forwarding services to potential customers, since at present the object of research of the transport market is the customer and his needs. The more profitable the transportation is, the more interested the customer is.

The main criteria for choosing a freight forwarding company are:

– the cost of transportation (total transportation costs, taking into account transport tariffs);
– speed of transportation (total travel time: from the starting point of departure to the final destination);
– reliability of transportation (delivery of cargo in one piece at the specified time and place).

In addition to the main criteria, the following additional criteria can be identified, which should also be taken into account when choosing freight forwarding companies:

– quality of services provided;
– the possibility of providing special equipment for the transportation of certain categories of goods (dangerous, fragile, requiring a certain temperature regime of goods);
– customer orientation (system of discounts and special offers);
– possibility of delivery of cargo "door to door";

- reputation in the transport services market (good customer history and positive feedback);
- qualification of personnel;
- cargo monitoring (the ability to track the transportation process);
- compliance with the requirements and quality standards of the transportation process;
- mandatory insurance compensation in case of loss / damage of cargo;
- financial stability of the carrier;
- availability of additional services to ensure an increased level of security of the transported cargo (insurance, information support, additional packaging);
- many years of experience in the transport services market.

A freight forwarding company`s performance is analyzed according to indicators characterizing its activity areas where the company`s performance before and after the implementation of specific measures is compared. Each of the company`s goals requires the analysis of a number of indicators that allows making managerial decisions on the economic feasibility of the proposed actions, their benefits, and risks [1].

The most common aspects that are usually subject to constant reforms in freight forwarding companies` operation are workforce and material-and-technical capacity management. Potential measures that are considered to optimize the staffing level in order to provide complex and timely freight forwarding service provision, as well as derive economic benefits from the operation are the assessment of costs, revenues, and profits generated from the activity [1].

Statement of basic materials.

The most important factor is the duration and quality of service provision. To plan this business process, we consider it appropriate to rationally organize freight forwarding services rendered by an international logistics company.

The aim of the work is to develop a simulation model of freight forwarding services developed in GPSS World simulation system [2, 3, 4] to

- determine the average processing time of incoming requests depending on the type of clients (VIP client, client, one-time application);
- research and comparison of the efficiency of two directions of requests depending on transportation (export, import);
- determine the total customer service time depending on the department;
- explore and improve the efficiency of logistics company by optimizing the construction of the workflow for provision of transport and logistics services.

To justify the choice of the optimal structure of an international logistics company and optimize the processing of incoming requests, a mathematical model of queuing system is proposed. The proposed queuing model is implemented in GPSS World simulation system [2, 3, 4] (Fig. 1).

```
File  Edit  Search  View  Command  Window  Help

Time_VIP_Exp        Table     MP3,60,10,12
Time_Cl_Exp         Table     MP3,150,10,15
Time_NCl_Exp        Table     MP3,350,35,12
Time_VIP_Im         Table     MP3,80,10,13
Time_Cl_Im          Table     MP3,170,15,13
Time_NCl_Im         Table     MP3,300,30,12
Man_Ex      Storage  5
Man_Im      Storage  6
Lawyer      Storage  1
Plan        Storage  7
Kolona      Storage  8
********* Export VIP - client **************
          Generate  (Exponential(1,0,53))
          Priority  5
          Queue     Oth_Man_Ex
          Queue     Oth_Man_Ex_VIP
          Enter     Man_Ex
          Mark      3
          Depart    Oth_Man_Ex
          Depart    Oth_Man_Ex_VIP
          Advance   30,10
          Leave     Man_Ex
          Queue     Oth_Plan
          Queue     Oth_Plan_VIP
          Enter     Plan
```

Fig. 1 Program listing

Authors` development

As a result of the simulation, the following statistics on queues and devices were obtained:

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OTH_MAN_EX	18	0	65836	25639	1.538	23.553	38.575	0
OTH_MAN_IM	9	0	38600	35450	0.057	1.476	18.089	0
OTH_LAW	6	0	20839	14066	0.091	4.397	13.528	0
OTH_PLAN	20	2	104429	60178	0.774	7.469	17.626	0
OTH_KOL	37	0	104420	30044	2.985	28.818	40.458	0
OTH_MAN_EX_VIP	7	0	19231	7476	0.158	8.284	13.553	0
OTH_MAN_EX_CL	12	0	36096	14034	0.675	18.843	30.829	0
OTH_MAN_IM_VIP	6	0	12578	11521	0.013	1.014	12.064	0
OTH_PLAN_VIP	6	1	31807	17545	0.111	3.520	7.851	0
OTH_MAN_IM_CL	5	0	15691	14475	0.021	1.345	17.350	0
OTH_PLAN_CL	10	1	51783	29880	0.326	6.336	14.980	0
OTH_KOL_VIP	7	0	31804	9008	0.226	7.161	9.990	0
OTH_MAN_EX_NCL	15	0	10509	4129	0.706	67.670	111.465	0
OTH_KOL_CL	10	0	51778	14807	0.771	15.019	21.034	0
OTH_MAN_IM_NCL	7	0	10331	9454	0.023	2.239	26.374	0
OTH_PLAN_NCL	13	0	20839	12753	0.337	16.311	42.037	0
OTH_KOL_NCL	33	0	20838	6229	1.988	96.159	137.159	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
MAN_EX	5	1	0	5	65836	1	4.180	0.836	0	0
MAN_IM	6	3	0	6	38600	1	2.868	0.478	0	0
LAWYER	1	1	0	1	20839	1	0.311	0.311	0	0
PLAN	7	0	0	7	104427	1	5.547	0.792	0	2
KOLONA	8	1	0	8	104420	1	7.358	0.920	0	0

As a result of the simulation, the average service time of an incoming request is shown in Table 1.

According to the reports obtained as a result of modeling the processing of incoming requests, the main indicators of the simulation results are determined and the amount of time loss of requests for service requests in queues is calculated (Table 2).

Table 1 - Results of modeling the processing of incoming requests from customers

Operations for processing incoming requests	Average maintenance time, min (MEAN)	Mean square deviation, min (STD.DEV.)
VIP client (export)	115,015	13,428
Regular client (export)	202,247	23,299
One-time client (export)	464,731	172,401
VIP client (import)	141,712	15,616
Regular client (import)	235,656	40,373
One-time client (import)	429,148	173,825

Authors` development

Table 2 - Main indicators of simulation results

	Output parameters	Client Manager	Lawyer	Planning Department	Transport Department
EXPORT	Average work completion time (min)	90,55	24,397	58,47	101,82
	Average queue lengths for request processing (request)	1,5	0,091	0,77	2,99
	The number of requests served without downtime in the queue (%)	38,94	67,5	57,63	28,77
	Waiting time of the client in the queue (min)	23,55	4,397	7,47	28,82
	Load factor	0,836	0,31	0,79	0,92
	Number of employees to process the request (people)	4,18	0,31	5,55	7,36
	Number of employees in departments (people)	5	1	7	8
IMPORT	Average work completion time (min)	71,47	14,397	69,77	97,37
	Average queue lengths for request processing (request)	0,057	0,091	0,77	2,99
	The number of requests served without downtime in the queue (%)	91,84	67,5	57,63	28,77
	Waiting time of the client in the queue (min)	1,47	4,397	7,47	28,82
	Load factor	0,478	0,31	0,79	0,92
	Number of employees to process the request (people)	2,87	0,31	5,55	7,36
	Number of employees in departments (people)	6	1	7	8

Authors` development

Having analyzed the calculation results, we can see that the "bottleneck" for this flow of requests is the number of client managers in the export department and the number of employees in the transport department, the increase of which will increase the throughput and reduce the time of customer service and request processing. While the number of jobs for client managers in the import department can be reduced.

Conclusions.

The developed simulation model can be used to determine the optimal structure of a logistics company in the provision of forwarding services.

In determining the optimal number of employees to work with service consumers, a company's management should take into account the quantitative and qualitative indicators of their activities, but the most important aspect of any logistics organization`s operation is, of course, financial indicators.

References:

1. Luzhanska N. O., Kravchenya I. M., Lebid I. H. Evaluation of the Freight Forwarding Company`s Staffing Efficiency // Modern Engineering and Innovative Technologies, № 13 (2). – Germany, Karlsruhe: Sergeieva & Co, 2020. – P. 93-98. doi:10.30890/2567-5273.2020-13-02-063.

2. Shevchenko D. N., Kravchenya I. N. Simulation modeling on GPSS. – Gomel: BelSUT, 2007. – 97 p.

3. Kravchenya I. N., Shevchenko D. N. Mathematical models in transport systems. Modeling of queuing systems and inventory management tasks. – Gomel: BelSUT, 2022. – 145 p.

4. GPSS World Reference Manual. Minuteman Software, 4 ed. Holly Springs. NC. U.S.A., 2001. – 305 p.

Аннотация. *В целях увеличения объемов перевозки грузов автомобильным транспортом важное значение имеет качественное транспортно-экспедиционное обслуживание потенциальных клиентов, так как в настоящее время объектом исследования транспортного рынка является клиент и его потребности.*

В статье представлена имитационная модели оказания экспедиторских услуг международной логистической компанией в системе имитационного моделирования GPSS World для определения среднего времени обработки входящих заявок в зависимости от типа клиентов (VIP-клиент, клиент, разовая заявка); исследования и сравнения эффективности двух направлений заявок в зависимости от перевозки (экспорт, импорт); определения общего времени обслуживания клиентов в зависимости от отдела; исследования и повышения эффективности работы логистической компании за счет оптимизации построения рабочего процесса. Разработанная имитационная модель может быть использована для определения оптимальной структуры организации работы логистической компании при оказании экспедиторских услуг.

Ключевые слова: *транспортно-экспедиторская деятельность, системы массового обслуживания, заявка на обслуживание.*

Статья отправлена: 31.09.2022 г.

© Kravchenya I.N., Harbacheuskaya Y.V.

CONTENTS

Mechanical engineering and machinery

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-006 3
DETERMINATION OF DYNAMIC LOADS IN THE CRANE LIFTING MECHANISM
Volianiuk V.O., Gorbatyuk Ie.V., Terentyev A.A., Bulavka O.O.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-031 15
OPTIMIZATION OF THE GEOMETRY OF THE FLOW PART OF THE CENTRIFUGAL MULTISTAGE PUMP
Petrenko S.S., Panchenko V.O.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-032 20
IMPROVEMENT OF THE HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE HYDROACCUMULATOR
Sysenko V.V., Panchenko V.O.

Telecommunication

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-040 24
ORGANIZATION OF DISTRIBUTED HIGH-PERFOMANCE COMPUTING ON THE UNICORE-PLATFORM
Skakalina E. V.

Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-015 31
METHOD AND INSTALLATION OF MINE METHANE DISPOSAL AND COAL PRODUCTION WASTE
Sklyarenko E.V., Vorobiov L.Y.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-046 38
PREDICTION MODELS FOR RUL ESTIMATION IN OIL AND GAS INDUSTRY
Kropyvnytska V.B., Mahas D.M.

Mining engineering. Metallurgy

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-008 42
ANALYSIS OF VOLCANIC ROCKS AS FILLERS FOR POLYMER COMPOSITES
Melnyk L.I., Chernyak L.P.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-027 47
ANALYSIS OF VARIETIES OF CLAY IN THE KYIV REGION
Chernyak L.P., Pakhomova V.M., Dorogan N.O.

Animal products. Cereals and grain. Milling industry

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-003 55
THE ROLE OF BIOCOMPLEXES IN THE METABOLISM OF PRODUCTIVE ANIMALS
Prylipko T.M., Koval T.V.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-004 60
CALCIUM- AND MAGNESIUM-PROTEIN COMPLEXES OF KERATIN FORMATIONS IN THE BLOOD OF FARM ANIMALS IN CONNECTION WITH DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY
Koval T.V., Prylipko T.M., Kostash V.B.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-007 64
EVALUATION OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF MEAT PASTE
Prylipko T.M., Fedoriv V.M.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-024 72
INFLUENCE OF STORAGE METHODS ON THE QUALITY OF CORN GRAIN OF DIFFERENT HYBRIDS
Zavadska O., Bondareva L., Ivashchenko Yu.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-034 77
SUITABILITY OF INTRODUCED APPLE VARIETIES FOR THE PRODUCTION OF JUICES AND CIDER
Kusnetsov A., Litovchenko O., Voitsekhivskyi V., Ilyashenko A., Bilko M., Smetanska I., Muliarchuk O., Yarosh Yu.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-037 82
HEALTHY COOKIE ENRICHED WITH HAWTHORN POWDER AND SEA BUCKTHORN OIL
Stetsenko N.O.

Industrial engineering. Management engineering

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-011 87
MATHEMATICAL MODEL OF A THREE-LAYER CHISEL AS A LINK OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
Mateik H., Zvarych H., Pil N.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-019 93
FORMATION OF COMPETENCIES AMONG APPLICANTS OF FOREIGN ORIGIN IN BLENDED LEARNING «LOCAL NETWORKS» DISCIPLINE
Pakhomova V. N.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-023 98
INTELLIGENT PROTEIN BALANCE ANALYZER BASED ON AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK WITH THE FORCED LEARNING
Alyoshin S.P., Haitan O.M.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-038 104
WEB APPLICATIONS TECHNOLOGICAL STACK
Mychuda L.Z., Korobeinikova T.I., Nepyivoda M.V., Rekalo O. V.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-043 113
ANTI-ALIAZING OF A STEP TRAJECTOR IMAGE A LINE SEGMENT ON A HEXAGONAL GRID
Romanyuk O. N., Melnik O. V., Romanyuk S. O., Korobeinikova T. I., Prozor O. P.

Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-001 122
MODERN AND PROSPECTIVE TOWING METHODS AIRCRAFT
Biliakovych O.M. / Біляковиch O.M.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-021 127
SENSOR CALIBRATION OF FLIGHT SIMULATOR MOTION SYSTEMS
Kabanyachyi V.V., Sukhov V.V.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-022 135
DEVELOPMENT OF DIGITAL MARINE INFORMATION SYSTEMS TO ENSURE MARITIME SAFETY
Melnyk O.M., Onishchenko O.A., Vasalatii N.V., Koryakin K.S., Nykytyuk P.V., Varlan T.Ye.

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit22-01-041 141
SIMULATION MODELING OF FREIGHT FORWARDING SERVICES RENDERED BY AN INTERNATIONAL LOGISTICS COMPANY
Kravchenya I.N., Harbacheuskaya Y.V.

International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 95.33)

Issue №22
Part 1
August 2022

Development of the original layout - Sergeieva&Co
Articles published in the author's edition

Signed: August 30, 2022

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de

With the support of International research project SWorld
www.sworld.education

ISSN 2567-5273
22001
9 772567 527306

www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de