

«Әбілқас Сағынов
атындағы
Қарағанды техникалық
университеті» КЕАҚ



НАО «Карагандинский
технический университет
имени Абылқаса
Сагинова»

**«XVIII Сағынов оқулары.
Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық
конференциясының
ЕҢБЕКТЕРІ
3-бөлім**

ТРУДЫ
Международной научно-практической конференции
**«XVIII Сагиновские чтения.
Интеграция образования, науки и производства»
Часть 3**

PROCEEDINGS
International scientific and practical conference
**«XVIII Saginov readings.
Integration of education, science and production»
Part 3**



Қарағанды 2026

ӘОЖ 001
КБК 72
О-59

Бас редактор
«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ
Басқарма Төрағасы – Ректор - Сагинтаева С. С.

Редакциялық алқа:

Мехтиев А.Д., Канапьянов Т.Е., Нусупбеков Б.Р.,
Калыков А.К., Амиров А.Ж., Исагулов А.З.,
Сулеев Б.Д., Юрченко А.В.

«XVIII Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы» атты
Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының еңбектері (3 бөлімде)
3-бөлім / «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті»
КеАҚ. – Қарағанды: ҚарТУ баспасы, 2026.— 781 б.

ISBN 978-601-355-737-3
978-601-355-738-0

Жинақта «XVIII Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияға қатысушылардың баяндамалары жарияланған. Баяндамаларда жоғары кәсіби білім берудің өзекті мәселелері, болашақ энергетикасы, ақпараттық технологиялар, химия-биологиялық ғылымдар, экономика, әлеуметтану және геосаясат, техникалық ғылымдар, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану, өмір тіршілігінің қауіпсіздігі, металлургия және материалтану, көлік және құрылыс салалары қарастырылған.

Жинақ материалдары ғалымдарға, сала мамандарына, оқытушыларға, докторанттар мен магистранттарға, сондай-ақ жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған.

ӘОЖ 001
КБК 72

ISBN 978-601-355-737-3
978-601-355-738-0

© Әбілқас Сағынов атындағы
Қарағанды техникалық университеті, 2026

МЕТАЛЛУРГИЯ ЖӘНЕ МАТЕРИАЛТАНУ САЛАСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ON THE ANOMALOUS HEAT CAPACITY OF LIQUID LITHIUM

Liquid lithium (Li) is a highly distinctive material because of its unique properties. Utilizing liquid lithium as a coolant in high-power space reactors demonstrates significant potential due to its high specific power, extended operational life, and minimal environmental impact. It is an excellent coolant for space nuclear reactors due to its low density, high boiling point, high specific heat capacity, and high thermal conductivity. Additionally, it offers benefits like low operating pressures, high operating temperatures, and effective heat transfer. For these reasons, researchers are interested in lithium-cooled space reactors as a promising high-power space nuclear option [1].

Due to its strong interatomic interactions and straightforward electronic structure, lithium exhibits unique thermodynamic properties. Because of its comparatively low atomic mass (6.94 g/mol) and low density (0.515 g/cm³ at melting point), lithium is an alkali metal with special thermal properties. Because of its 1s²2s¹ electronic structure, lithium has the highest valence electron to core electron ratio after beryllium (Be). The strong metallic bonding in the liquid phase is indicated by the wide temperature range between the solid–liquid and liquid–gas transitions. Unlike other alkali metals, this bonding maintains a degree of short-range order in the molten state [1-3]. Due to all of lithium's distinctive characteristics, the structure and heat capacity of both liquid and solid lithium have long been the subject of interest [3-5].

Thermodynamic dimension theory effectively models changes in the thermodynamic behavior of solids and liquids, and accurately reflects the slope change in lithium's heat capacity. This paper looks closely at the thermodynamic and structural properties of liquid lithium, focusing on how the material behaves in lithium clusters. By integrating computer analysis, experimental data, and theoretical modeling, the study provides crucial insights into the thermal and structural evolution of liquid lithium. Among the significant findings are:

- a comparable process occurs in the liquid state when taking into account the dissociation of lithium clusters; the C_v of liquid lithium then falls as the temperature rises, indicating the instability of most clusters by a discernible slope shift at 700 K (Fig. 1).
- vibrational investigation of lithium clusters (Li₂–Li₂₅) revealed size-dependent frequencies, with smaller clusters showing stronger vibrational modes and larger clusters showing softer modes compatible with electron delocalization.
- according to the Gibbs free energy of dissociation (ΔG^{diss}), pre-melting occurs and begins just below the melting point (~445.8 K), where bulk lithium fragments into clusters, the largest of which has roughly 245 atoms.

- clusters' vibrational temperature (Θ_{eff}) and effective thermodynamic dimension (D_{eff}) asymptotically approach bulk properties, with Θ_{eff} matching the Debye temperature (344 K), verifying the cluster-based model.

These results bridge the gap between microscopic cluster dynamics and macroscopic thermodynamic behavior, offering a predictive paradigm for understanding liquid metals. The experiment highlights how the properties of liquid lithium are changed by pre-melting and cluster dissociation. Future studies will use this cluster-based approach for other liquid metals, such as sodium and potassium, to show how generic it is. Furthermore, the connection between transport properties such as viscosity and cluster dynamics is still largely unknown; this theory would be promising for a better understanding of them.

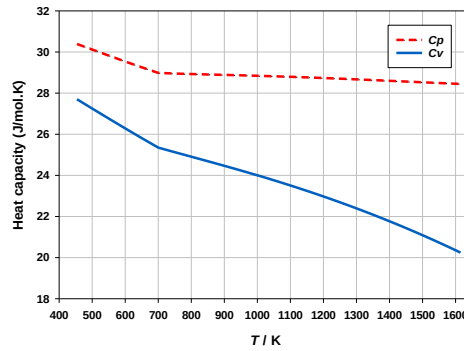


Fig. 1. The isobaric (C_p) and isochoric (C_v) heat capacity of liquid lithium as a function of temperature

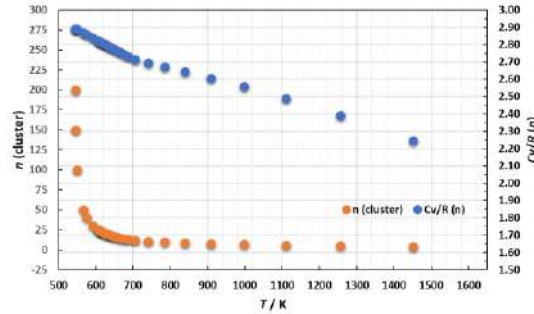


Fig. 2. The heat capacity per particle (C_v/R) for various cluster sizes (n) as a function of temperature (T)

REFERENCE:

1. D. Jeppson, J. Ballif, W. Yuan, and B. Chou, "Lithium literature review: lithium's properties and interactions," 1978.
2. D. Andruczyk and D. Ruzic, "Thermoelectric properties of lithium," *TECHNOLOGY, PERFORMANCE AND SAFETY*, p. 255, 2013.
3. P. S. Salmon, I. Petri, P. H. de Jong, P. Verkerk, H. E. Fischer, and W. S. Howells, "Structure of liquid lithium," *Journal of Physics: Condensed Matter*, vol. 16, no. 3, p. 195, 2004.
4. T. B. Douglas, L. F. Epstein, J. L. Dever, and W. H. Howland, "Lithium: Heat Content from 0 to 900, Triple Point and Heat of Fusion, and Thermodynamic Properties of the Solid and Liquid1," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 77, no. 8, pp. 2144-2150, 1955.
5. D. K. Belashchenko and O. I. Ostrovskii, "Application of the embedded atom model to liquid metals: Liquid lithium," *High Temperature*, vol. 47, pp. 211-218, 2009.

Kazhikenova S.Sh. (Karaganda, STU)

Shaltakov S.N. (Karaganda, STU)

Usarov U.T. (Samarkand, SamGASU)

Belomestny D. (Duisburg, Duisburg-Essen University)

A MODEL TO OPTIMIZE PRODUCT QUALITY OF THE METALLURGICAL PROCESSES

Through a comparative analysis this study investigates development, simulation and application of mathematical models for integrated analysis of copper rod production in order to improve product quality, reduce costs and minimize risks [1]-[3]. The purpose of this article is achieved by creating mathematical descriptions of real processes, which are then used to conduct computer experiments. In contrast to the traditional molecular dynamic methods, this study used the information technology to obtain the characteristics of the flow field in technological equipment. An information analysis of the profiles of copper melt flow velocities in a wide range of temperatures in the Copper Rod Production Plant Kazkat is presented. Information Technology fulfils the need for addresses the problem for determining the optimal values of temperature, rolling speed and other parameters to achieve the best quality and productivity of copper rod production processes. Based on these findings, this study proposes the optimization directions for temperature field profile in the rolling rolls, which leads to a decrease in roll wear and an increase in the uniformity of the wire rod structure, focusing on improving microstructural properties.

The metal melt moved along the inclined chute of the metallurgical equipment. The melt motion is described by the Navier-Stokes Equations:

$$\begin{cases} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \\ \omega \frac{\partial \omega}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \xi \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} \right), \\ \frac{\partial \omega}{\partial z} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dz} = \lambda \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right). \quad (2)$$

When the melt moves along the inclined chute of metallurgical equipment, there is a free surface of the metal melt; therefore, the pressure will be equal to the atmospheric pressure.

The boundary conditions for the Equation system (1)-(2) are determined by the equation of adhesion of the copper melt to the walls of the bottom.

Modern production of copper rod requires a constant search for technical solutions aimed at reducing harmful impurities and oxygen to the lowest possible concentrations. The study of various areas made it possible to design the most optimal option for the production of copper rod using a modern Continuous Casting and Rolling Technology. The comparative analysis of intellectual results with existing measures of copper melt velocities with Technological scheme of copper rod production at Plant Kazkat is at Figure 1.

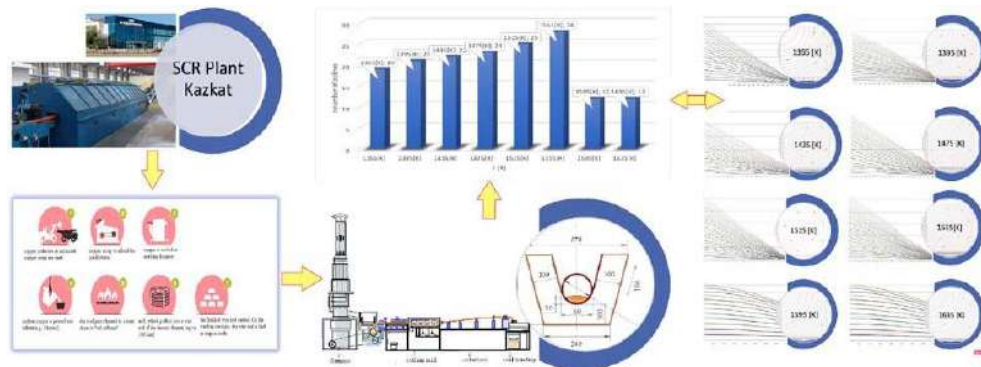


Figure 1. Technological scheme of copper rod production at Plant Kazkat, measurements are given in [mm]

As a result, the problem of decision-making is solved using the proposed cognitive measure of similarity to check its applicability.

Funding Support

This study was supported by a grant AP23486482 from the Science Committee of the Higher Education and Science Ministry of the Republic of Kazakhstan

REFERENCES:

- [1]. Guan J, Luo S, Kan X, Chen C, Wang, Q. Preparation of copper/binder composites and fused filament fabrication process. *Rapid Prototyping Journal*. 2025;31(5):925-933. <https://doi.org/10.1108/RPJ-12-2023-0436>.
- [2]. Mao C, Zhou B, Xue S. The actuation performance of a piezoelectric laminated plate actuator via Galerkin method. *Multidiscipline Modeling in Materials and Structures* 2022;18(5):900-918. <https://doi.org/10.1108/MMMS-05-2022-0086>
- [3]. Kazhikenova SSh. The unique solvability of stationary and non-stationary incompressible melt models in the case of their linearization. *Archives of Control Sciences*. 2021;2:307-332. <https://doi.org/10.24425/acs.2021.137420>

ACTUAL RECYCLING DIRECTIONS IN METALLURGY

Modern recycling technologies in metallurgy include not only the processing of slags and sludges, but also new methods for extracting critical metals (lithium, nickel, cobalt, rare-earth elements) using hydrometallurgy, plasma processes, and closed cycles. Today, FASTMELT, OXYCUP technologies are actively being implemented, as well as modern sorting and plasma recycling systems, which help to reduce waste and increase resource conservation.

The main principles of resource-saving technologies or, in general, of a resource-saving approach to solving technological problems in metallurgy are as follows [1]:

- the management of material and energy flows between industrial technologies and the environment should be organized in such a way that the amount of transported materials and energy, and therefore the amount of waste generated, is constantly reduced, approaching the minimum required for each specific technological process;
- the minimum possible amount of waste generated as a result of production processes is recycled in its own production technology, ensuring its maximum closed-loop nature, or, if this is not possible, in neighboring production processes, including them in the material and energy cycle;
- waste products that are removed from the technology must be converted into a form that is acceptable for the given ecosystems before they enter the natural ecosystems;
- the disposal of industrial waste in natural ecosystems should be organized in such a way as not to disrupt the existing natural dynamic balance.

The waste of metallurgical production is increasingly used for the production of binders, composite materials, concretes, in the construction of roads, in the laying of railway embankments, in construction, agriculture, the production of new materials, and in the energy sector. However, their involvement in production is still insufficient. The creation of waste-free technologies requires compliance with the following basic principles [2]:

- the principle of systemacity, which takes into account the natural environment in addition to production activities;
- the principle of complexity, which is based on the maximum use of raw materials and energy potential;

- the principle of rational organization of production, which provides for the reasonable use of all raw materials and the search for environmentally sound raw materials and energy technologies.

Modern technologies for processing sludge and slag:

- FASTMELT - metallization of pellets in a rotary kiln, production of pig iron in an arc furnace;
- OXYCUP - processing of zinc-containing sludge in an oxygen cupola;
- DK Recycling - special blast furnace melting for processing metallurgical waste;
- Flastmet, RedIron - metallization of ore-coal pellets in chamber furnaces;
- plasma technologies - using plasma to process complex waste, including electronic scrap.

Recycling in metallurgy is a complex and dynamically developing field that includes the processing of scrap metal, industrial waste, and rare metals, as well as the introduction of environmentally friendly and digital technologies.

For Kazakhstan, the development of recycling is of strategic importance, as it allows to reduce dependence on natural resources, reduce the environmental burden, and increase the competitiveness of the metallurgical industry.

We consider the following aspects of recycling to be the most important:

1. Recycling of technogenic waste, i.e., the processing of technogenic waste from metallurgical production, such as slag, dust, sludge, and tailings. These wastes contain valuable components, such as iron, copper, zinc, and other metals, which can be extracted and reused. Various methods are used for this purpose, including briquetting, agglomeration, and hydro- and pyrometallurgical processes.

The main areas of recycling of technogenic waste:

- slags and sludges - processing for the extraction of iron, copper, zinc, nickel and other metals;
- converter dust - briquetting and pelletizing with subsequent use in blast furnaces;
- gas cleaning waste: processing of zinc-containing sludges (OXYCUP, FASTMELT);
- electronic scrap and non-ferrous metallurgy: plasma technologies and hydrometallurgy for the extraction of rare earth elements.

In Kazakhstan, the problem of accumulating industrial waste is particularly relevant, as the country has a large mining and metallurgical complex.

2. Greening of metallurgy - the development of "green metallurgy" aimed at reducing carbon dioxide emissions and other pollutants. Recycling plays an important role in this process, as the use of secondary raw materials requires significantly less energy compared to primary production. Additionally, carbon

capture technologies are being implemented, as well as the use of alternative energy sources, including hydrogen.

3. Digitalization of recycling processes. Modern digital technologies, including artificial intelligence and automated control systems, are being actively introduced into the processes of recycling secondary resources. They allow you to accurately determine the composition of raw materials, optimize technological parameters, and improve the quality of final products. The automation of scrap and waste sorting significantly increases the efficiency of recycling and reduces the loss of valuable components.

The main areas of recycling digitalization:

- digital twins: creating virtual models of metallurgical processes to predict metal yield and optimize the processing of slag and sludge;
- Internet of Things - sensors on production lines monitor the composition of waste, temperature, emissions, and energy consumption in real time;
- artificial intelligence - algorithms sort waste, determine the composition of alloys, and suggest optimal recycling methods;
- Big Data and analytics - collecting and processing large amounts of data on waste composition and technology efficiency to make management decisions.
- Automation and robotization: the use of robotic systems for the safe processing of toxic waste and improving the accuracy of operations.

4. Scrap metal recycling is one of the most developed and widely used technologies. The secondary use of metals such as steel, aluminum, and copper significantly reduces the consumption of ore and energy resources. The primary technology is electric arc furnace smelting, which primarily uses scrap metal as a raw material. This process has lower carbon dioxide emissions compared to traditional blast furnace metallurgy.

In global practice, scrap metal recycling is actively developing. Many metallurgical companies are transitioning to using secondary raw materials as their primary resource. Kazakhstan also sees an increase in the use of scrap metal, especially in large enterprises of ferrous and non-ferrous metallurgy. In developed countries, up to 70-90% of steel is partially produced from scrap. Aluminum can be recycled almost indefinitely without loss of quality. The benefits of recycling scrap metal include:

- saving natural resources (ore, coal);
- reducing energy consumption (up to 60-80%);
- reducing CO₂ emissions;
- reducing waste volumes.

REFERENCES:

1. *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii chernoj metallurgii*, YAroshenko YU.G., Gordon YA.M., Hodorovskaya I.YU. 2012.
2. Naboko E.P., Sidorina E.A., Skvortsov Y.V. *Energy saving technologies in metallurgy*. Karaganda, KarGTU, 2019g.

Абдужаппаров Ш.С. (Түркістан, Қ.А. Ясауи ат.ХҚТУ)
Курбанбеков Ш.Р. (Түркістан, Қ.А. Ясауи ат.ХҚТУ)
Камбарбеков.С.Х. (Өскемен, С.Аманжолов ат.ШҚУ)
Қалдар.Б.С. (Түркістан, Қ.А. Ясауи ат.ХҚТУ)

HVOF БҮРКУ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ Zr_2CN ЖАБЫНЫНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі заманғы материалтану мен өнеркәсіп салаларында жоғары температура, механикалық жүктемелер және агрессивті орта жағдайында жұмыс істейтін бөлшектердің сенімділігін арттыру мәселесі ерекше маңызға ие. Мұндай жағдайда жұмыс істейтін құрылымдық элементтердің қызмет ету мерзімі көбіне олардың беткі қабатының тозуға төзімділігімен анықталады. Осы себепті соңғы жылдары тозуға төзімді қорғаныс жабындарын жасау және зерттеу материалтану ғылымының маңызды бағыттарының біріне айналды.

Перспективалы жабын материалдарының бірі - цирконий карбонитриді (Zr_2CN). Бұл материал нитридтер мен карбидтердің қасиеттерін біріктіретін керамикалық жүйе болып табылады және жоғары қаттылықпен, химиялық тұрақтылықпен, термиялық беріктікпен және жақсы трибологиялық қасиеттерімен ерекшеленеді. Осындай ерекшеліктерінің арқасында Zr_2CN негізіндегі жабындар машина жасау, энергетика және металлургия салаларында тозудан қорғау үшін перспективалы материалдар болып табылады [1, 2].

Zr_2CN жабындарын алудың әртүрлі технологиялары бар, алайда соңғы жылдары HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) жоғары жылдамдықты оттегі-отын бүрку әдісі кеңінен қолданылып келеді. Бұл технология ұнтақ бөлшектерін жоғары жылдамдықпен субстрат бетіне бағыттау арқылы тығыз, аз кеуекті және жоғары адгезияға ие жабындарды алуға мүмкіндік береді [3].

Бұл жұмыстың мақсаты - HVOF әдісі арқылы алынған Zr_2CN жабындарының фазалық құрамын, микроструктурасын және физика-механикалық қасиеттерін зерттеу, сондай-ақ бүрку параметрлерінің жабын құрылымына әсерін талдау.

Зерттеу барысында Zr_2CN негізіндегі жабындар У8Г көміртекті болат субстратына HVOF әдісі арқылы бүркілді. Жабындарды алу үшін бөлшек өлшемі 10-100 мкм болатын Zr_2CN ұнтағы қолданылды. Бүрку HVOF Termika-3 қондырғысында жүргізілді. Технологиялық процессте жабын құрылымына әсерін зерттеу үшін оттегі қысымы өзгертіліп, ал басқа

параметрлер тұрақты деңгейде сақталды және зерттеу үшін үш түрлі бүрку режимі бойынша үлгілер дайындалды(Кесте 1).

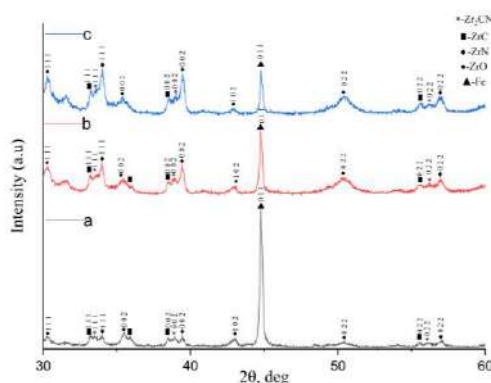
Кесте 1. Zr_2CN жабындарын HVOF әдісімен алу параметрлері

№	Арақашықтық, м	Отын қысымы, Па	Ауа қысымы, Па	Оттегі қысымы, Па
Үлгі (а)	0,3	$2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^5$
Үлгі (б)	0,3	$2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$4,3 \cdot 10^5$
Үлгі (с)	0,3	$2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^5$

Жабындардың микроструктурасын зерттеу сканерлеуші электрондық микроскоп (SEM) (JEOL Ltd, Токио, Жапония) көмегімен жүргізілді, ал фазалық құрамын анықтау үшін рентгендік дифракциялық талдау X'Pert PRO (XRD) (Philips Corporation, Амстердам) қолданылды. Сонымен қатар элементтік құрамның таралуы EDS карталау әдісі арқылы анықталды. Кристаллит өлшемі мен тордың микродеформациясы Williamson-Hall әдісі бойынша есептелді [4].

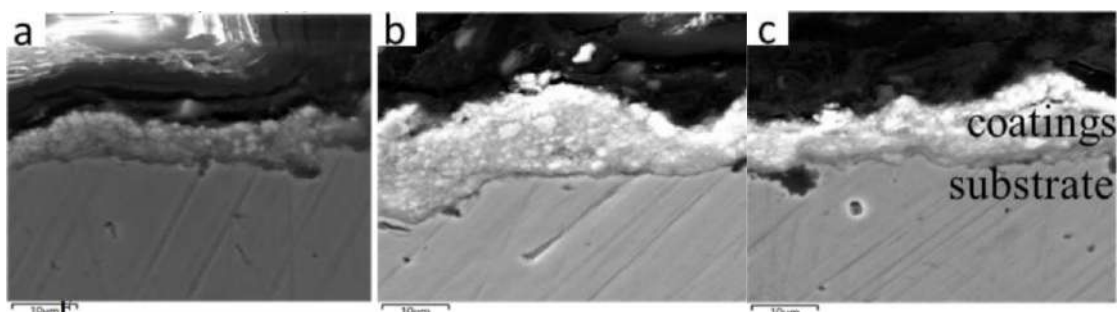
Williamson-Hall әдісі бойынша жүргізілген есептеулер нәтижесінде кристаллит өлшемі мен торлық микродеформация параметрлері анықталды. Ең жақсы нәтижелер оттегі қысымы $4,3 \cdot 10^5$ Па режимінде алынған “б” үлгісінде байқалды, мұнда микродеформация шамамен 0,30 %, ал кристаллит өлшемі 82 нм болды. Ал “с” үлгісі $4,5 \cdot 10^5$ Па оттегі қысымында микродеформация 0,51 % дейін өсіп, кристаллит өлшемі 16 нм дейін азайды.

Рентгендік фазалық талдау нәтижелері алынған жабындардың негізгі фазасы Zr_2CN екенін көрсетті. Осылайша, дифрактограммаларда ZrC және ZrN фазаларының рефлекстері де байқалды, бұл фазалардың пайда болуы бүрку процесі кезінде жоғары температура әсерінен бастапқы карбонитрид фазасының ішінара өзгеруімен байланысты болуы мүмкін. Сонымен қатар, субстрат материалының әсерінен Fe фазасының әлсіз рефлекстері анықталды (1-сурет) [4].



1-сурет. HVOF әдісі арқылы алынған Zr_2CN жабындарының XRD нәтижелері (а-с).

SEM зерттеу нәтижелерінде, бүрку параметрлері жабындардың микроструктурасына айтарлықтай әсер етеді. “а” үлгісіндегі жабын құрылымы біршама кеуекті және біркелкі емес болып келеді. Ал “б” үлгісінде алынған жабын тығыз және біртекті құрылыммен сипатталады, сондай-ақ жабын мен субстрат арасындағы шекара айқын байқалады. Үшінші үлгіде кейбір құрылымдық ақаулар мен тотығу белгілері байқалады, бұл жабын сапасының төмендеуіне әкелуі мүмкін (2-сурет).



2-сурет. Zr_2CN жабындарының көлденең қимасының SEM суреттері.

Сонымен қатар трибологиялық зерттеулер көрсеткендей, Zr_2CN негізіндегі жабындар үйкеліс коэффициентінің тұрақты мәндерін көрсетіп, жоғары тозуға төзімділікке ие. Үйкеліс коэффициентінің мәні ұзақ жұмыс барысында 0,55-0,60 шамасында тұрақталады, бұл жабын бетінде қорғаныс жұқа қабықшасының (трибопленка) түзілуімен байланысты [5].

Бұл жұмыста HVOF әдісімен алынған Zr_2CN жабындарының құрылымдық-фазалық және физика-механикалық қасиеттері зерттелді. Негізгі фаза Zr_2CN болып, ZrC және ZrN ізі анықталды; ең тығыз және біркелкі құрылым “б” үлгісінде $4,3 \cdot 10^5$ Па оттегі қысымында қалыптасты.

АЛҒЫС

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № AP22787358).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Ul-Hamid A. Microstructure, properties and applications of Zr-carbide, Zr- nitride and Zr-carbonitride coatings // *Materials Advances*. – 2020.
2. Yin M. et al. Thermodynamic and tribological properties of ZrCN coatings // *Surface and Coatings Technology*. – 2025.
3. Al-Mutairi S. et al. Microstructural characterization of HVOF sprayed coatings // *Surface and Coatings Technology*. – 2015.
4. Skakov M. et al. Effect of oxygen pressure during HVOF spraying on the structural–phase state of Zr_2CN coatings // *Ceramics*. – 2026.
5. Yao S.-H. et al. Tribological performance of carbonitride coatings // *Materials*. – 2017.

ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПЛАВЛЕНОГО И КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КВАРЦА ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Современное развитие машиностроения и металлургии связано с применением материалов нового поколения, к числу которых относятся квазивысокоэнтропийные сплавы (КВЭС), обладающие высокой прочностью, термостойкостью и стабильностью структуры [1]. Однако получение качественных отливок из данных сплавов представляет собой сложную технологическую задачу, требующую высокой точности формообразования и минимизации дефектов.

Одним из наиболее эффективных методов получения сложнопрофильных отливок является литье по выплавляемым моделям (ЛВМ), в котором ключевую роль играет керамическая оболочка [2]. Её свойства определяют точность геометрии отливок, качество поверхности и характер теплообмена при кристаллизации металла.

Традиционно в качестве огнеупорного наполнителя используется кристаллический кварц, отличающийся доступностью и низкой стоимостью. Однако его применение ограничено рядом недостатков, связанных с особенностями кристаллической структуры. Кристаллический кварц подвержен полиморфным превращениям при нагреве, сопровождающимся изменением объёма и возникновением внутренних напряжений [3]. Это может приводить к образованию микротрещин, расслоению оболочек и снижению качества отливок [4].

Альтернативным материалом является плавленный кварц – аморфная форма диоксида кремния, не имеющая дальнего кристаллического порядка. Его применение позволяет обеспечить более стабильное поведение при нагреве и снизить вероятность дефектообразования.

Целью данной работы является сравнительный анализ термических и структурных свойств плавленного и кристаллического кварца для оценки их эффективности при использовании в технологии ЛВМ.

В качестве объектов исследования использовались образцы плавленного и кристаллического кварца. Плавленный кварц получали путём высокотемпературного плавления кварцевого сырья с последующим быстрым охлаждением, обеспечивающим формирование аморфной структуры.

Фазовый состав материалов определяли методом рентгенофазового анализа (РФА) с использованием базы данных JCPDS [5]. Метод позволил установить наличие кристаллических фаз, оценить степень кристалличности и выявить структурную однородность материалов.

Термические свойства исследовали методом дилатометрии, позволяющим определить коэффициент линейного термического расширения (ТКЛР) и характер изменения размеров образцов при нагреве. Испытания проводили в диапазоне температур до 1200 °С с контролируемой скоростью нагрева.

Дилатометрический анализ (рис. 1) выявил существенные различия в термическом поведении материалов.

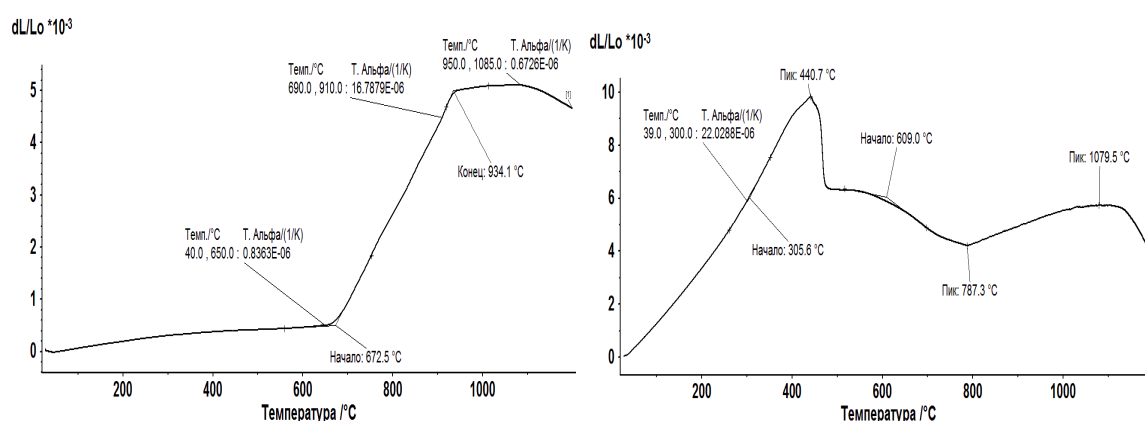


Рисунок 1 – Кривые относительного термического расширения (dL/L_0) образцов плавленого кварца (а) и кристаллического кварца (б)

Плавленый кварц демонстрирует стабильное линейное расширение в диапазоне температур до 650 $^{\circ}\text{C}$ с низким значением ТКЛР ($\approx 0,8 \times 10^{-6}$ 1/K). В интервале 650–700 $^{\circ}\text{C}$ наблюдается кратковременная аномалия, связанная с релаксацией внутренних напряжений и перестройкой структуры аморфного SiO_2 . При дальнейшем нагреве материал сохраняет устойчивое поведение.

Кристаллический кварц характеризуется значительно более высоким коэффициентом термического расширения ($\approx 22 \times 10^{-6}$ 1/K) и наличием нескольких температурных аномалий, соответствующих полиморфным превращениям. Эти процессы сопровождаются резкими изменениями объёма, что приводит к возникновению внутренних напряжений и повышает вероятность разрушения оболочки [5].

Сравнительный анализ показывает, что коэффициент линейного термического расширения кристаллического кварца более чем на порядок превышает аналогичный показатель плавленого кварца. Это обусловлено различиями в структурной организации материалов.

Практическое значение результатов заключается в том, что при использовании кристаллического кварца в керамических оболочках

возможно образование трещин и дефектов при прокатке. Применение плавленного кварца позволяет минимизировать эти риски и повысить стабильность технологического процесса.

Проведённый сравнительный анализ показал, что плавленный кварц обладает существенными преимуществами по сравнению с кристаллическим кварцем. Его аморфная структура, высокая фазовая чистота и низкий коэффициент линейного термического расширения обеспечивают стабильность свойств в широком температурном диапазоне.

Кристаллический кварц, напротив, подвержен полиморфным превращениям и характеризуется высоким уровнем термического расширения, что приводит к возникновению внутренних напряжений и дефектообразованию.

Таким образом, использование плавленного кварца в технологии литья по выплавляемым моделям позволяет повысить надёжность керамических оболочек, снизить вероятность образования дефектов и улучшить качество отливок из квазивысокоэнтروпийных сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kvon S., Issagulov A., Kulikov V., Arinova S. *The use of ferroalloys for the smelting of a quasi-high-entropy alloy* // CIS Iron and Steel Review. – 2024. – Vol. 26, No. 2. – P. 21-25.
2. Богданов М.Г. *Влияние факторов на прочность оболочки* // Литейное производство. – 1958. – №9. – С. 18–20.
3. *Тепловое расширение и полиморфные превращения минералов.*
4. Баженов В.Е. и др. *Анализ свойств керамики* // Цветная металлургия. – 2023. – Т. 29. – №2. – С. 15-28.
5. Hubbard C.R. et al. *Reference Intensity Ratio* // J. Appl. Cryst. – 1976.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРЫЛЬЧАТОК СМЕСИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Введение. Крыльчатки смесителей, эксплуатируемые в горнорудной, металлургической и химической промышленности, подвергаются интенсивному абразивному износу и коррозионному воздействию рабочих сред. Восстановление изношенных деталей является экономически более целесообразным, чем приобретение новых, особенно для крупногабаритного оборудования. Традиционные методы ремонта (электродуговая наплавка) часто приводят к короблению тонкостенных лопастей из-за высокого тепловложения. Плазменное напыление, как один из методов газотермического нанесения покрытий, позволяет формировать слои с высокими физико-механическими свойствами при минимальном термическом воздействии на деталь-основу. Благодаря высокой температуре плазменной струи (до 10 000 °С) возможно напыление тугоплавких материалов и получение покрытий с высокой адгезией и плотностью.

Цель работы. Целью данной работы является исследование возможности восстановления геометрических размеров и повышения износостойкости лопастей крыльчаток смесителей методом плазменного напыления с применением композиционных порошковых материалов.

Материалы и методика исследований. Объектом исследования являлись крыльчатки лопастных смесителей из стали 20ГЛ (или другой марки), изношенные в процессе эксплуатации. Восстановление проводилось методом плазменного напыления с использованием установки УПУ-3Д.

Технологический процесс включал следующие этапы:

1. Подготовка поверхности: механическая очистка от загрязнений и продуктов коррозии, обезжиривание, создание шероховатости методом дробеструйной обработки для обеспечения механического сцепления покрытия с основой.

2. Нанесение подслоя: для повышения адгезии и снижения напряжений наносился подслоя из нихрома (ПН85Ю15) толщиной 0,1–0,2 мм.

3. Нанесение рабочего слоя: в качестве рабочего материала использовался порошок на основе никеля с добавлением карбида вольфрама

(WC) ПГ-12Н-01. Режимы напыления: ток дуги 300–350 А, напряжение 50–60 В, расход плазмообразующего газа (аргон) 25–30 л/мин, дистанция напыления 100–120 мм.

4. Финишная обработка: механическая обработка напыленной поверхности до требуемых чертежных размеров (шлифование, полирование).

Оценка качества покрытий проводилась по следующим параметрам: внешний осмотр, измерение микротвердости (по Виккерсу), металлографический анализ микроструктуры (оптическая микроскопия) и испытания на абразивный износ по схеме «диск–колодка» в соответствии с ГОСТ 23.208-79.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных работ были получены следующие данные:

- Толщина напыленного слоя составила 0,8–1,5 мм, что позволило полностью компенсировать износ лопастей.

- Адгезионная прочность покрытия, определенная методом отрыва штифта, составила 28 МПа, что соответствует требованиям для деталей, работающих в условиях умеренных ударных нагрузок.

- Металлографический анализ показал плотную, без трещин структуру покрытия с равномерным распределением упрочняющих частиц WC в никелевой матрице. Пористость покрытия не превышала 2–3%.

- Микротвердость напыленного слоя составила 540 HV, что в 2,5–3 раза выше твердости исходной стали 20ГЛ.

- Результаты сравнительных испытаний на абразивный износ показали, что ресурс восстановленных крыльчаток увеличился в 2,5–3,0 раза по сравнению с новыми серийными деталями без покрытия.

Заключение. Применение метода плазменного напыления для восстановления крыльчаток смесителей является эффективным и экономически оправданным решением. Разработанная технология позволяет не только восстановить геометрию деталей, но и значительно повысить их износостойкость за счет формирования композиционных покрытий с высокими физико-механическими свойствами. Это способствует снижению простоев оборудования и затрат на запасные части. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию режимов напыления и состава порошковых материалов для работы в специфических агрессивных средах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Михайлицын С.В., Беляев А.И. Пластическое деформирование, наплавка, напыление и плакирование для восстановления и упрочнения деталей машин. – Магнитогорск: МГТУ, 2013. – 179 с.
2. Кудинов В.В., Пекшеев П.Ю., Белащенко В.Е. Нанесение покрытий плазмой. – М.: Наука, 1990. – 408 с.
3. Балдаев Л.Х. Газотермическое напыление: учеб. пособие. – М.: Марирут, 2007. – 344 с.

Антонов А.С. (Гродно, ГрГУ им. Янки Купалы)

Рискулов А.А. (Ташкент, ТГТУ)

Клочко П.В. (Гродно, ГрГУ им. Янки Купалы)

Струк В.А. (Гродно, ГрГУ им. Янки Купалы)

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ МАТРИЦ

Современное развитие техники и технологий неразрывно связано с внедрением функциональных материалов нового поколения – нанокомпозитов. Применение таких материалов в узлах трения, технологическом оборудовании химических производств и элементах специальной техники позволяет достичь качественного улучшения эксплуатационных характеристик [1]. В марочном ассортименте нанокомпозиционных материалов ключевая роль принадлежит системам на основе полимерных, олигомерных и гибридных матриц. Их уникальное сочетание технологичности переработки и высоких параметров физико-механических характеристик делает их безальтернативными для создания изделий, функционирующих в условиях интенсивных нагрузок и агрессивных сред, характерных для нефтехимии, теплоэнергетики, автотракторостроения и медицинской техники [2, 3].

Фундаментальными исследованиями установлено, что эксплуатационные параметры полимерных нанокомпозитов в значительной степени находятся в прямой зависимости от физико-химических процессов, протекающих в зоне контакта фаз «высокомолекулярная матрица – модификатор». Интенсивность и характер протекания указанных процессов, в свою очередь, определяются особым энергетическим состоянием высокодисперсных частиц, которое в современной научной литературе идентифицируется как «наносостояние» [1–5].

Доминирующей парадигмой является представление о том, что физические свойства вещества проявляют немонотонную зависимость от геометрических размеров частиц при их переходе в нанодиапазон. Для количественной оценки этого перехода продуктивным, на наш взгляд, представляется подход, развитый в работах Лиопо В.А. и сотр. [2–5], согласно которому для каждого вещества существует критический (граничный) размер L_0 . Данный параметр коррелирует с температурой Дебая θ_D и определяет порог проявления размерных эффектов. Если характерный размер частицы r превышает L_0 , её свойства соответствуют макроскопическому образцу. При $r < L_0$ доминирующий вклад вносят размерные факторы. Величина L_0 может быть оценена из соотношения $L_0 = 230 \cdot \theta_D^{-1/2}$ [нм].

Анализ энергетического состояния широко применяемых в материаловедении дисперсных модификаторов (слоистые силикаты, техногенный углерод, углеродные нанотрубки, ультрадисперсные алмазы, металлы и их оксиды) выявляет нелинейный характер температурных зависимостей термостимулированных токов (ТСТ). Экстремумы на спектрах ТСТ (рисунок) являются чувствительными индикаторами изменения размерных параметров, а также структурных превращений, индуцированных механическим диспергированием, температурными и иными энергетическими воздействиями.

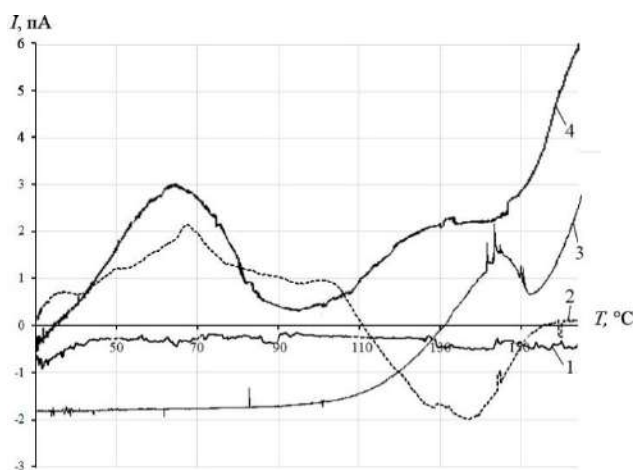


Рисунок – Характерный вид спектров ТСТ для частиц глины (1), УПТФЭ (2), УНТ (3), УДА (4)

Установлено, что наноразмерные частицы выступают в роли центров структурообразования в полимерной матрице. Высокая поверхностная энергия таких частиц инициирует формирование физических и химических связей на межфазной границе. Это приводит к упорядочению надмолекулярной структуры и, как следствие, к проявлению синергического эффекта. Наиболее показательным проявлением синергизма является кратное повышение стойкости нанокомпозитов к термоокислительной деструкции, что особенно важно для материалов на основе первичных и вторичных термопластов.

В рамках концепции энергетического и технологического соответствия [5] нами установлено, что энергетическое соответствие компонентов достигается при условии, при котором их суммарное энергетическое состояние оказывается соизмеримым с энергией активации дпревалирующего процесса межфазного взаимодействия, что выступает необходимым условием для формирования оптимальной иерархии структурных уровней композита (надмолекулярного, межмолекулярного и межфазного). Реализация предложенного принципа на практике предполагает не только исходное сочетание физико-химических параметров (теплофизических, размерных, электрофизических) компонентов, но и

возможность их контролируемого изменения в заданном диапазоне под влиянием технологических факторов (деформация, механоактивация, нагрев, ионизирующее излучение) на стадиях подготовки, переработки и последующей эксплуатации изделия.

Важно подчеркнуть, что методология создания нанокомпозитов должна базироваться на принципах технологического наследования (технологического соответствия компонентов). Согласно этому принципу, параметры структуры и свойств конечного изделия закладываются и последовательно формируются на всех этапах технологического цикла: от синтеза исходных компонентов и их предварительной обработки до финишных операций переработки. Такой подход позволяет рассматривать технологический процесс не как сумму разрозненных стадий, а как единую систему, где каждое последующее воздействие либо развивает, либо нивелирует структурные изменения, инициированные на предыдущих этапах.

Технологическое соответствие компонентов, в свою очередь, определяет возможность формирования межфазного слоя с заданными структурой и свойствами. Данный принцип предполагает достижение компонентами такого энергетического состояния на конкретном этапе технологического процесса (получение материала, формование изделия, сборка узла), которое обеспечивает протекание целевого процесса межфазного взаимодействия с необходимой интенсивностью, гарантируя тем самым заданный эксплуатационный ресурс металлополимерной системы.

Таким образом, системный анализ особенностей структурообразования в нанокомпозитах на основе высокомолекулярных матриц, базирующийся на концепциях наносостояния, энергетического и технологического соответствия, позволяет целенаправленно разрабатывать эффективные материалы и технологии их переработки в изделия различного функционального назначения [2–5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Елисеев, А.А., Лукашин, А.В. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит, 2010. 456 с.
2. Авдейчик, С.В., Лиопо, В.А., Струк, В.А. [и др.]. Полимер-силикатные машиностроительные материалы: физико-химия, технология, применение. Минск: Тэхналогія, 2007. 431 с.
3. Струк, В.А., Лиопо, В.А., Авдейчик, С.В., Гольдаде, В.А., Антонов, А.С., Бейтjuk, Ю.Р. Наноматериалы и нанотехнологии для машиностроения: учеб. пособие. Минск: РИВШ, 2021. 512 с.
4. Авдейчик, С.В., Лиопо, В.А., Рыскулов, А.А., Струк, В.А. Введение в физику нанокомпозиционных машиностроительных материалов. Гродно: ГГАУ, 2009. 439 с.
5. Avdeychik, S., Antonov, A., Lesun, A. The concept of energetic and technological compliance of components in materials science of fluorine composites. *Machines. Technologies. Materials*, 2021, vol. XV, no. 5, pp. 201–204.

Арыстанова Д.М. (КарТУ, г. Караганда)
Ковалев П.В. (НИТУ МИСИС, г. Москва)
Жолдубаева Ж.Д. (КарТУ, г. Караганда)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ: ПОСЛЕ ПРОКАЛИВАНИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Современных условиях развития металлургической промышленности особую актуальность приобретает переработка техногенных отходов, в частности прокатной окалины, содержащей значительное количество железа. Эффективное использование данного вторичного сырья способствует снижению экологической нагрузки и повышению ресурсосбережения.

В работе выполнен сравнительный анализ двух методов восстановления окалины: после прокаливания и после предварительного окисления. Установлено, что предварительное окисление приводит к формированию гематитовой структуры с повышенной пористостью и газопроницаемостью. Это обеспечивает более интенсивную диффузию восстановительных газов (водорода и оксида углерода) и способствует ускорению кинетики восстановления.

Показано, что плотная магнититовая структура окалины после прокаливания ограничивает проникновение восстановительных газов, что снижает эффективность процесса и увеличивает продолжительность восстановления. В отличие от этого, предварительно окисленная окалина демонстрирует более полное и равномерное восстановление с минимальным содержанием остаточных оксидов.

Термодинамический анализ подтверждает преимущество использования водорода как восстановителя, обеспечивающего высокую степень восстановления и экологическую безопасность процесса за счёт отсутствия выбросов углекислого газа. Также установлено снижение шлакообразования и энергозатрат при реализации метода «окисление—восстановление».

Таким образом, предварительное окисление окалины является эффективным технологическим приёмом, повышающим степень восстановления, качество получаемого железного порошка и экологичность металлургических процессов.

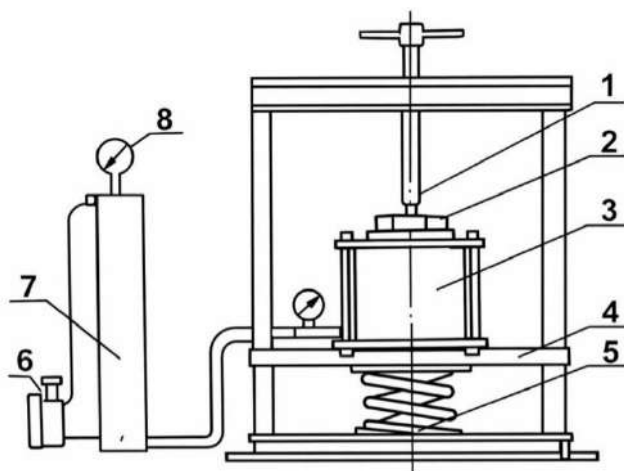
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Okamoto H. The Fe–O system // *Journal of Phase Equilibria and Diffusion*. – 1990. – Vol. 11, №4. – P. 403–412.
2. Luidold S., Antrekowitsch H. Hydrogen as a reducing agent: Thermodynamic possibilities // *JOM*. – 2007. – Vol. 59. – P. 58–62.

ЖҮКТЕМЕ КЕЗІНДЕГІ ДИСПЕРСТІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІ МЕН ҚОНДЫРҒЫСЫ

Маңызды реологиялық сипаттамаларды анықтау мұқият жүргізілген эксперименттік зерттеулерді талап етеді.

Осы міндеттерді шешу үшін үшосьті сығу эксперименттік қондырғысы құрастырылды (1-сурет). Қондырғының конструкциясы екі негізгі кернеуді (тік және бүйірлік) бір-бірінен тәуелсіз түрде беруге және сәйкес негізгі салыстырмалы деформацияларды өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл аспапты *B* типті стабилметрлерге жатқызуға болады. Мұнда бүйірлік қысым бір мезгілде жан-жақты қысым болып табылмайды, ал осьтік қысым бүйірлік қысымнан тәуелсіз беріледі және кей жағдайда одан аз немесе нөлге тең болуы мүмкін.



1 – кран; 2 – ДОСМЗ-3 динамометрі; 3 – стабилметр; 4 – *B* типті стабилметрді бекіту рамасы; 5 – серіппе; 6 – компенсациялық бакқа ауа беретін сорғы; 7 – компенсациялық бак; 8 – манометр.

1 сурет – Эксперименттік қондырғының сұлбасы.

Қондырғының негізгі тораптары:

1. Стабилметр (3) – ішінде серпімді қабықшаға орналастырылған топырақ үлгісі орналасатын тығыз жабылатын цилиндрлік камера.

2. Осьтік жүктеу торабы (2) – шток пен ДОСМЗ-3 динамометрінен тұрады, ол түсірілген тік күшті (F) өлшейді.

3. Бүйірлік қысым жүйесі (6,7,8) – сорғы, пульсацияны азайтуға арналған компенсациялық бак және орта қысымын (ауа немесе су) бақылауға арналған манометр.

4. Бекіту рамасы (4) – жүйенің соостығын және тұрақтылығын қамтамасыз ететін күштік құрылым.

5. Реттеу арматурасы (1,5) – жүктемені бірқалыпты беру үшін арналған крандар мен серіппелі элементтер.

Сынақ жүргізу әдістемесі

Үлгі камераға орналастырылғаннан кейін қажетті бүйірлік қысым беріледі. Осьтік жүктеме сатылы түрде немесе үздіксіз үлгі бұзылғанға дейін түсіріледі. Эксперимент барысында төмендегілер тіркеледі: осьтік күш F , деформация шамасы, бүйірлік қысым.

Сынақтың мақсаты – Мора–Кулон заңына сәйкес беріктік параметрлерін анықтау:

- ішкі үйкеліс бұрышы φ ;
- меншікті ілінісу c ;
- деформация модулі E .

Нәтижелерді өңдеу және есептеу мысалы

Диаметрі $d=38$ мм, биіктігі $h=76$ мм цилиндрлік үлгіге үш түрлі бүйірлік қысым деңгейінде сынақ жүргізілді.

Кесте 1. Эксперимент нәтижелері

№	σ_3 , кПа	F , Н	Δh (мм)	σ_1 , кПа
1	100	210	1,0	186
2	200	340	1,5	301
3	300	470	2,0	416

Негізгі есептеу формулалары:

1. Осьтік кернеу: $\sigma_1 = \frac{F}{A}$, мұндағы A – үлгінің ағымдағы қима ауданы.

2. Кернеулер девиаторы: $\sigma_1 - \sigma_3$.

3. Деформация модулі: $E = \frac{\Delta \sigma_1}{\varepsilon} = \frac{\Delta \sigma_1}{\Delta h/h_0}$.

Бірінші тәжірибеде $\varepsilon = 0,013$ ($1,0/76$) болғанда: $E \approx 14,3$ МПа.

φ және c параметрлерін анықтау

Параметрлер σ_1 мен σ_3 арасындағы сызықтық тәуелділік бойынша анықталады. Нәтижелер бойынша Мора шеңберлерінің жанама сызығы тұрғызылады.

• Ішкі үйкеліс бұрышы (φ) – аппроксимациялаушы түзудің еңкею бұрышының тангенсі арқылы анықталады.

• Ілінісу (c) – түзудің ордината осімен қиылысу нүктесі арқылы табылады.

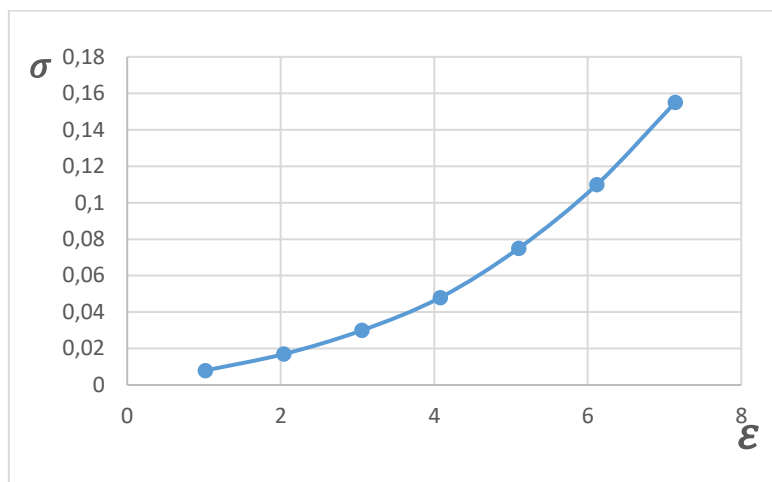
Деформация талдауы (коксик мысалында)

Кеуекті материал (коксик) үшін кернеудің салыстырмалы деформацияға тәуелділік мәліметтері келтірілген.

Деформация диаграммасы материалдың серпімді-пластикалық мінез-құлқын көрсетеді.

Кесте 2. Кеукті материал үшін кернеудің салыстырмалы деформацияға тәуелділігі (кокстик)

σ (%)	1,02	2,04	3,06	4,08	5,10	6,12	7,14
ε (МПа)	0,008	0,017	0,030	0,048	0,075	0,110	0,155



Сурет 1. Кокстик үлгісінің деформациялану диаграммасы

Қорытынды

1. Монолитті жыныстар жоғары серпімділік модулімен және морт сынумен сипатталады.

2. Үйінді материалдар жүктеменің бастапқы кезеңінде айтарлықтай тығыздалады.

3. Кеукті дисперсті материалдар (кокстик) айқын беріктену кезеңі бар күрделі серпімді-пластикалық деформация көрсетеді.

4. Жетілдірілген әдістеме мен В типті стабилметрді қолдану жан-жақты сығу жағдайларын тиімді модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл негіздер мен іргетастарды жобалау үшін қымбат және ұзақ мерзімді сынақтарсыз жоғары дәлдіктегі мәліметтер алуға жағдай жасайды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Борисов, И.Н., Журба, А.С. (2022). Реологические свойства дисперсных систем в строительстве: монография. Белгород: Изд-во БГТУ.
2. Аубекеров, Н.А., Касенов, А.Ж. (2023). Экспериментальная установка для исследования деформационных характеристик дисперсных сред. // Вестник Карагандинского государственного технического университета им. А. Сагинова.
3. Михайлов, Н.В. (2021). Современные методы и приборы для измерения реологических параметров вязкопластичных сред под давлением. // Журнал технической физики, Том 91, №4.
4. Шаповалов, Ю.П. (2024). Методика определения реологических констант порошковых материалов при осевом сжатии. // Известия вузов. Машиностроение, №2.

Әбдімүтәліп А.Н. (Түркістан, Қ.А.Ясауи ат.ХҚТУ)
 Құрбанбеков Ш.Р. (Түркістан, Қ.А.Ясауи ат. ХҚТУ)
 Мұсахан Н.П. (Түркістан, Қ.А.Ясауи ат. ХҚТУ)

HVOF-ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН Al-Cu-Fe КВАЗИКРИСТАЛДЫ ЖАБЫНЫНЫҢ ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІ МЕН МИКРОҚАТТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

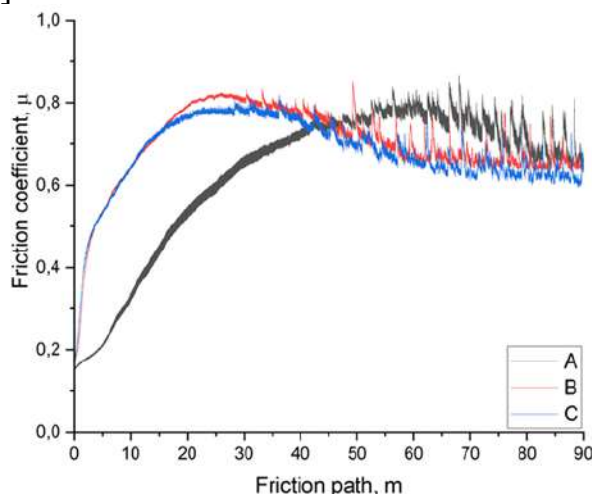
Қазіргі заманғы материалтану ғылымы экстремалды жағдайларда – жоғары температураларда, абразивті жүктемелер кезінде және агрессивті орталардың әсерінен пайдалануға арналған тозуға және коррозияға төзімді жабындарды әзірлеуге ерекше мән береді. Сондықтан аэроғарыш, энергетика және машинажасау салаларында қолданылатын құрылымдық материалдардың төзімділігі мен сенімділігін арттыру өзекті міндеттердің бірі болып табылады [1]. Осы міндетті шешу үшін жылдам балқыту әдістерімен алынған жабындар жиі қолданылуда. Квазипериодтық атомдық ретке ие квазикристалды материалдар ерекше қасиеттер кешенін көрсетеді: жоғары қаттылық, төмен үйкеліс коэффициенті, тамаша коррозияға төзімділік және 800°C-қа дейінгі температураларда тұрақтылық. Квазикристалдар түзетін әртүрлі қорытпа жүйелерінің ішінде Al-Cu-Fe жүйесі, әсіресе тұрақты квазикристалды фазаны қалыптастыратын $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ қорытпасы ерекше қызығушылық тудырады [2]. Осы қорытпа негізіндегі жабындар 700-1500 HV аралығындағы микроқаттылықпен, төмен үйкеліс коэффициентімен (құрғақ үйкеліс кезінде 0,1-ге дейін) және жоғары адгезиямен сипатталады, бұл оларды қарқынды тозу жағдайында жұмыс беттерін қорғау үшін перспективалы етеді.

Трибологиялық сипаттамалар TRB3 трибометрінде (Anton Paar, Buchs, Швейцария) шар-диск схемасы бойынша жүргізілген сырғанау сынақтары арқылы бағаланды. Сынақтар құрғақ үйкеліс жағдайында 2 Н қалыпты жүктеме, 1 см/с сырғанау жылдамдығы және 30 м жалпы сырғанау қашықтығы кезінде орындалды. Қарсы дене ретінде диаметрі 6 мм 100Cr6 болат шары қолданылды. Жабынның да, қарсы дененің де тозу жылдамдықтары ASTM G99 стандартына сәйкес анықталды.

Микроқаттылық өлшеулері ASTM E384 стандарттарына сәйкес HLV-1DT микроқаттылық өлшегішінде Виккерс әдісімен жүргізілді. Төбесінің бұрышы 136° болатын алмаз пирамидалық индентор 0,5 кГс (4,9 Н) жүктемеде 10 с ұстау уақытымен (HV 0,5) қолданылды. Қаттылық мәндері екі ендіріме диагоналінің (d1 және d2) өлшенген ұзындықтары негізінде есептелді.

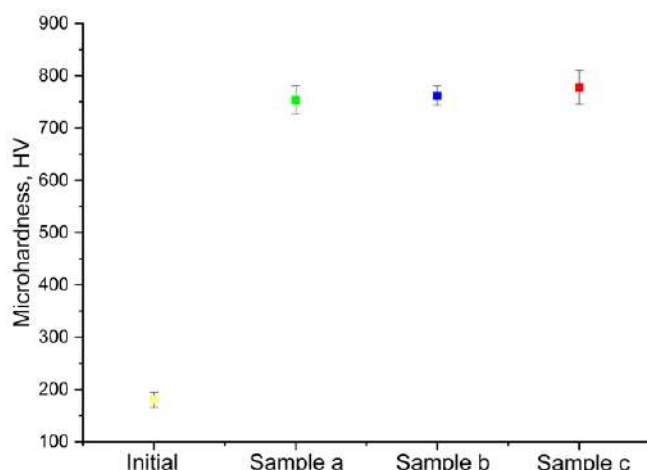
Үйкеліс коэффициенті мен сырғанау қашықтығы арасындағы өзара байланыс 1-суретте көрсетілген. 100Cr6 қорытпасының таңдалуы оның стандартты мойынтірек материалы ретіндегі қалыптасқан позициясына

және нақты машина жасау салаларында кеңінен қолданылуына негізделген. Бұл қозғалтқыштардың, сорғылар мен компрессорлардың домалау мойынтіректері, дәлдігі жоғары станок шпиндельдері және редукторлардың мойынтіректері секілді қолданыстарды қамтиды, осылайша алынған трибологиялық деректердің өзектілігі мен салыстырмалылығын қамтамасыз етеді. Төмендетілген оттегі қысымында (3,0 бар) бөлшектердің толық қыздырылмауы пластикалық деформацияның төмендеуіне және бөлшектер адгезиясының әлсіреуіне әкелуі мүмкін [3]. Оттегі қысымын 3,5 барға дейін арттыру бөлшектердің үдеуі мен термиялық әсер арасындағы теңгерімді оңтайландырады, нәтижесінде біртекті микроқұрылым қалыптасады. Максималды оттегі қысымында (4,0 бар) жалын температурасының жоғарылауы бөлшектердің жұмсаруын жақсартуы мүмкін, бірақ сонымен бірге тотығу бейімділігін арттырады, бұл дайын жабынның тұтастығына әсер етуі мүмкін [4].



1-сурет. Үйкеліс коэффициентінің үйкеліс жолына тәуелділік графигі

Барлық жабындар 12X18H10T болат негіздік материалымен салыстырғанда беттік қаттылықтың айтарлықтай жақсарғанын көрсетті, ол 750 HV-ден асып, сенімді механикалық байланысты растады (2-сурет). Бұл нәтижелер зерттелінген параметрлер ауқымында жабын-негіз жүйесінің механикалық тұтастығы сақталатынын көрсетеді.



2-сурет. Негізгі болат пен $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$ жабынының әртүрлі оттегі ағынының жылдамдығындағы орташа қаттылық мәндері

Тұтастай алғанда, зерттеу $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$ жабыны үшін оттегінің 3,5 бар қысымын оңтайлы HVOF тозаңдату шарты ретінде анықтайды, бұл төмен үйкеліс, тозуға төзімділік және трибологиялық тұрақтылық арасындағы тиімді ымыраны қамтамасыз етеді. Нәтижелер квазикристалды Al-Cu-Fe жабындарының HVOF процесінің параметрлеріне жоғары сезімталдығын көрсетеді және қарқынды механикалық және термиялық жүктемелерді қамтитын қолданыстар үшін жабын сипаттамаларын бейімдеуге практикалық нұсқаулар береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Zhu, L.; Soto-Medina, S.; Cuadrado-Castillo, W.; Hennig, R. G.; Manuel, M. V. New Experimental Studies on the Phase Diagram of the Al-Cu-Fe Quasicrystal-Forming System. *Mater. Des.* 2020, 185, 108186. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108186>.
2. Wolf, W.; Koga, G. Y.; Schulz, R.; Savoie, S.; Kiminami, C. S.; Bolfarini, C.; Botta, W. J. Wear and Corrosion Performance of Al-Cu-Fe-(Cr) Quasicrystalline Coatings Produced by HVOF. *J. Therm. Spray Technol.* 2020, 29, 1195-1207. <https://doi.org/10.1007/s11666-020-01053-2>
3. Rahadilov, B.K.; Kurbanbekov, Sh.R.; Seytov, B.; Muktanova, N.; Baltabayeva, D.E.; Katpayeva, K. Teoreticheskiye issledovaniya i resheniya optimal'nykh rezhimov protsessa termicheskogo napyleniya HVOF dlya pokrytiya Cr_3C_2 -NiCr. *Vestnik NYaTs RK* 2023, (4), 22-31.
4. Dubois, J. M., & Belin-Ferré, E. (2014). Friction and solid-solid adhesion on complex metallic alloys. *Science and Technology of Advanced Materials*, 15(3). <https://doi.org/10.1088/1468-6996/15/3/034804>

Байсеитова Е.А. (г. Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)
Ковалев П.В. (г. Санк-Петербург, СПбПУ Петра Великого)
Куликов В.Ю. (г.Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БРИКЕТОВ ИЗ ПЫЛЕВИДНОЙ СТРУЖКИ СТАЛИ ШХ15

Современное развитие металлургической промышленности характеризуется ростом конкуренции, ужесточением экологических нормативов и повышением требований к эффективности использования сырьевых ресурсов. В условиях усложнения процессов добычи и подготовки традиционного сырья особую актуальность приобретает внедрение ресурсосберегающих технологий, ориентированных на переработку вторичных металлических отходов.

Одним из перспективных направлений является использование металлической стружки, образующейся при механической обработке сталей, в качестве компонента металлургической шихты. Однако пылевидная стружка характеризуется низкой насыпной плотностью, высокой окисленностью и неудовлетворительными технологическими свойствами, что существенно ограничивает возможности её прямого применения. В связи с этим особый интерес представляет технология брикетирования, позволяющая формировать компактные изделия с заданными физико-механическими характеристиками.

В рамках данной работы проведены экспериментальные исследования, направленные на изучение структуры и прочностных свойств брикетов, изготовленных из пылевидной стружки, стали марки ШХ15. Основное внимание уделялось подбору рационального состава брикетной смеси, определению оптимальных режимов прессования и сушке, а также оценке однородности структуры готовых изделий.

Эксперименты выполнялись в лабораторных условиях Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова. В процессе исследований анализировалось влияние фракционного состава стружки, времени перемешивания и давления прессования на прочность брикетов при сжатии. Дополнительно проводилось металлографическое исследование структуры брикетов и отливок, полученных при использовании данных брикетов в качестве шихтового материала.

Полученные результаты показали, что сформированные брикеты обладают достаточной механической прочностью и характеризуются равномерным распределением компонентов по объему. Установлено, что корректный выбор технологических параметров обеспечивает формирование плотной структуры без выраженных дефектов, что является

важным условием стабильного поведения брикетов при транспортировке и последующей плавке.

Сравнительный анализ показал, что брикеты из стружки стали ШХ15 могут рассматриваться как эффективная альтернатива части традиционного металлургического сырья. Их применение позволяет снизить потребность в дефицитных видах углеродсодержащих материалов, а также повысить степень вовлечения вторичных ресурсов в производственный цикл.

Особое значение в работе уделено экологическому аспекту. Использование технологии брикетирования способствует сокращению объемов металлических отходов, снижению запыленности производственных помещений и уменьшению негативного воздействия металлургических предприятий на окружающую среду.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают перспективность применения брикетов из пылевидной стружки стали ШХ15 в металлургической практике. Дальнейшие исследования целесообразно направить на оптимизацию состава брикетов и оценку их поведения в промышленных условиях плавки.

Отдельное внимание в ходе исследования было уделено оценке влияния гранулометрического состава пылевидной стружки на процесс уплотнения при холодном прессовании. Установлено, что присутствие мелкодисперсных фракций способствует более плотной упаковке частиц и формированию развитых контактных зон между ними. Это приводит к увеличению сил межчастичного сцепления и, как следствие, к росту прочности брикетов. При этом избыточное содержание ультрадисперсных частиц может вызывать ухудшение газопроницаемости и неравномерность распределения влаги, что требует оптимизации состава брикетной смеси.

Кроме того, анализ структурных изменений, происходящих в брикетах на стадии сушки, показал существенное влияние температурно-временного режима на формирование их внутренней структуры. Рациональный подбор параметров сушки обеспечивает снижение остаточной влажности без образования трещин и расслоений, что особенно важно для брикетов из пылевидных металлических отходов. Соблюдение оптимальных режимов позволяет стабилизировать геометрию изделий и повысить их эксплуатационную надёжность при последующих операциях транспортировки и плавки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Пузанов В.П. Структурообразования из мелких материалов с участием жидких фаз / В. П. Пузанов, В. А. Кобелев. – Екатеринбург: Уро РАН, 2001. – 634 с.
2. Сидоренко А. Н. Технология переработки мелкодисперсных металлургических отходов. – М.: Металлургия, 1998. – 312 с.
3. Носков В. А. Экспериментальные исследования основных параметров и режимов брикетирования мелкофракционных технологических отходов в валковых прессах/ Металлургическая и горнорудная промышленность -1999. -с.19-96

HVOF ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ ЖАБЫНЫНЫҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі материалтануда жоғары температура, абразивті жүктемелер және агрессивті орта жағдайында жұмыс істейтін материалдардың тозуға және коррозияға төзімділігін арттыру өзекті мәселе болып табылады. Бұл әсіресе аэроғарыш, энергетика және машина жасау салаларында қолданылатын құрылымдық материалдардың сенімділігін арттыру үшін маңызды [1]. Осы мақсатта жылдам кристалдану әдістерімен алынатын жабындар кеңінен зерттелуде, өйткені олар кристалды, аморфты және квазикристалды фазалардың ерекше үйлесімі бар микроқұрылымдардың қалыптасуына мүмкіндік береді [2].

Квазикристалды материалдар жоғары қаттылық, төмен үйкеліс коэффициенті, жоғары коррозияға төзімділік және жоғары температурада тұрақтылық сияқты қасиеттердің үйлесімімен ерекшеленеді [3]. Осындай қорытпалардың ішінде Al-Cu-Fe жүйесі, әсіресе тұрақты квазикристалды фазаны түзетін $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ құрамы, ерекше қызығушылық тудырады [4]. Бұл қорытпа негізіндегі жабындар жоғары микроқаттылықпен (700-1500 HV), төмен үйкеліс коэффициентімен және жақсы адгезиясымен сипатталады, сондықтан оларды қарқынды тозу жағдайында қорғаныш жабын ретінде қолдану перспективалы [5].

Квазикристалды жабындарды алу үшін тиімді әдістердің бірі - жоғары жылдамдықты оттегі-отын бүрку (HVOF) технологиясы. Бұл әдіс бөлшектердің жоғары жылдамдығын және салыстырмалы түрде төмен субстрат температурасын қамтамасыз етіп, жабынның тығыз құрылымын қалыптастырады және бастапқы фазалық құрамының сақталуына мүмкіндік береді [6].

Зерттеуде субстрат ретінде коррозияға және жоғары температураға төзімділігімен кеңінен қолданылатын 08X18H10T (AISI 321) тот баспайтын болаты пайдаланылды [7]. Бұл болат химия, мұнай-газ және энергетика салаларында әртүрлі жабдықтар мен құрылымдық элементтерді дайындауда кең қолданылады. Алайда, жұмыс барысында үйкеліс пен эрозия әсерінен оның беткі қабаты зақымдануы мүмкін. Осыған байланысты Al-Cu-Fe жүйесіне негізделген квазикристалды жабындарды қолдану болатын қызмет ету мерзімін арттырудың тиімді тәсілі болып табылады.

Бұл жұмыстың мақсаты - HVOF әдісін қолдана отырып, AISI 321 тот баспайтын болатының бетіне $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ квазикристалды жабынын алу және оның құрылымдық ерекшеліктерін зерттеу.

Тандалған параметрлер тұрақты жануға, біркелкі бүркуге және жоғары сапалы жабынға әкелді. Бөлшектердің оңтайлы мөлшері мен тиісті бүрку қашықтығының арқасында ұнтақ тиімді қыздыру үшін жалында жеткілікті уақыт өткізді және қажетті энергиямен негізге жетті, бұл тұндырылған қабаттың біркелкі және біртекті сипатымен дәлелденді. Квазикристалды құрылымды сақтау бүкіл процесте маңызды болды. Бақыланатын орта $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ қорытпасының бірегей қасиеттерінің соңғы жабында сақталуын қамтамасыз етті. Бөлшектердің сипаттамалары, бүрку параметрлері және алынған жабын микроқұрылымы арасындағы өзара әрекеттесу мұқият зерттелді, әсіресе қажетті өнімділік сипаттамаларына қол жеткізудегі оттегі қысымының рөліне баса назар аударылды. Үш реттік тәжірибелерде алынған дәйекті және қайталанатын нәтижелер тандалған әдіснаманың сенімділігін және оттегі қысымының HVOF жабын процесіне әсері туралы қорытындылардың дұрыстығын көрсетеді. Бұл жүйелі тәсіл күрделі жоғары температуралы, тозуға төзімді қолданбалар үшін жабын қасиеттерін қалай оңтайландыру керектігін нақты түсінуді қамтамасыз етеді (Кесте 1).

Кесте 1. HVOF параметрлері

Пропан (бар)	Оттегі (бар)	Ауа (бар)	Арақашықтық (мм)
1.9	3.0	2.2	250
1.9	3.5	2.2	250

Қолданылған жабындардың фазалық құрамы рентгендік дифракция (XRD) әдісімен анықталды. Өлшеулер мыс анодымен ($K\alpha$, $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$) жабдықталған Panalytical X'Pert PRO дифрактометрінде (Philips, Амстердам, Нидерланды) жүргізілді. Талдау 40 кВ кернеуде және 30 мА токта, $2\theta = 20^\circ - 90^\circ$ диапазонында, қадам өлшемі $0,02^\circ$ және әр қадамға 2 с санау уақытымен орындалды. Фазаларды сәйкестендіру HighScore Plus бағдарламалық пакеті арқылы жүргізілді.

Жабындардың беттік морфологиясы мен элементтік құрамы Tescan Vega 4 (Брно, Чехия) сканерлеуші электронды микроскопының (SEM) көмегімен зерттелді.

Рентгендік талдау HVOF әдісімен алынған квазикристалды жабындардың құрамында $Al_{0.5}Fe_{1.5}$ және Al-Cu-Fe жүйесіне тән фазалардың бар екенін көрсетті. Тұндыру параметрлерінің өзгеруі фазалық құрамға елеулі әсер етеді: $Al_{0.5}Fe_{1.5}$ фазасына сәйкес шыңдардың қарқындылығы төмендеп, квазикристалды фазаға тән дифракциялық шыңдар айқынырақ байқалады.

Квазикристалдар трансляциялық симметрияның болмауымен және күрделі атомдық құрылымымен ерекшеленеді. Fe-Al жүйесіндегі $Fe_{1.5}Al_{0.5}$

интерметаллдық қосылысы шамамен 25 ат.% Al құрамымен сипатталып, Im-3m кеңістік тобында кубтық құрылым түзеді. DO₃ типті атомдық орналасу материалдың қаттылығы мен құрылымдық тұрақтылығын арттырады.

Зерттеу нәтижелері бойынша HVOF әдісімен алынған Al-Cu-Fe жабындарында икосаэдрлік квазикристалды фаза басым екені анықталды. Бұл фаза бастапқы ұнтақтан немесе бөлшектердің субстратқа жоғары жылдамдықпен соғылуы кезінде жылдам қату нәтижесінде қалыптасады. Күрделі атомдық орналасу мен күшті атомаралық байланыстар жабынның қаттылығы мен құрылымдық тұрақтылығын арттырады.

Алғыс білдіру. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № AP26103943).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Zhu, L.; Soto-Medina, S.; Cuadrado-Castillo, W.; Hennig, R. G.; Manuel, M. V. *New Experimental Studies on the Phase Diagram of the Al-Cu-Fe Quasicrystal-Forming System*. *Mater. Des.* 2020, 185, 108186. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108186>.
2. Wolf, W.; Koga, G. Y.; Schulz, R.; Savoie, S.; Kiminami, C. S.; Bolfarini, C.; Botta, W. J. *Wear and Corrosion Performance of Al-Cu-Fe-(Cr) Quasicrystalline Coatings Produced by HVOF*. *J. Therm. Spray Technol.* 2020, 29, 1195-1207. <https://doi.org/10.1007/s11666-020-01053-2>
3. Rahadilov, B.K.; Kurbanbekov, Sh.R.; Seytov, B.; Muktanova, N.; Baltabayeva, D.E.; Katpayeva, K. *Teoreticheskiye issledovaniya i resheniya optimal'nykh rezhimov protsessa termicheskogo napyleniya HVOF dlya pokrytiya Cr₃C₂-NiCr*. *Vestnik NYaTs RK* 2023, (4), 22-31.
4. Rahadilov, B.K.; Muktanova, N.; Kakimzhanov, D.N. *Vliyanie var'irovaniya rasstoyaniya napyleniya na strukturno-fazovoye sostoyaniye i mekhanotribologicheskiye svoystva pokrytiy na osnove 86WC-10Co-4Cr, poluchennykh metodom HVOF*. *Vestnik NYaTs RK* 2024, (3), 91-104.
5. Panteleenko, F.I.; Zhen, P. *Progressivnyye tekhnologii lazernoy naplavki i gazotermicheskogo napyleniya*. *Liteyo i Metallurgiya* 2024, 3, 61-65.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Металлические крепежные элементы широко применяются в современном строительстве для фиксации теплоизоляционных материалов на фасадах зданий, трубопроводах и инженерных коммуникациях. К наиболее распространённым видам таких изделий относятся тарельчатые дюбели, анкерные болты, саморезы, кронштейны и заклёпки.

Следует отметить, что существенным ограничивающим фактором в эксплуатации металлических крепежей является их высокая склонность к электрохимической и атмосферной коррозии. Под воздействием влаги, перепадов температур, агрессивных компонентов городской атмосферы (сульфатов, хлоридов, оксидов азота и серы) и щелочной среды строительных растворов на поверхности металла образуются очаги ржавчины. Это приводит к постепенному снижению механической прочности крепежа, потере адгезии, образованию мостиков холода и к преждевременному разрушению теплоизоляционной системы.

Для повышения коррозионной стойкости металлических крепежных элементов активно применяются различные методы защиты [1, 2]. Наиболее распространённым решением является нанесение антикоррозионных покрытий: горячее цинкование, гальваническое цинкование, нанесение полимерных слоёв и др. [1, 3-5].

Правильно подобранное и качественно нанесённое антикоррозионное покрытие не только существенно замедляет процессы окисления металла, но и повышает адгезию крепежа к основанию, улучшает его устойчивость к циклическим нагрузкам и ультрафиолетовому излучению. В результате срок службы крепежных элементов увеличивается в 2–3 раза, что напрямую влияет на долговечность всей теплоизоляционной конструкции и снижает эксплуатационные расходы на ремонт и замену повреждённых узлов.

Цель работы – разработка эффективных антикоррозионных покрытий для распорного элемента тарельчатого дюбеля. Для достижения поставленной цели в работе предлагается фосфатирование металлических элементов с последующим нанесением различных ингибиторов коррозии [6].

Объектом исследования выбрали металлический анкер тарельчатого дюбеля, изготовленный из стали 30 (ГОСТ 1050-88). В качестве ингибиторов коррозии использовали минеральное масло марки Лукойл «Стандарт» 15W40, преобразователь ржавчины, нитрит натрия NaNO_2 и

эмаль марки ЭП-773. Для сравнения на некоторые образцы наносили гальванические покрытия.

Для исследований подготовили образцы из стали 30 длиной – 100 мм, шириной – 22 мм и толщиной – 2 мм.

Образец № 1 (исходный) – без покрытия.

Образец № 2 – с фосфатным покрытием.

Образец № 3 – фосфатированный с последующим нанесением покрытия NaNO_2 .

Образец № 4 – фосфатированный, обработанный минеральным маслом марки Лукойл «Стандарт» 15W40.

Образец № 5 – фосфатированный с нанесением преобразователя ржавчины.

Образец № 6 – с никелевым покрытием.

Образец № 7 – с цинковым покрытием.

Образец № 8 – фосфатированный с последующим нанесением лакокрасочного покрытия (эмаль ЭП-773).

Образец № 9 – с лакокрасочным покрытием (эмаль ЭП-773).

Коррозионную стойкость образцов определяли согласно ГОСТ 34388-2023 (ISO 9227:2017). Покрытия металлические и неметаллические неорганические.

Методы контроля. Для проведения испытаний выбрали метод погружения в перенасыщенный раствор морской соли. Продолжительность испытания – 128 часов при температуре 65 °С.

Деформационно-прочностные испытания проводили на разрывной машине ИР 5047-50 при нагрузке 50 кН, рекомендуемой для испытаний на растяжение образцов из металлов, пластмасс и резины в соответствии с ГОСТ 1497-2023 «Металлы. Методы испытаний на растяжение».

Степень коррозионного поражения исследуемых образцов после коррозионных испытаний представлены на рисунке 1.

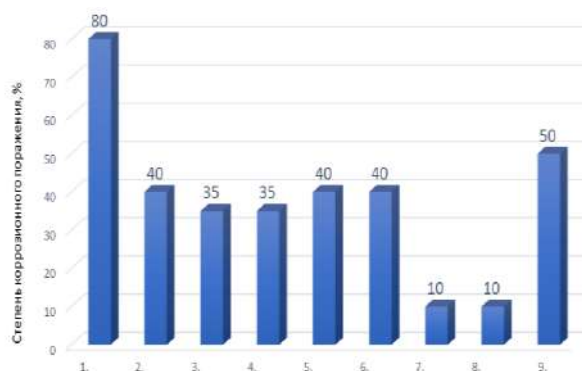


Рисунок 1 – Результаты коррозионных испытаний исследуемых образцов

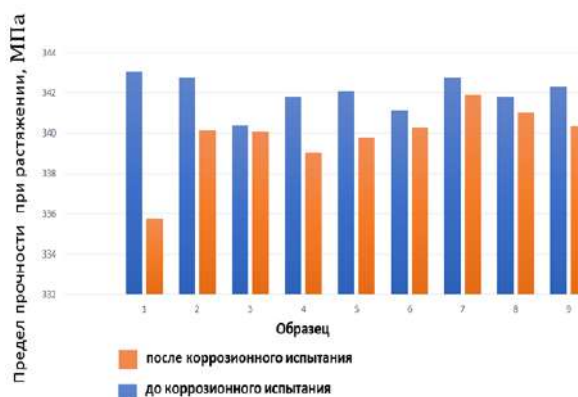


Рисунок 2 – Результаты механических испытаний исследуемых образцов

Результаты механических испытаний исследуемых образцов представлены на рисунке 2.

Анализируя результаты коррозионных испытаний, установили, что наибольшее коррозионное разрушение наблюдали у исходного образца, признаки коррозии на котором появились через 24 часа после начала испытания. Фосфатирование повышает коррозионную стойкость стали 30. Наибольшую стойкость к коррозии показали образцы с цинковым покрытием и с фосфатным покрытием с последующим нанесением ЛКМ (рисунок 1).

Согласно данным, представленным на рисунке 2, максимальные значения предела прочности при растяжении исследуемых образцов после завершения коррозионных испытаний были зафиксированы у двух групп образцов: у крепежного элемента с фосфатным покрытием, дополненным слоем ЛКМ (образец № 8), и у оцинкованного образца (образец № 7). Это свидетельствует о том, что указанные типы покрытий не только эффективно защищают металл от коррозии, но и способствуют сохранению его механических характеристик под нагрузкой.

Таким образом, на основании экспериментальных исследований можно сделать вывод: из рассмотренных вариантов антикоррозионной обработки наибольшую практическую эффективность демонстрируют оцинкование, а также комбинированная система «фосфатирование + ЛКМ». Данные покрытия обеспечивают комплексную защиту: высокую барьерную стойкость к воздействию влаги и агрессивных сред, а также сохранение прочностных свойств металлического крепежа в течение длительного срока эксплуатации, что делает их предпочтительными для применения в строительстве и промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буряк, А.К. Развитие традиционных и разработка новых средств и способов противокоррозионной защиты металлов. / Ю.И. Кузнецов., А.И. Маршаков., А.М. Семилетов. // *Коррозия: защита материалов и методы исследований*. – 2023. – №1. – С. 1 – 20.
2. Гамбург, Ю.Д. История развития коррозионных исследований металлов в ИФХЭ РАН. Исследования структуры гальванопокрытий. Ю.Д. Гамбург. // *Коррозия: защита материалов и методы исследований*. – 2025 – №4. – С. 124-146.
3. Сафонов, В. А. Коррозия и защита металлов: учебник / В. А. Сафонов, М. А. Чоба. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 184 с. — ISBN 978-5-9729-1496-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/347045> (дата обращения: 30.03.2026).
4. Тюрина, С. А. Коррозия и защита металлов и сплавов: учебно-методическое пособие / С. А. Тюрина, Г. Ю. Дальская. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 170 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182589> (дата обращения: 30.03.2026).
5. Неверов, А.С. Коррозия и защита материалов / А.С. Неверов, Д.А. Родченко, М.И. Цырлин. – Минск: Выш. шк., 2007. – 222 с.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ РУД МЕДИ

В современной горно-металлургической отрасли наблюдается глобальный тренд на усложнение минералогического состава перерабатываемого сырья. Легкообогащаемые сульфидные руды постепенно истощаются, что заставляет предприятия вовлекать в производство забалансовые и смешанные типы руд. Основную сложность при их переработке представляют окисленные минералы меди — малахит, азурит и, в особенности, хризоколла. Последняя обладает пористой структурой и переменным химическим составом, что делает её практически инертной к классическим методам флотации.

Существующие методы сульфидизации с использованием сернистого натрия требуют прецизионной дозировки реагента. Избыток сульфид-ионов действует как депрессор, а недостаток не обеспечивает необходимой гидрофобизации поверхности. В этой связи разработка ресурсосберегающей технологии, основанной на физико-химическом воздействии на пульпу, является критически важной задачей для повышения рентабельности производства и минимизации экологических рисков.

Теоретические основы и механизм инновации. Научная концепция работы базируется на идее управления состоянием поверхности раздела фаз «твёрдое — жидкость» через регулирование электрохимического потенциала. Предлагаемая технология предполагает интеграцию в процесс подготовки пульпы специальных электрохимических устройств (кондиционеров).

В процессе предварительной электрохимической активации происходит направленная перестройка двойного электрического слоя на поверхности минералов. При подаче определенного потенциала на электроды в пульпе генерируются активные формы кислорода и ионов, которые способствуют очистке поверхности окисленных минералов от шламовых покрытий и создают энергетически выгодные центры для адсорбции собирателя. Основной акцент сделан на превращении труднорастворимых гидроксидов и карбонатов меди в тонкие, химически активные сульфидные слои. Это позволяет достичь высокой степени гидрофобности поверхности даже у таких сложных минералов, как хризоколла.

Методология и экспериментальная база. Исследовательская часть работы выполнялась на стыке нескольких дисциплин: минералогии,

электрохимии и теории обогащения. Для изучения фазовых превращений применялся комплексный физико-химический анализ, включающий рентгенофазовый (РФА) и сканирующую электронную микроскопию (СЭМ). Электрохимические измерения проводились с использованием трехэлектродной ячейки, что позволило определить точные диапазоны потенциалов, при которых достигается максимальная плотность сорбции ксантогената.

В рамках программы интеграции образования и производства, на базе университетских лабораторий проводились серии опытов на реальных пробах руд. Это позволило создать базу данных «состав — потенциал — извлечение», которая может быть использована для автоматизации процессов на фабрике.

Практическая реализация и производственные преимущества. Переход на предложенную технологию открывает широкие возможности для оптимизации затрат. В отличие от традиционных методов, требующих закупки импортных синтетических реагентов, электрохимическая активация использует электроэнергию как основной «реагент», что существенно снижает зависимость предприятия от логистических цепочек и волатильности цен на химическом рынке.

Интеграция данной разработки в производственный цикл не требует капитальной перестройки флотационного отделения. Модульные электрохимические установки могут быть размещены в существующих контактных чанах или перед операцией основной флотации.

Ожидаемые показатели и выводы. Применение разработанной ресурсосберегающей технологии позволяет достичь стабильных технологических показателей. Ожидается, что сквозное извлечение меди вырастет на 2,8–4,2% в зависимости от доли окисленных форм в исходном питании. При этом удельный расход сульфидизатора сокращается на 30%, что не только дает прямой экономический эффект, но и улучшает качество оборотных вод, снижая нагрузку на хвостохранилища.

Данный подход демонстрирует эффективность синергии фундаментальной науки и промышленного производства, обеспечивая создание экологически безопасной и экономически эффективной базы для развития цветной металлургии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Чантурия В. А. Инновационные процессы глубокой переработки техногенного сырья в условиях дефицита природных ресурсов // Горный журнал. – 2022. – № 1. – С. 15–21.
2. Бочаров В. А., Игнаткина В. А. Технология обогащения полезных ископаемых: в 2 т. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2017. (Классический учебник-справочник для связи образования и производства).
3. Vatutina A. M., et al. Electrochemical aspects of the interaction of xanthate with oxidized copper minerals // Journal of Mining Science. – 2020. – Vol. 56. – No. 3. – P. 450–458. (Источник по электрохимическому механизму взаимодействия реагентов).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА НА СВОЙСТВА
ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ
ШЛАКОВ

В условиях интенсивного развития металлургической промышленности наблюдается устойчивый рост объемов техногенных отходов, в частности сталеплавильных шлаков. Их накопление оказывает негативное воздействие на окружающую среду и требует разработки эффективных методов утилизации и переработки. Одним из перспективных направлений является использование данных отходов в производстве огнеупорных материалов, что позволяет не только снизить экологическую нагрузку, но и сократить потребление природного сырья.

Несмотря на значительный потенциал применения сталеплавильных шлаков, свойства огнеупорных материалов на их основе в значительной степени зависят от химического и фазового состава исходного сырья, а также от технологических параметров их переработки. Изменение соотношения оксидных компонентов и условий термической обработки приводит к формированию различных фаз и микроструктур, что, в свою очередь, определяет эксплуатационные характеристики материалов.

Целью данной работы является исследование влияния химического состава сталеплавильных шлаков и технологических режимов обработки на свойства огнеупорных материалов.

В качестве исходного сырья использовались сталеплавильные шлаки состава (CaO – 27%, SiO_2 – 20%, Al_2O_3 – 10%, Fe_2O_3 – 15%, MgO – 8% и др.). На их основе были разработаны огнеупорные композиции различного состава с варьированием содержания основных компонентов в пределах до 15%. Подготовка шихты включала стадии измельчения до фракции $\sim 0,2$ мм, гомогенизации и формования образцов методом прессования. Образцы подвергались термической обработке при температуре 1350 °C в течение 2 часов, при скорости нагрева 3-5 °C/мин. Охлаждение осуществлялось в печи, что оказывало влияние на формирование муллитного фазового состава.

Для комплексной оценки свойств полученных материалов были проведены экспериментальные исследования. Огнеупорность определялась для 5 образцов и составила 1560-1590 °C, что свидетельствует о достаточной термической устойчивости материалов. Прочность при сжатии определялась для 12 образцов и находилась в диапазоне 12-24 МПа. Установлено, что при увеличении содержания шлака наблюдается рост прочности на 20%, что может быть связано с образованием более плотной и

однородной структуры. Однако при превышении содержания данного компонента свыше 12% отмечается снижение прочности, что, вероятно, обусловлено появлением хрупких фаз или увеличением пористости.

Испытания на термостойкость (количество тепловых циклов до разрушения) показали, что для исследованных образцов данный показатель составляет больше 10 циклов. При этом установлено, что изменение состава приводит к снижению термостойкости на 20-30%, что объясняется различиями в коэффициентах термического расширения фаз и их распределении в структуре материала.

С целью изучения процессов фазообразования был проведён дифференциальный термический анализ для 5 образцов. Результаты термического анализа проведенного в интервале температур до 1000 °С, дополняют данные рентгенофазового анализа и позволяют судить о фазовой стабильности полученных материалов. На полученных термограммах для всех составов наблюдается отсутствие выраженных эндотермических и экзотермических эффектов в высокотемпературной области, что подтверждает завершенность основных процессов дегидроксилирования глинистых минералов и формирования муллитовой структуры в ходе предварительного обжига при 1350 °С.

Анализ полученных результатов позволяет установить, что изменение химического состава шлака и технологических режимов обработки оказывает комплексное влияние на формирование фазового состава и микроструктуры огнеупорных материалов. Это, в свою очередь, определяет их физико-механические и эксплуатационные свойства. Выявленные зависимости позволяют прогнозировать поведение материалов при эксплуатации и целенаправленно регулировать их характеристики.

Таким образом, показана принципиальная возможность эффективного использования сталеплавильных шлаков в составе огнеупорных материалов. Установлена зависимость свойств материалов от состава исходного сырья и условий термической обработки, что открывает перспективы для разработки новых ресурсосберегающих технологий производства огнеупоров с заданными свойствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР:

1. Bazhin V. Y., Glazev M. V. Refractory materials of metallurgical furnaces with the addition of silicon production waste //Non-ferrous Metals. – 2022. – Т. 1. – С. 32.
2. Ducman V., Mladenović A. The potential use of steel slag in refractory concrete //Materials Characterization. – 2011. – Т. 62. – №. 7. – С. 716-723.
3. Сатбаев Б. Н. и др. Природоохранная технология комплексной утилизации техногенных отходов металлургической промышленности: самоспекающаяся химически стойкая огнеупорная масса //Новые огнеупоры. – 2019. – №. 6. – С. 64-68.
4. Сатбаев Б. Н. и др. Изготовление химически стойкой огнеупорной бетонной смеси из отходов металлургических производств и их физико-химические свойства //Новые огнеупоры. – 2021. – №. 10. – С. 9-11.
5. Акишев А. и др. Получение огнеупоров из высокохромистых отходов ферросплавного производства //Горение и плазмохимия. – 2021. – Т. 19. – №. 3. – С. 171-179.

Жұмашев Қ.Ж. (Қарағанды қ., Ж.Әбішев ат. ХМИ)
 Нарембекова А.К. (Қарағанды қ., Ә.Сағынов ат. ҚарТУ)
 Катренов Б.Б. (Қарағанды, АҚ “Qarmet”)

МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫН АЛУ

Көмірқышқыл газын кәдеге жарату өте маңызды болыптабылады қазіргі уақытта адамзат үшін маңыздымәселе. Әлемде әрекет етеді үш ондаған ірі өнеркәсіптіккәсіпорындар, онда көмірқышқыл газы ұсталады. Бұл қондырғылардабұл газ пайдаланылады бастапқы шикізат ретінде [1].

Жыл сайын өнеркәсіптік кәсіпорындар 40 миллионға жуық кәдеге жаратуды жүзегеасырады. тонна көмірқышқыл газының шығарындылары. Оның ішінде газдыңбасым бөлігі мыналардан келеді табиғи газды өндіру және қайта өңдеукәсіпорындарының үлесі. Қалғаны газдың бір бөлігі құрылыс материалдарынөндіруде қолданылады, тыңайтқыштардың, темірдің және оныңқорытпаларының [1]. Дегенмен, мынаны да назардан тыс қалдыруға болмайдытектоникалық жылжулар нәтижесінде қысымға ұшыраған газ немесе Аладдинніңшамындағы "джин" сияқты жер сілкіністері жарылуы мүмкін сыртқа.

Көмірқышқыл газының шығарындыларын азайту оның процестерінқамтиды әртүрлі абсорбенттермен жұтылу, десорбция нәтижесіндетаза газ, содан кейін тауарлық өнімдерді өндіру [1 - 3].

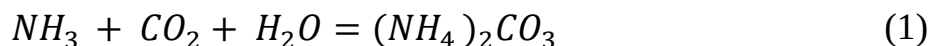
Көмірқышқыл газын кәдеге жаратудың және өңдеудің заманауи әдістері.

Көмірқышқыл газын алудың көптеген әдістері бар.Көмірқышқыл газын сыртқа шығарудың кеңінен қолданылатын әдістерінетүтін газдарының 30% сулы ерітіндімен сіңірілуі жатадыингибиторлары бар моноэтанолламин. Әдіс 85-95% шығаруға мүмкіндікбереді% көмірқышқыл газы, тазалығы 99,95% [1]. Абсорберлердіңөнімділігі тәулігіне 90-нан 1000 тоннаға дейін көмірқышқыл газын жәнеоларды шығара алады қуаттылықты тәулігіне 4600 тоннаға дейінарттыруға болады. Елеулі этанолламинді қолданудың кемшілігі түзілуболып табылады шайырдың едәуір мөлшерініңзаттардың оныңциклденуіне байланысты оксазолидон-2 туындылары және олардың түрленуөнімдеріне, сондай-ақ десорбция сатысының энергия сыйымдылығы.

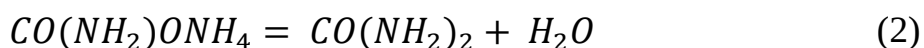
Авторлардың пікірі бойынша перспективалы болып табылады [2] пайдалануболып табылады карбамид синтезіне арналған сұйық көмірқышқыл газыныңтехнологиялары. Мочевина (мочевина) ірі тоннажды өндіріс өнімі болыптабылады және құрамында 46% бар% азот, бұл азот ретінде пайдаланудыңартықшылығын қамтамасыз етеді тыңайтқыштар.

Сондай-ақ, мочевинаяөнеркәсіптік синтезде қолданылады мочевинаяльдегидті шайырлар.

Көмірқышқыл газын ерітінді түрінде қолданған жөнкарбонатты аммоний тыңайтқыштары:

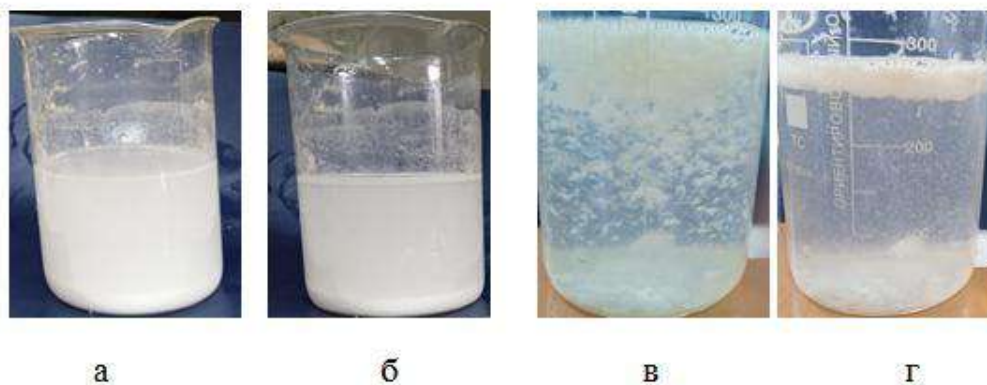


Зерттеулерге сәйкес [1], бұл жағдайда амин тұзтүзіледі- көмірқышқылының. Берілген тұздықыздырған кезде су мен тұз бөлінеді мочевинаяауысады, ол өз кезегінде сұранысқа ие тыңайтқышпен.



Көмірқышқыл газын сіңіру үшін кальций оксидін қолдануболашағы аз болып табылады, өйткені оны күйдіру арқылы алған кездеәктастан бұл газдан әлдеқайда көп бөлінеді [3]. Бұл кезде боладыәктастарды әртүрлі мақсаттарда күйдіру: металлургияда, құрылысиндустриясында және аммиак технологиясы бойынша кальцийленген содаөндірісінде. Жылы табиғатта бос кальций оксиді болмайды, бірақ арнайыкөбірек білім алуына байланысты оны осы мақсаттар үшін алу ақталмайдыкөмірқышқыл газының көлемі. Бұл әктастарды күйдіру кезінде орын аладыәртүрлі мақсаттарда: металлургияда, құрылыс индустриясында жәнеөндірісте аммиакты технология бойынша кальцийленген сода.

Жүргізілген зерттеулер сульфат қосылған кезде мынаны көрсеттібарий аммиак ерітіндісіне өтедікөлемде түзілуімен бірге мутацияжойылады ұсақ коллоидты бөлшектердің ерітіндісі (1 – а, б суреттері). а – барий карбонатынан барий гидроксиді суспензиясын алу сәті; б– тұндырудың 30 секундынан кейінгі сәт; жылы – аммиак ерітіндісіндегібарий сульфатыараластыру тоқтатылған кезде және г – 5 минуттан кейін.



Сурет 1 - Гидроксидтің коллоидты суспензияларын дайындау және бөлүбарий карбонаты қойыртпағынан барий

Барий карбонатының ұқсас әрекеттесуі жүреді ірі коллоидты суспензияларда ерітіндінің түзілуі (1 – в сурет, г).

Барийдің бастапқы қосылыстарының екеуі де суда дерлік ерімейді, аламинияк ерітіндісі мөлдір және коллоидты қосындылары жоқ. жатады коллоидты бөлшектер барий гидроксидінің түзілуіне немесе типті кешенді қосылыстар – $\text{NH}_4\text{Ba}(\text{OH})\text{CO}_3$ жалпы гидрооксидті-карбонатты анионмен зерттеуге жатады. Бұл бағыттағы зерттеулер бағыттар жалғасуда, олардың нәтижелері жарияланады қосымша нәтижелерді алғаннан кейін.

Бұл зерттеу BR23991563 бағдарламасы аясында жүргізілді "Өндірудің инновациялық ресурс үнемдейтін технологияларын жасау және минералдық және техногендік шикізатты кешенді қайта өңдеу", қаржыландырылатын Комитетімен өнеркәсіптің Министрліктер ҚР өнеркәсіп және құрылыс

Сонымен, жүргізілген зерттеу негізінде келесілер анықталды мәселелер:

- ол үшін көмірқышқыл газы көлемінің ұдайы өсуіне байланысты сондай-ақ тауарлық өнім түрінде ұстау және кәдеге жарату қажет табиғи ресурстардың әртүрлі және үлкен қорлары;
- көмірқышқыл газын үйінді немесе тауарлық өнім түрінде шығару, сондай-ақ олардың ассортиментін кеңейтуді талап етеді;
- сұйытылған газды жер асты резервуарларына айдау ерекше талап етеді қалған шығымдылық, өйткені карбонатты жыныстардың еруіне әкелуі мүмкін және сыртқа шығудың жолын табу, бұл одан да үлкен апатқа әкелуі мүмкін;
- параллельді түрде мыналарды болдырмайтын технологияларды құру қажет диоксидтің немесе басқа зиянды газдардың бөлінуі;
- көрсетілген мақсаттар үшін қосымша шикізат ресурстары ретіндесілтілік алу үшін барий қосылысын қолдану ұсынылады регенерацияланатын хемосорбент ретінде барий негізіндегі реагент;
- диоксид негізінде өндірілетін өнім көлемін кеңейту көміртегі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕК КӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Малышев, В.П., Виноградов, О.В., Родионов, И.А. Кешенді қалыптастырудың нұсқалары көмірқышқыл газын кәдеге жарату және өнімдерге қайта өңдеу жөніндегі өнеркәсіптік бірлестіктердің ірі тоннажды химия // Төтенше жағдайлардағы қауіпсіздік "Азаматтық қауіпсіздік технологиялары" қауіпсіздік". - Том 19. - 2022. - № 1 (71). - Б.31-35.
2. Афанасьев, С.В. Көмірқышқыл газы ірі тоннажды химия шикізаты ретінде // Искерлік журнал Neftgaz. - 2019. - № 9 (93). - 94-06 бастап.
3. Aono, T. Studies on the reactions between gas and solid, part II: absorption of CO_2 by CaO and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ // Bulletin of the Chemical Society of Japan. - 1931. - № 6. - P.319 – 324

Заякин О.В.

(Екатеринбург, РГА Орал филиалының металлургия институты)

Штеер Е.В. (Қарағанды, «Азия Ферроқорытпысы» ЖШС)

Султангазиев Р.Б. (Қарағанды, Ә.Сағынов атындағы ҚарТУ)

Абдилдина М.М. (Қарағанды, Ә.Сағынов атындағы ҚарТУ)

ҚҰРАМЫНДА БОР БАР МОДИФИКАТОРЛАРДЫҢ ЖОҒАРЫ БЕРІКТІ ШОЙЫННЫҢ МИКРОСТРУКТУРАСЫ МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Бұл жұмыста құрамында бор бар модификаторлардың жоғары берікті шойынның микроструктурасы мен механикалық қасиеттеріне әсері зерттелді. Модификаторлар ретінде ферросилиций (FeSi), ферробор (FeB) және ферросиликобор (FeSiB) қолданылып, олардың жеке және кешенді ықпалы салыстырмалы түрде бағаланды. Зерттеу нәтижелері бор құрамды модификатордың графит морфологиясын ұсақтап, матрицалық құрылымды дисперстеуге ықпал ететінін көрсетті. Атап айтқанда, FeB қаттылық пен беріктікті арттырғанымен, пластикалықтың төмендеуіне әкеледі, ал FeSiB кремний мен бордың синергетикалық әсері нәтижесінде беріктік пен озымдылықтың ең тиімді үйлесімін қамтамасыз етеді. Алынған нәтижелер жоғары берікті шойын өндірісінде құрамында бор бар кешенді модификаторлардың қолданудың перспективалы екенін дәлелдейді.

Түйін сөздер: жоғары берікті шойын, бор, ферробор, ферросиликобор, модификациялау, микроструктура, механикалық қасиеттер.

Жоғары берікті шойын машина жасау, металлургия және инженерлік салаларда кеңінен қолданылатын маңызды конструкциялық материалдардың бірі болып табылады. Оның пайдалану қасиеттері негізінен графит морфологиясына, матрицалық фазалардың құрамына және олардың дисперстілігіне тәуелді. Осыған байланысты балқыманы модификациялау жоғары берікті шойынның құрылымы мен қасиеттерін басқарудың негізгі технологиялық тәсілдерінің бірі болып саналады.

Кремний дәстүрлі модификатор ретінде графиттену процесін белсендіреді және эвтектикалық кристалдануды тұрақтандырады. Ал бор аз мөлшерде енгізілгеннің өзінде жоғары химиялық белсенділікке ие болып, кристалдану ядроларының түзілуіне, графит морфологиясының өзгеруіне және матрицаның ұсақталуына айтарлықтай әсер етеді. Алайда бордың жеке және кремниймен бірлескен әсері жоғары берікті шойын үшін әлі де жеткілікті зерттелмеген.

Зерттеу жұмысының мақсаты – FeSi, FeB және FeSiB модификаторларының жоғары берікті шойынның микроструктурасы мен механикалық қасиеттеріне әсерін салыстырмалы түрде бағалау.

Эксперименттік балқытулар 20-30 кг сыйымдылықтағы лабораториялық индукциялық пеште жүргізілуде. Базалық шойынның химиялық құрамы тұрақты шектерде ұсталды: C – 3,4-3,6%; Si – 2,2-2,6%; Mn – 0,3-0,5%; P ≤ 0,05%; S ≤ 0,02%; қалғаны Fe. Модификациялау үшін FeSi (0,3-0,6%), FeB (0,05-0,10%) және FeSiB (0,2-0,4%) қолданылды. Балқыма құм қалыптарға құйылып, цилиндр тәрізді үлгілер алынды. Металлографиялық зерттеу оптикалық микроскопта жүргізіліп, механикалық қасиеттер Brinell қаттылығы (HB), шекті созылу беріктігі (σ_B) және салыстырмалы ұзару (δ) арқылы бағаланады.

Зерттеу нәтижелері бойынша модификациясыз үлгілерде ірі және біркелкі таралмаған графит, сондай-ақ салыстырмалы түрде ірі перлитті матрица байқалды. Мұндай құрылым кернеу концентрациясын күшейтіп, материалдың беріктік сипаттамаларын шектейді. FeSi қолданылған жағдайда графит пластиналарының ұзындығы қысқарып, таралуы біркелкілене түсті, ал матрица ұсақ перлитті құрылымға ие болды. Бұл қаттылықтың 195-205 HB-ге, ал созылу беріктігінің 290-310 МПа-ға дейін артуына ықпал етті.

FeB модификациясы графиттің айқын ұсақталуына, кейбір аймақтарда вермикулярлы морфологияның қалыптасуына және бор құрамды дисперсті карбид фазаларының түзілуіне алып келді. Нәтижесінде қаттылық 220-240 HB, ал беріктік 340-370 МПа дейін өсті. Дегенмен, карбидтік фазалардың пайда болуы пластикалықтың төмендеуіне әсер етті ($\delta = 1,0-1,3\%$).

Ең тиімді нәтиже FeSiB модификаторын қолданғанда алынды. Бұл жағдайда графит бөлшектері ұсақ әрі біркелкі таралып, матрица ұсақ дисперсті перлиттік құрылыммен сипатталды. Мұндай құрылымдық өзгерістер қаттылықтың 215-230 HB, созылу беріктігінің 360-390 МПа, ал салыстырмалы ұзарудың 1,8-2,0% деңгейіне жетуді қамтамасыз етті. Яғни FeSiB беріктік пен созымдылықтың оңтайлы үйлесімін қалыптастырды.

Осылайша, құрамында бор бар модификаторлыр жоғары берікті шойынның кристаллдану процесіне және құрылым түзілуіне елеулі әсер етеді. FeB беріктік пен қаттылықты арттыруда тиімді болғанымен, пластикалықты төмендетеді. Ал FeSiB кремний мен бордың синергетикалық әсері нәтижесінде құрылымның дисперстілігін арттырып, жоғары механикалық қасиеттер кешенін қалыптастырады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жұмабеков Қ.Ш., Абдрахманов А. *Металлургиялық материалдар және модификациялау процестері*. - Алматы: ҚазҰТУ, 2019.
2. ASM International Handbook: Cast Irons-Metallurgy and Processing. - USA, 2018.
3. Сәрсенов А. *Металлургиялық шихта және оның дайындалу технологиясы*. - Астана: «МетПром», 2018.

ПОЛИМЕТАЛЛ КЕНДЕРІНЕН ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЙДІ БАЛҚЫТУ КЕЗІНДЕ КҮЛІ ЖОҒАРЫ КӨМІРДІҢ ЭЛЕКТРЛІК ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

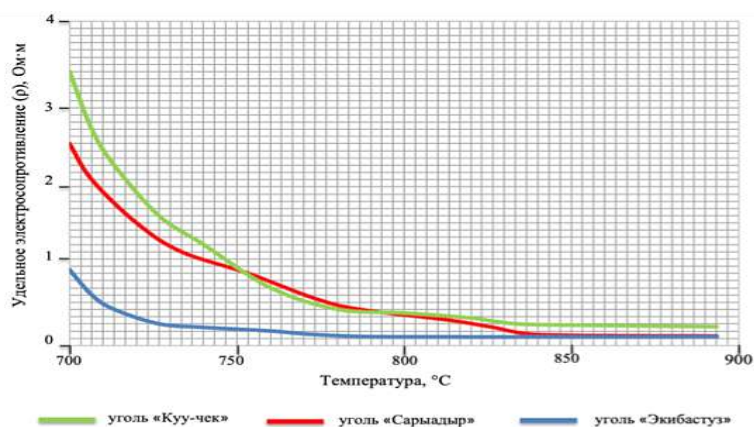
Кремний негізіндегі қорытпалар, атап айтқанда ферросилиций мен ферросиликоалюминий (ФСА), металлургия саласында кеңінен қолданылатын маңызды материалдар болып табылады. Олар болатты тотықсыздандыру және легірлеу үдерістерінде тиімді қолданылады. Ферросиликоалюминий – Fe–Si–Al жүйесіне жататын күрделі қорытпа, әрі ол дәстүрлі ферросилиций мен алюминий негізіндегі тотықсыздандырғыштарға балама ретінде қарастырылуы мүмкін [1], [2].

Қазіргі таңда ферроқорытпа өндірісінің дамуы жоғары сапалы кремнеземді шикізат қорының азаюымен қатар жүруде. Осыған байланысты баламалы шикізат көздерін іздеу өзекті мәселеге айналып отыр. Перспективалы бағыттардың бірі – құрамында SiO_2 мөлшері жоғары, байытуға қиын полиметалдық қорғасын-мырыш кендерін пайдалану. Осындай кен орындарының бірі – Қызылорда облысында орналасқан Шалқия кен орны, ол қорғасын мен мырыштың елеулі қорларымен ерекшеленеді [3], [4].

Шалқия кендерін өңдеу нәтижесінде алынуы мүмкін перспективалы өнімдердің бірі – ферросиликоалюминий. Бұл қорытпа металлтермиялық процестерде тотықсыздандырғыш ретінде қолданылуы мүмкін. Тотықсыздандырғыш ретінде құрамында күл мөлшері жоғары көмірлерді пайдалану ұсынылады, олар техногендік шикізат түріне жатады [5].

Тотықсыздандырғыштың тиімділігін анықтайтын негізгі көрсеткіштердің бірі – оның меншікті электрлік кедергісі. Бұл параметр пеш ішіндегі электр энергиясының таралуына тікелей әсер етеді. Осыған байланысты «Сарыадыр» (күлділігі 52 %), «Куу-Чек» (47 %) және «Екібастұз» (42 %) кен орындарының көмірлерінің электрөткізгіштік қасиеттері зерттелді.

Меншікті электрлік кедергіні өлшеу 25–1600 °C температура аралығында Тамман пешінде жүргізілді. Зерттеу нәтижелері 1-суретте көрсетілген.



1-сурет-"Сарыадыр", "Куу-Чек", "Екібастұз" көмірлер үшін меншікті электр кедергісінің температураға өзгеруінің тәуелділігі

Зерттеу нәтижелері бойынша, ең төмен меншікті электрлік кедергі «Екібастұз» көміріне тән екені анықталды. Сонымен қатар, көмірдің күлділігі артқан сайын оның электрлік кедергісі де жоғарылайтыны байқалды. 500–850 °C температура диапазонында, яғни шихтаның жоғарғы қабаттарына сәйкес келетін жағдайда, меншікті кедергі мәндері келесі ретпен өседі: «Екібастұз» → «Сарыадыр» → «Куу-Чек». Ал 800 °C-тан жоғары температураларда барлық үлгілер үшін электрлік кедергінің төмендеуі тіркелді.

Алынған мәліметтер негізінде ферросиликоалюминийді балқыту үшін "Сарыадыр" және "Куу-Чек" кен орындарының жоғары күл көмірін пайдаланған жөн, бұл меншікті электр кедергісін және тиісінше балқытудың неғұрлым тиімді электр режимін қамтамасыз етеді.

Ферросиликоалюминийдің кешенді қорытпасын алу үшін тотықсыздандырғыш ретінде Сарыадыр кен орнының көмірі, Екібастұз кен орнының көмір жынысы және Куу-Чекин кен орнының көмірі қаралды. Көмірдің техникалық құрамы, сондай-ақ олардың күлінің химиялық құрамы 1-3 кестелерде келтірілген.

1-кесте-Сарыадыр кен орнының күлі жоғары көмірінің сипаттамасы

Материал	Мазмұны, %									
	Техникалық құрамы				Күлдің химиялық құрамы					
	C _{КТ}	A	V	W	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Көмір Сарыадыр	26,3	52	18,63	1,05	63,8	32,1	2,3	0,1	1,63	0,05

2-кесте-Екібастұз кен орнының көмір жыныстарының сипаттамасы

Материал	Мазмұны, %									
	Техникалық құрамы				Күлдің химиялық құрамы					
	C _{КТ}	A	V	W	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅

Көмір Экібастұз	40,8	42	15,8	3,5	65	28	2	0,7	5	0,4

3 – кесте-қуу-чеке кен орнының күлі жоғары көмірінің сипаттамасы

Материал	Мазмұны, %									
	Техникалық құрамы				Күлдің химиялық құрамы					
	C _{кТ}	A	V	W	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Көмір Куу-чек	38,08	47	13,8	2,46	64,7	29,0	1,5	0,56	2,65	0,04

Жүргізілген зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Шалқия кен орнының полиметалдық қорғасын-мырыш кендерін ферросиликоалюминий алу үшін тиімді шикізат көзі ретінде қарастыруға болады. Алынатын қорытпа металлтермиялық процестерде раскислитель әрі тотықсыздандырғыш ретінде қолдануға жарамды.

Зерттеу барысында көмірлердің меншікті электрлік кедергісі олардың құрамындағы күл мөлшеріне тәуелді екені анықталды. Күлділік артқан сайын электрлік кедергі өседі, бұл пеш ішіндегі электр энергиясының таралуына әсер етеді. Қарастырылған көмірлер ішінде ең төмен кедергі көрсеткіштері Екібастұз көміріне тән екені байқалды, сондықтан оны тотықсыздандырғыш ретінде қолдану тиімдірек болып табылады.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы Қазақстанның күлі жоғары көмірінің электрлік қасиеттерінің температураға тәуелділігін белгілеу және оларды ферросиликоалюминийді балқыту кезінде тотықсыздандырғыш ретінде қолдануды негіздеу болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Манько В.А., Емлин Б.И., Гасик М.И. и др. Исследование и разработка технологии выплавки ферросиликоалюминия // Теория и практика получения и применения комплексных ферросплавов. Тбилиси, -1974. С.43-45.
2. Кольба А. В, Третьяков С.В, Загородний Д.А. Ферросиликоалюминий-выгодный ферросплав // Сталь. – 2008. – № 8. – С. 71
3. Воробкало Н.Р., Махамбетов Е.Н., Байсанов А.С., Әбдірашит А., Тажиев Е.Б. Исследование термических свойств шихтовых материалов для выплавки ферросплава с титаном карботермическим способом // Engineering Journal of Satbayev University. – 2022. – Vol. 144(5). – P. 5–10. <https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i5.01>.
4. Mukhambetgaliyev, Y. (2022). Research of electrical resistance and temperature of the beginning of softening of charge mixtures for smelting a complex alloy. Metalurgija, 61 (3-4), 781-784
5. Избасханов К.С., Жакселеков М.М., Ниязов А.А., Шалғымбаев С.Т., Ли Э.М. Полупромышленные испытания коллективной схемы обогащения полиметаллической руды месторождения «Шалқия» // Научный журнал «Вестник КазНТУ». – 2015. – № 5. – С. 311-320.

УДК 669.536-669.(043.3) 669.334.3

Ибрахимова Ж.А. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

Исагулова Д.А. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

Воробкало Н.Р. (Караганда, ХМИ им. Ж.Абишева)

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИЦИЯ КАРБОТЕРМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ Fe-Si-Zn-C-O

Минералы свинца и цинка в природе, как правило, встречаются совместно. Наиболее распространённым промышленно значимым цинковым минералом является сфалерит (ZnS), на долю которого приходится около 85 % мирового производства цинка [1].

Одним из крупнейших месторождений Казахстана является Шалкия, сосредотачивающее около 30 % цинковых ресурсов страны. Руды месторождения характеризуются высоким содержанием кремнезёма (до 56 %), что делает их перспективным сырьём для получения кремнийсодержащих ферросплавов. В то же время сложный химический состав и наличие летучих компонентов (Zn, Pb) усложняют процессы переработки и требуют термодинамического анализа [2], [3].

В Казахстане проводятся исследования, направленные на разработку эффективных технологий переработки труднообогатимых полиметаллических руд. В частности, учёными Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова предложена технология получения кремнийсодержащих ферросплавов из цинковых руд месторождений Шалкия, Жайрем, Шаймерден и Ачисай, обеспечивающая получение ферросилиция различных марок и повышение эффективности процесса [4], [5].

Целью работы является термодинамическое моделирование процесса карботермической выплавки ферросилиция марки ФС65 в системе Fe-Si-Zn-C-O с оценкой распределения элементов между фазами.

Моделирование выполнено с использованием программного комплекса HSC Chemistry, основанного на минимизации энергии Гиббса.

Исходными шихтовыми материалами для выплавки ферросилиция является труднообогатимая полиметаллическая руда месторождения Шалкия. Химический состав руды месторождения Шалкия после дробления и отсева представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав образцов руды месторождения Шалки

Руда	Содержание, %												
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	BaO	Fe	P	S	Pb	Zn	C	Mn	Cr
Фракция	26,38	8,51	6,33	4,97	14,28	7,27	0,066	9,47	1,71	8,66	4,46	11,3	3,52

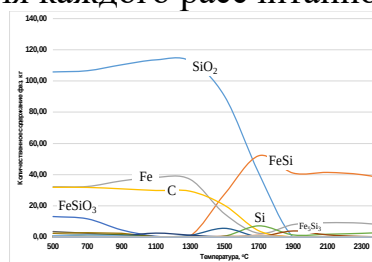
0-10мм													
Фракция 10-60мм	39,03	13,23	2,61	6,19	8,05	3,95	0,044	7,10	0,75	4,33	4,01	3,05	4,48

В качестве восстановителя выбраны низкочольные углеродсодержащие материалы в виде спецкокса и угля месторождения Шубаркуль.

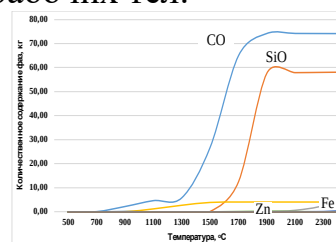
Технический состав спецкокса, %: 86,81 – C_{TB} ; 5,75 – Зола; 4,26 – Летучих и 10,59 – Влага. Химический состав золы спецкокса следующий, %: SiO_2 – 27,88; Al_2O_3 – 18,62; Fe_2O_3 – 16,97; CaO – 8,76; MgO – 6,54; P_2O_5 – 0,86.

Технический состав Шубаркольского угля, %: 50,4 – C_{TB} ; 2,9 – Зола; 42 – Летучих и 9 – Влага. Химический состав золы угля, %: SiO_2 – 57,09; Al_2O_3 – 22,19; Fe_2O_3 – 7,11; CaO – 2,68; MgO – 2,56; P_2O_5 – 0,54. Дополнительно, с целью регулирования содержания кремния и алюминия в готовом сплаве, в состав шихты необходимо вводить кварцит (SiO_2 -98 %) и металлическую стружку.

На рисунках 1–2 приведены результаты термодинамического моделирования, представленные в виде графиков зависимости количественного состава конденсированных и газовых фаз системы Fe–Si–Zn–C–O для каждого рассчитанного состава рабочих тел.

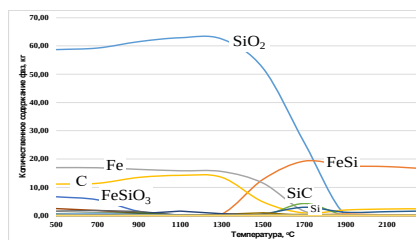


а) – конденсированная фаза;

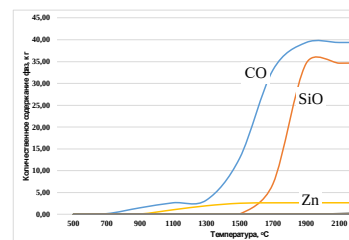


б) - газовая фаза

Рисунок 1 – Зависимость содержания фаз от температуры при выплавке ферросилиция из руды месторождения Шалкия



а) – конденсированная фаза;



б) - газовая фаза

Рисунок 2 – Зависимость содержания фаз от температуры при выплавке ФС65 (спецкокс)

В результате термодинамического моделирования процесса выплавки ферросилиция марки ФС65 с использованием шихты на основе

низкозольного угля установлено, что восстановление основных компонентов начинается при температуре около 1300 °С, а наиболее интенсивное протекание процессов металлообразования наблюдается в интервале 1300–1800 °С. Максимальное извлечение кремния (85–90 %) достигается при температурах 1700–1900 °С.

Показано, что кремний в сплаве присутствует в виде FeSi, Fe₅Si₃ и свободного кремния. В процессе восстановления временно образуется карбид кремния, разлагающийся при повышении температуры с выделением дополнительного кремния. Газификация SiO₂ с образованием SiO начинается при температуре около 1500 °С.

Установлено, что цинк не образует устойчивых соединений в металлической фазе и интенсивно переходит в газовую фазу: при 900 °С — до 45–50 %, при 1500–1600 °С — практически полностью, что способствует снижению загрязнения сплава. Железо при этом практически полностью концентрируется в металлической фазе.

Таким образом, в результате термодинамического моделирования установлена принципиальная возможность получения ферросилиция марки ФС65 из труднообогатимой полиметаллической руды месторождения Шалкия карботермическим способом. Расчёты показали эффективность применения как спецкокса, так и низкозольного угля в качестве углеродистых восстановителей, однако в промышленных условиях целесообразно их совместное использование. Спецкокс обеспечивает высокотемпературную прочность шихты, стабильность восстановительной среды и сохранение необходимой структуры слоя, тогда как низкозольный уголь способствует разрыхлению шихты, улучшению её газопроницаемости и интенсификации восстановительных процессов. Кроме того, использование только спецкокса экономически менее целесообразно, а также при избытке плотного коксового восстановителя может возрастать вероятность карбидообразования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. R.B Gordon, T.E Graedel, M Bertram, K Fuse, R Lifset, H Rechberger, S Spatari. The characterization of technological zinc cycles. *Resources, Conservation and Recycling* 2003, Volume 39, Issue 2, , Pages 107-135. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00166-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00166-0)
2. Tussupbaev, N. K., Semushkina, L. V., Turysbekov, D. K. Modified reagents using for flotation tailings recycling // *Комплексное использование минерального сырья*. – 2017. – № 1(300). – С. 78–82.
3. Асончик, К. М. Исследования по уточнению схемы и показателей обогащения руды месторождения Шалкия // *Обогащение руд*. – 2009. – № 3. – С. 5–8.
4. Shevko, V. M., Makhambetova, B. A., Aitkulov, D. K., Badikova, A. D. Optimization of joint electric smelting of Shalkiya sulfide ore and its concentration tailings to produce medium-silicon ferrosilicon // *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources*. – 2025. – 334(3). – P. 91–98. <https://doi.org/10.31643/2025/6445.31>
5. Электронный ресурс: https://bilimdine.kz/?p=149862&utm_source

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БРИКЕТОВ ИЗ ОТХОДОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ РАСКИСЛЕНИЯ И ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ СТАЛЕЙ

Раскисление и легирование кремнийсодержащих сталей традиционно выполняется с использованием ферросилиция, однако в последнее время имеет место тенденция использования различных отходов ферросплавного производства в качестве добавок к кондиционному ферросплаву.

В качестве объекта исследований использовалась сталь 30ХГС (ГОСТ 4543-2016). Сталь 30ХГС является улучшаемой сталью, широко применяемой для изготовления изделий, работающих в сложно-напряженных условиях. Химический состав марки стали 30ХГС (ГОСТ 4543-2016) приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав марки стали 30ХГС (ГОСТ 4543-2016)

Элемент	C	Si	Mn	Cr	S	P
Содержание	0.28 - 0.35	0.9 - 1.2	0.8 - 1.1	0.8 - 1.1	до 0.035	до 0.035

В качестве раскислителя и для легирования кремнием были использованы брикеты из высокодисперсной (ВДП) пыли ферросплавного производства с добавлением железорудного концентрата.

Для изготовления брикетов использовались следующие компоненты: ВДП производства ферросилиция, мелкий ферросилиций (МФ) (частицы размером менее 3мм), железорудный концентрат (ЖК) и бентонитовая глина, как связующее. Для дальнейшего исследования были изготовлены опытные брикеты. Состав опытных брикетов приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Состав опытных брикетов

Маркировка образца	Количество ВДП, %	Количество ЖК, %	Количество МФ, %	Бентонитовая глина, %	Вода, %
Брикеты	50	15	30	3	2

Процесс изготовления брикетов включал следующие этапы. Все компоненты в заданном соотношении тщательно перемешивались в лабораторном смесителе до получения однородной шихты. Подготовленную шихту прессовали с помощью пресса РП-50. Формовка осуществлялась при постоянном давлении 40 кН, в результате чего

изготавливались образцы диаметром 40 мм и высотой 10 мм. После прессования образцы подвергались сушке в сушильном шкафу Snol-67/350 при температуре 400°C в течение 2 часов, что позволяло удалить излишнюю влагу и повысить прочностные характеристики брикетов. Полученные брикеты использовались для дальнейших исследований.

Плавку стали 30ХГС (ГОСТ 4543-2016) проводили в индукционной печи марки УИП -25. В качестве шихты использовался стальной лом, феррохром, ферромарганец и либо ФС50-7 (образец сравнения), либо опытный брикет. Расплавленный металл разливался в песчаные формы, после полного охлаждения образцы подвергались нормализации при температуре 900°C с охлаждением на воздухе, как более дешевая альтернатива улучшению.

Химический состав опытных образцов приведен в таблице 5.

Таблица 5– Химический состав опытных образцов

Номер образца	Марка	C	Si	Mn	Cr	S	P
0	30ХГС (ГОСТ 4543-2016)	0,28 – 0,35	0,9 – 1,2	0,8 – 1,1	0,8 – 1,1	до 0,035	до 0,035
1	Сталь, раскисленная и легированная ФС50	0,30	1,3	0,8	1,1	до 0,037	до 0,035
2	Сталь, раскисленная и легированная опытными брикетами	0,32	1,2	0,8	1,1	до 0,033	до 0,033

Данные таблицы 5 показывают, что после раскисления и легирования опытными брикетами состав стали соответствует требованиям ГОСТ и практически совпадает с химическим составом стали, раскисленной кондиционным ФС50.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Харлашин П.С., Носенко О.А., Яценко А.Н. Разработка рациональной технологии раскисления спокойных марок стали // Вестник приазовского государственного технического университета. – 2011. - №2(23). – С. 52-55.
- 2 Григорович К.В., Гарбер А.К. Анализ процессов комплексного раскисления расплавов углеродистых сталей // Журнал Металлы. – 2011. - №5. – С. 171.
- 3 Бондарь В.И. Особенности использования карбида кремния при выплавке конвертерной стали // Литье и металлургия. №2. – 2023. –С. 55-60. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-55-60>
- 4 Рябчиков И.В., Мизин В.Г., Бакин И.В., Усманов Р.Г. О производстве и применении ферросплавов с рзм и цзм для модифицирования и микрелегирования стали // Журнал Сталь. - № 6. - 2020 г. С. 21-25.
- 5 Erzhan A. (Yerzhan), Kvon Sv.S., Issagulova D.A., Kulikov V.Yu., Kovaleva T.V. «The possibility of using iron ore concentrate as a binder when briquetting waste of ferroalloy production» // METALURGIJA 63 (2024) 3-4, 454-456. (Хорватия).

ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕР АРҚЫЛЫ ЖЕЗҚАЗҒАН КЕН ОРНЫНДАҒЫ БАЙЫТЫЛУЫ ҚИЫН МЫС КЕНДЕРІНІҢ СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН АРТТЫРУ

Қазіргі уақытта түсті металлургия саласында күрделі құрамды және байытылуы қиын кендерді тиімді өңдеу өзекті мәселе болып отыр. Әсіресе, Жезқазған кен орны мыс кендері минералогиялық құрамының күрделілігімен, ұсақ дисперсті және өзара тығыз байланысқан минералдардың болуымен ерекшеленеді. Дәстүрлі флотациялық әдістерді қолданғанда селективтіліктің төмендеуі, пайдалы компоненттердің толық бөлінбеуі және металл жоғалтулары байқалады. Сонымен қатар, кендердің физикалық және химиялық қасиеттерінің өзгермелілігі флотация процесін тұрақсыз етеді және концентраттың сапасын төмендетеді.

Инновациялық тәсілдерді қолдану арқылы байытылуы қиын мыс кендерінің селективті флотациясын жетілдіру қазіргі заманғы зерттеулердің негізгі бағыты болып отыр. Минералдық шикізатты тиімді пайдалану, өндірістің экономикалық тиімділігін арттыру және қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайту мақсатында байыту технологияларын жетілдіру өте маңызды. Бұл бағытта наноөлшемді реагенттер, флотациялық суреттерді цифрлық бақылау жүйелері, көпсатылы флотациялық сұлбалар және энергия үнемдейтін флотациялық құрылғылар қолданылады.

Селективті флотация әдісін оңтайландыру арқылы мыс минералдарын ілеспе жыныстардан тиімді бөлуге, реагенттік режимдерді реттеуге және технологиялық көрсеткіштерді жақсартуға мүмкіндік бар. Зерттеу барысында жаңа реагенттерді енгізу, флотациялық сұлбаларды өзгерту және процестің технологиялық параметрлерін оңтайландыру арқылы концентрат сапасын арттыруға және мыс шығымын көбейтуге болады. Сонымен қатар, процесті автоматтандыру, датчиктер мен сенсорларды қолдану арқылы флотацияның нақты уақыттағы параметрлерін бақылау, концентрацияны тұрақты ұстап тұруға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде өндірістік шығындарды азайтуға және экономикалық тиімділікті арттыруға ықпал етеді.

Зерттеу жұмысының нысаны ретінде Жезқазған кен орны байытылуы қиын мыс кендері және оларды селективті флотациялау процесі қарастырылады. Атап айтқанда, құрамында мыс минералдары (халькопирит, борнит және басқа да сульфидтер) мен бос жыныстар тығыз байланысқан, ұсақ дисперсті құрылымдағы кендердің флотациялық қасиеттері зерттеледі. Сонымен қатар зерттеу нысанына осы кендерді

байыту кезінде қолданылатын реагенттік режимдер, флотациялық процестің технологиялық параметрлері, алынатын мыс концентратының сапалық көрсеткіштері, сондай-ақ экономикалық тиімділікті есептеу жатады.

Зерттеу нәтижесінде Жезқазған кен орнының қиын байытылатын мыс кендерінің құрамында мыс минералдарының бөліну коэффициенті 78–82 % аралығында, ал концентраттағы мыс мөлшері 21–24 % деңгейінде анықталды. Бұл көрсеткіш кендердің флотациялық селективтілігінің жақсы екенін және реагенттік режимдерді оңтайландыру арқылы концентрат сапасын арттыруға болатынын көрсетті.

Флотациялық эксперименттерде пульпа тығыздығы, флотация уақыты, ауа беру жылдамдығы, рН деңгейі, температура және реагенттердің дозалануы сияқты технологиялық параметрлердің әсері зерттелді. Оптималды режимде концентраттың таза шығымы 85–88 % дейін жетіп, мыс минералдарының жоғалуы минималды болды. Сонымен қатар, көпсатылы флотациялық схемаларды енгізу арқылы әрбір минералдың максималды бөлінуін қамтамасыз етуге мүмкіндік туды.

Инновациялық флотациялық технологияларды қолдану өндірістік шығындарды төмендетуге және металл шығымын арттыруға мүмкіндік береді. Мыс концентратының сапасы жақсарған сайын сатудан түсетін табыс өседі, ал реагенттер мен энергия шығындарын азайту экономикалық көрсеткіштерді жақсартады. Сонымен қатар, селективті флотация экологиялық тұрғыдан тиімдірек болып, қалдықтардың токсикалық әсерін төмендетеді. Қалдық сулар мен шламдардың қайта өңделуі, энергия тиімділігін арттыру және реагенттердің қайта қолданылуы қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайтады.

Қорыта айтқанда, Жезқазған кен орны мыс кендері селективті флотация арқылы тиімді байытылып, өндірістік және экономикалық көрсеткіштердің жақсаруына мүмкіндік береді. Оптимизацияланған флотациялық режимдер кенді өндеудің технологиялық тиімділігін арттырып, металл шығымын көбейтеді, ал экономикалық талдау көрсеткендей, өндірістік шығындарды азайтуға септігін тигізеді. Болашақта цифрлық флотация, интеллектуалды автоматтандырылған реагент жүйелері және көпсатылы флотациялық технологияларды енгізу арқылы Жезқазған кен орнының мыс өндіру тиімділігін одан әрі арттыру мүмкіндігі бар.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Baimukhambetov, Z.Z., & Kanatov, E.T. (2020). Improving flotation technology for copper ores at the Zhezkazgan deposit. *Journal of Geology and Mineral Resources*, 6(2), 45–53.
2. Akhmetov, K.M. (2019). *Selective flotation of minerals: Theory and practice*. Almaty: Science Publishing.
3. Sharipov, A.S., & Esengali, Zh.B. (2021). Effect of flotation reagents on minerals and methods to enhance selectivity. *Journal of Chemical Technology*, 14(4), 102–110.

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕТАЛЛУРГИЮ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ВЕКТОР ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КАЗАХСТАНА

1. Актуальность проблемы: Влияние ИИ на промышленную парадигму

Современное материаловедение переживает фундаментальную трансформацию: переход от классических эмпирических методов, основанных на интуиции и трудоемком цикле «проб и ошибок», к высокотехнологичной парадигме «информатики материалов» (materials informatics). В условиях глобальной гиперконкуренции традиционный подход, требующий десятилетий на разработку одного сплава, становится экономически несостоятельным. Согласно «Концепции развития искусственного интеллекта в РК на 2024–2029 годы», текущий уровень оцифровки данных в отечественной науке составляет критические 2%. Этот показатель дефинирует глубокий технологический разрыв, но одновременно служит точкой кратного роста. Ключевым императивом преодоления этого барьера является интеграция алгоритмов машинного (ML) и глубокого (DL) обучения в ядро металлургических процессов, что позволит трансформировать накопленные массивы данных в стратегический актив для создания инновационных материалов.

2. Методологический базис: От машинного обучения к инверсному дизайну

Интеграция ИИ коренным образом меняет фундаментальный цикл «структура - свойство». Использование нейросетевых архитектур позволяет проводить многофакторный анализ в латентном пространстве признаков, недоступном для классического моделирования. Внедрение конкретных архитектур ИИ несет выраженный экономический и научный эффект:

- **Свёрточные нейронные сети (СНС):** обеспечивают автоматизированный анализ микроструктур и дефектоскопию на уровне, превышающем возможности человеческого зрения. В металлургии СНС становятся драйвером оперативного контроля качества, позволяя в реальном времени выявлять микродефекты в кристаллической решетке и прогнозировать механическую прочность изделий.

- **Рекуррентные нейронные сети (РНС):** незаменимы для предиктивного моделирования поведения материалов при переменных нагрузках и длительных термических циклах, обеспечивая точность прогнозирования усталостной долговечности сплавов.

Особую научно-прикладную значимость представляет методология **Инверсного дизайна (Inverse Design)**. Благодаря Генеративно-состязательным сетям (GAN) и Вариационным автоэнкодерам (VAE),

отрасль переходит от случайного поиска («discovery by chance») к проектированию по жестким требованиям («discovery by requirement»). VAE позволяют исследовать сжатые представления данных о материалах для синтеза структур с заранее заданными физико-химическими свойствами, что радикально сокращает время выхода нового продукта на рынок.

3. Инновационные технологии: Цифровые двойники и роботизированные системы

Реализация ИИ-стратегии требует формирования мощной вычислительной инфраструктуры (HPC). В дополнение к существующим мощностям Satbayev University (10,9 Тфлопс) и суперкомпьютеру PARAM BILIM (планируемое масштабирование до 100 Тфлопс), внедряется система в КазНУ им. аль-Фараби производительностью 1938,41 Тфлопс. Создание Национальной платформы ИИ на базе «Smart Data Ukimet» станет «информационным хребтом», обеспечивающим доступ к качественным тренировочным датасетам.

Ключевым инструментом индустриальной экосистемы становятся **цифровые двойники (Digital Twins)**. В контексте металлургии и горного дела их роль эволюционирует от простого мониторинга к обеспечению промышленной безопасности:

- Создание 3D-моделей месторождений и химических процессов в печах позволяет не только оптимизировать методы добычи, но и превентивно моделировать угрозы, такие как обрушение шахт или утечки газа.

- Внедрение **роботизированных систем с нейронным управлением** на участках разлива металла обеспечивает прецизионный контроль температуры и физических свойств расплава. Это минимизирует влияние человеческого фактора в экстремальных условиях, повышая производительность на 7% и гарантируя стабильность состава выходного продукта.

4. Анализ потенциальных результатов и показателей эффективности

Внедрение технологий ИИ в промышленный сектор Республики Казахстан обосновано высокими показателями операционной и инвестиционной эффективности. Прогнозные данные, базирующиеся на отраслевом анализе, демонстрируют потенциал к системной трансформации экономики.

Таблица 1. Прогноз эффективности внедрения решений на базе ИИ

Направление внедрения	Ожидаемый эффект (показатели эффективности)
Геологоразведка и бурение	Снижение расходов на 10%, рост добычи на 5% за счет 3D-моделирования

Роботизация разливки металла	Ускорение технологического процесса в 2 раза
Операционные затраты на добычу	Сокращение на 20% за счет оптимизации маршрутов и прогнозирования
Энергопотребление печей	Снижение расхода энергоресурсов на 2%
Сырьевая эффективность	Сокращение затрат на сырье на 5%
Производительность труда	Общий рост производительности в автоматизированных зонах до 100%

5. Значимость для индустрии Казахстана в контексте идеи "Generative Nation"

В рамках реализации национальной идеи «Generative Nation» Казахстан стремится к достижению экспортного объема ИТ-услуг в 1,8 млрд долларов к 2029 году. Металлургический сектор должен стать основным потребителем и полигоном для разработки отраслевых экспертных систем. Особое место занимает проект **KazLLM** - создание большой языковой модели на базе оболочки OLMO. Для подготовки прототипа (7 млрд токенов) и последующего расширения до 13 млрд токенов необходимо задействование суперкомпьютерных мощностей уровня 128 петафлопс (включая системы NVIDIA DGX H100). Строительство ЦОД в Экибастузе (2025 г.) обеспечит материаловедов необходимыми ресурсами для обучения моделей, способных аккумулировать инженерный опыт на государственном языке, обеспечивая технологический суверенитет страны.

6. Заключение

Глубокая интеграция искусственного интеллекта в металлургию и материаловедение является безальтернативным условием достижения Казахстаном уровня уникальности отечественных разработок в 75% и выше. Синергия науки, государства и производства должна развиваться в рамках адаптивного регулирования, опирающегося на **риск-ориентированный подход** (risk-based approach). Категоризация ИИ-систем по уровням риска позволит обеспечить этическую и правовую безопасность, сохраняя при этом гибкость для инновационного рывка и закрепления лидерских позиций в регионе.

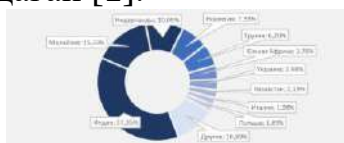
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Правительства РК от 24 июля 2024 года № 592 «Об утверждении Концепции развития искусственного интеллекта на 2024 – 2029 годы».
2. Инженер. Искусственный интеллект в материаловедении: революция в разработке материалов. - Литрес, 2025. - 120 с.
3. Imasuen A.O., Ezekiel I., Dhawe A.V. Artificial Intelligence in Materials Discovery: A Comprehensive Review of Methods, Applications, and Future Directions // World Journal of Innovation and Modern Technology. - 2026. - Vol. 10. - No. 3. - Pp. 9–25.
4. Jain A., Ong S. P., et al. The Materials Project: A materials genome approach to accelerating materials innovation // APL Materials. - 2013. - Vol. 1. - No. 1. - 011002.

ӘЛЕМДЕГІ ФЕРРОМАРГАНЕЦ, ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЕЦ НАРЫҒЫ МЕН ӨНДІРІСТІҢ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АХУАЛЫ

2025 жылғы ақпан айында MetalResearch нарықтық талдау тобы жүргізген бағалау мен есептеулер нәтижесін ескере отырып, 2024 жылы әлемдік ферромарганец (ферросиликомарганец) нарығында 2024 жылдың 3-тоқсанында сатылу көлемінің болар-болмас төмендеуі байқалды. Сарапшылар бұл өзгерісті 2024 жылдың 1-тоқсанымен салыстырғанда – 0,7% деңгейінде саралайды. Дегенмен жағдай біржақты емес. Егер 2023 жылдың 1-тоқсанында ферромарганец (ферросиликомарганец) нарығындағы сату көлемі 1360730 мың АҚШ долларына бағаланса, 2024 жылдың 3-тоқсанында бұл көрсеткіш 1313969 мың АҚШ долларына дейін төмендеді. 1 жыл 9 ай ішіндегі өзгеріс динамикасы -3,4% төмендегенін көрсетіп отыр. Сонымен қатар, сату көлемінің ең төмен көрсеткіші 2023 жылдың 4-тоқсанында, ал рекордтық жоғары деңгейі 2023 жылдың 1-тоқсанында тіркелді.

2024 жылы ферромарганец (ферросиликомарганец) нарығында орын алған өзгерістерді түсіну тұрғысынан қарағанда 2023 және 2024 жылдардың 9 айын өзара салыстыру арқылы нақты көрсеткіштерге қол жеткізуге болады, өйткені 2024 жылдың толық мәліметтері әлі жарияланбаған. 2024 жылдың 9 айын 2023 жылдың 9 айымен салыстырғанда, MetalResearch сарапшылары ферромарганец (ферросиликомарганец) нарығындағы сатылым көлемінің +0,5%-ға өскенін, және де 3781119 мың АҚШ доллары деңгейіне жеткенін пайымдаған [1].



1.1-диаграмма – 2023–2024 жылдың 3-тоқсаны аралығында әлемдік нарықтағы ферромарганец (ферросиликомарганец) сатылымының динамикасы.

1.1-ші диаграммада көрсетілгендей ферромарганец (ферросиликомарганец) нарығындағы сатушы елдердің үлесі тоқсан сайын өзгеріп отырады, жыл сайынғы өзгерісті айтпағанда. Сонымен қатар сатушы елдердің рейтингі де өзгеріп тұрады.

Ферромарганец (ферросиликомарганец) сатылымдарындағы елдер үлесінің диаграммасына қарап, нарықтың жоғары деңгейде монополияланғанын байқауға болады. MetalResearch компаниясы 2024 жылдың 3-тоқсанында бағалаған жетекші үш елдің қатарына (Ресейді

есепке алмағанда) мыналар кірді: Үндістан - 37,35%, Малайзия -15,33%, Нидерланды- 10,09%.

Талдау нәтижелері бойынша басқа да елеулі сатушы елдердің қатарында Норвегия, Грузия, Оңтүстік Африка, Украина, Қазақстан, Италия, Польша және басқа да елдер бар.

Жалпы алғанда, әлемдік ферромарганец (ферросиликомарганец) нарығы қысқа мерзімді ауытқуларға қарамастан, тұрақты сұранысқа ие болып отыр. Алдағы кезеңде нарықтың дамуы жаһандық болат өндірісінің динамикасына, негізгі сатушы елдердің өндірістік мүмкіндіктеріне және халықаралық сауда жағдайына тікелей байланысты болады [2].

Қазақстанда қазіргі уақытта тек ферросиликомарганец қана балқытылады, дегенмен ферромарганецті өндіруге барлық қажетті мүмкіндіктер бар. Қазіргі кезде кейбір елдер (Қытай, Жапония және т.б.) өздерінің марганец ресурстары мардымсыз болса да, марганецті ферроқорытпалар өндірісінің өсу қарқынын арттыруды қамтамасыз етуде. Мұндай құбылыстар еліміздің экономикасына теріс әсер етіп, марганецті ферроқорытпаларды әлемдік жетекші нарықтарда өндіру және өткізу саласында елеулі бәсекелестік туғызып отыр [3].

Аталған мәселені шешудің жолы ретінде, марганец кенін экспорттау көлемін қысқартып және оның орнына тазартылған ферромарганецті өндіруге арналған жаңа өндірістік нысандарды салуға немесе қолданыстағы кәсіпорындарды (жабдықтарын, технологиялық үдерістерін) жаңғыртуды ұсынамын. Бұл шаралар жоғары өзіндік құны бар марганецті ферроқорытпалар өндірісінің өсу қарқынын арттыруға және Қазақстанның әлемдік нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін күшейтуге мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында ферроқорытпалар нарығының дамуы ең алдымен жаһандық болат өндірісінің қарқынына, энергия ресурстарының құнына және халықаралық сауда жағдайына тәуелді екені айқындалды. Осы факторлар нарықтағы баға динамикасы мен өндіріс көлеміне тікелей әсер етіп отыр.

Қазақстан жағдайында ферросиликомарганец өндірісі дамығанымен, ферромарганец өндірісінің әлеуеті толық пайдаланылмай отыр. Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, шикізат ресурстары шектеулі елдердің өзі жоғары өзіндік құны бар өнім өндірісін дамыту арқылы бәсекеге қабілеттілігін арттыруда. Осыған байланысты Қазақстан үшін марганец кенін бастапқы күйінде экспорттаудан гөрі, оны терең өңдеп, ферроқорытпа түрінде шығару стратегиялық тұрғыдан тиімді бағыт болып табылады.

Қорытындылай келе, ферромарганец және ферросиликомарганец нарығы алдағы уақытта да өзектілігін сақтайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕР ТІЗІМІ:

1. https://www.metalresearch.ru/ferromanganese_market.html
2. Roskill. Manganese: Global Industry, Markets & Outlook. London, 2023.
3. Қазақстан Республикасы Ұлттық статистика бюросы. Өнеркәсіп өндірісі туралы есептер, 2023.

УДК 622.272.6.

Кочегина Е.В. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Морозова А.В. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Осадченко В. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Ли Р. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Акишева Т. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЯЖЕЛОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ОБЖИГА ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КОК-БУЛАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В условиях истощения запасов высококачественных железных руд особую значимость приобретает переработка труднообогатимых бурожелезняков. Руды Кок-Булакского месторождения характеризуются сложным составом и низкой обогатимостью традиционными методами, что ограничивает их промышленное использование [1].

Целью исследования является обоснование эффективности применения каменноугольной смолы в качестве восстановителя при магнетизирующем обжиге железных руд Кок-Булакского месторождения и определение оптимальных параметров процесса, обеспечивающих максимальное извлечение железа в магнитную фракцию.

В качестве изучаемых факторов выбраны температура с интервалом варьирования 500 – 900°C, время обжига от 45 до 105 минут, концентрация жидкого углеводородного восстановителя (каменноугольная смола) от 4- до 8% [2]. В таблице представлены экспериментальные ($\epsilon_э$) и расчетные значения (ϵ_p) извлечения железа в магнитную фракцию и выход магнитной фракции.

Таблица – Влияние параметров обжига на извлечение железа (ϵ) с использованием восстановителя (КУС)

№	T, °C	C _{КУС} , %	τ, мин	Выход магнитной фракции	$\epsilon_э$, %	ϵ_p , %
1	500	7	60	2,51	1,90	1.94
2	600	7	60	9,33	13,94	14.22
3	700	7	60	20,81	32,86	33,52
4	800	7	60	49,55	69,02	70,40
5	900	7	60	57,83	77,96	79,52
6	900	4	60	54,53	70,70	68,64
7	900	5	60	57,25	77,83	75,50
8	900	6	60	58,11	77,96	75,62

9	900	7	60	59,08	82,30	79,38
10	900	8	60	56,82	64,71	62,77
11	900	7	45	54,28	67,48	68,83
12	900	7	60	57,16	82,30	79,39
13	900	7	75	50,29	66,58	67,91
14	900	7	90	48,72	25,30	25,81
15	900	7	105	45,11	32,42	33,07

Используя полученные данные можно привести зависимости извлечения железа в магнитную фракцию от приведенных параметров (температуры, концентрации КУС и времени).

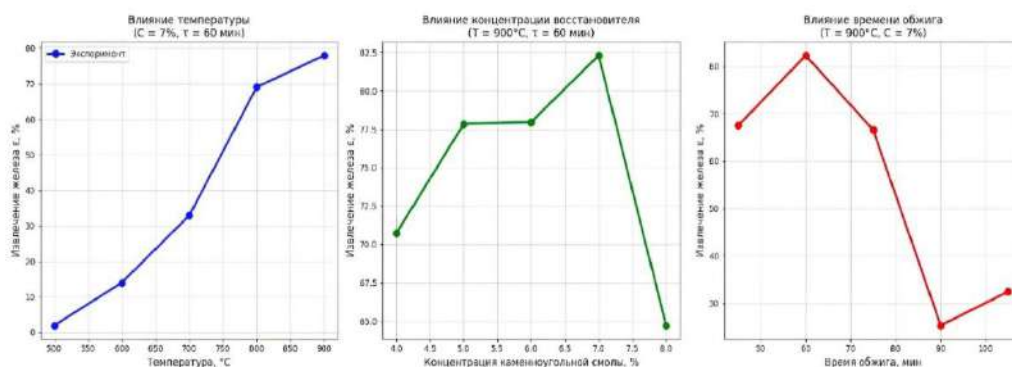


Рисунок 1. Зависимость параметров от выхода железа

Обобщенное уравнение извлечения железа в магнитную фракцию, составленное из частных зависимостей и учитывающее все изучаемые факторы, имеет следующий вид [3]:

$$E = 0,00015 [77,96 - 0,000894 (T - 900)^2] [82,30 - 17,59 (C - 7)^2] [82,30 - 0,0699 (\tau - 60)^2]$$

Достоверность полученного обобщенного уравнения проверялась с помощью коэффициента нелинейной множественной корреляции (R), которая равна 0,99. При этом значимость коэффициента корреляции t_R составила 14,1.

Полученное обобщенное уравнение дало возможность определить оптимальные условия для получения приемлемого извлечения железа в магнитную фракцию: температура обжига 900°C, концентрация восстановителя (КУС) 7% и время обжига – 60 минут.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Тащук П.А. Подготовка труднообогатимых руд. - М.: Недра, 1979. - 425 с.
2. Деркач В. Г., Специальные методы обогащения полезных ископаемых, М.: - 2007. - 338 с.
3. Мухтар А.А., Кочегина Е.В., Мухымбекова М.К., Макашев А.С. Изучение возможностей использования эмульсий жидких. Промышленность Казахстана. -2014. -№4. -С76-78.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ НАНОЧАСТИЦ SiC В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Форма и морфология наночастиц являются определяющими факторами для свойств композиционных материалов. Наночастицы, имеющие разные формы (сферические, пластинчатые, нановолокна), способны улучшать механические свойства композитов, такие как прочность, твердость и устойчивость к деформации. Исследование зависимости между формой и морфологией наночастиц и их влиянием на физико-механические свойства имеет значение для разработки нанокompозитов, перспективных для применения в машиностроительной отрасли [1].

Для изучения габитуса и морфологии зола использовали сканирующий электронный микроскоп JSM-5610 LV (JEOL, Япония), на представленных рисунках 2-5 значение увеличения $\times 2\,000$.

На рисунке 2 частицы зола имеют нерегулярную, сложную форму с множеством изгибов и шероховатостей. Поверхность неоднородная, структура с пористостью или волокнистостью. Частицы имеют вытянутую, пластинчатую или волокнистую форму. Габитус аморфный или частично агломерированный, без выраженной сферической формы. Размеры компонентов структуры находятся в микрометровом диапазоне (около 10 мкм по шкале), что может указывать на агломераты из наночастиц. Так как исследуемая зола получена из растительного материала, то наблюдаемая морфология и габитус могут объясняться естественной структурой биополимеров и клеточной стенки растений.

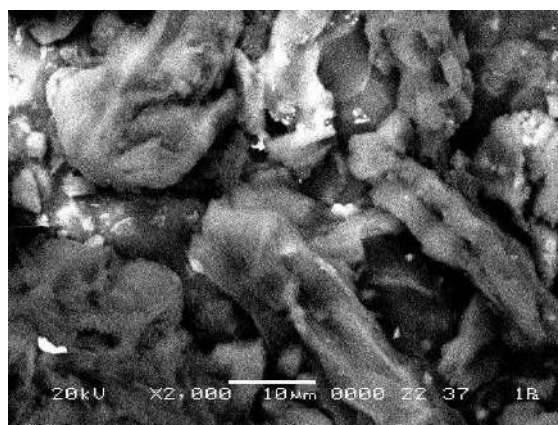


Рисунок 2 – Морфологический профиль исследуемой зола (семейство Осоковые), без термообработки (исходный образец)

Частицы имеют волокнистую и пористую структуру, характерную для растительных волокон. Поверхность шероховатая и неоднородная, что типично для лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы, входящих в состав растительных материалов. Наличие переплетений и сетчатых структур указывает на частичное разрушение и раздробление биологических волокон, которое произошло вследствие механического измельчения растительного материала. Частицы имеют удлинённые, волокнистые формы с некоторыми аморфными агломератами. Размеры наблюдаемых структур микрометрового масштаба соответствуют характерным размерам растительных волокон и их агрегатов после механического.

Морфология и габитус типичны для частично разрушенных растительных материалов, где сохраняется волокнистая, рыхлая структура с высокой поверхностной пористостью.

Частицы (рисунок 3) имеют преимущественно аморфную и рыхлую структуру с высокой степенью дезагрегации по сравнению с исходным растительным материалом. Наблюдается наличие мелкодисперсных фрагментов и частиц неправильной формы с разной степенью агрегирования. Можно заметить остатки волокнистых структур, но они имеют более раздробленный и пористый характер из-за термообработки. Поверхность частиц шероховатая и неоднородная, с присутствием микропор и микротрещин.

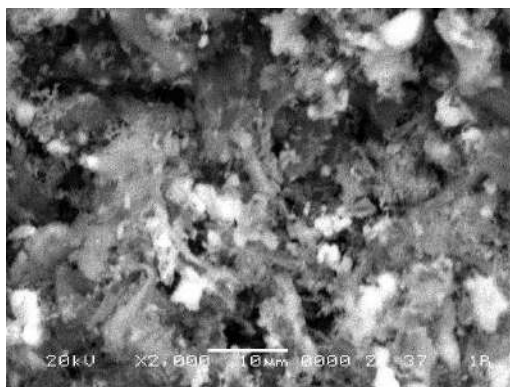


Рисунок 3 – Морфологический профиль исследуемой золы (семейство Осоковые), при термообработке 300 °C

Частицы в основном имеют неправильную, угловатую форму с разной степенью рыхлости. Среди размеров частиц наблюдается присутствие как более крупных агломератов, так и мелких фрагментов. Встречаются отдельные удлинённые или волокнистые фрагменты, частично разрушенные. Такая морфология характерна для частиц, полученных в результате низкотемпературного термолиза растительного сырья, при котором происходит частичное разложение органических компонентов с сохранением структуры клеточных стенок, но с заметной деградацией и изменением морфологии исходных волокон.

Частицы (рисунок 5) характеризуются сильно выраженной аморфной структурой с высоким уровнем карбонизации. Наблюдается рыхлость агрегатов с пористой, зернистой поверхностью. Отсутствуют чётко выраженные волокнистые или плёночные структуры, что указывает на глубокое термическое разложение исходного растительного материала. Присутствуют микропоры и трещины, создающие развитую поверхность, типичную для активированных углеродных материалов, полученных при высокотемпературном термолизе.

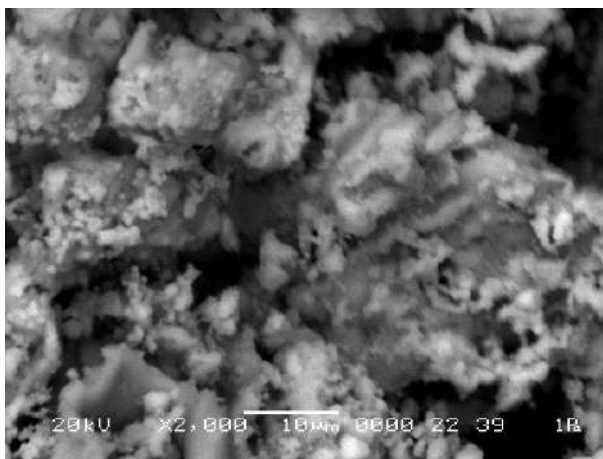


Рисунок 5 – Морфологический профиль исследуемой золы (семейство Осоковые), при термообработке 760 °С

Частицы имеют неправильную, неупорядоченную форму и повсеместно образуют рыхлые, крупные агрегаты. Размеры агрегатов варьируются, частично переходя в микрометровый масштаб. Высокая пористость и фрагментированность структуры обусловлены высоким температурным воздействием, что способствует увеличению удельной поверхности.

При 760 °С наблюдается формирование углеродсодержащих наночастиц с развитой пористой структурой и широко аморфным габитусом, что свойственно высокотемпературной карбонизации растительного сырья.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант №Т25МП-026).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Худайбердиев, А. А. Эффект формы и морфологии наночастиц на механические свойства металло-нанокмпозитов / А. А. Худайбердиев, А. П. Картошкин // Universum: технические науки. – Москва, 2024. – №6 (123). – С. 16–18.

Куликов В.Ю. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
Ковалев П.В. (Санкт-Петербург, НИУ СПбПУ
Петра Великого)
Қордашева А.А. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)

ГАЗДАНДЫРЫЛАТЫН ҮЛГІЛЕР ӘДІСІМЕН БОЛАТ ҚҰЙМАЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ИНОКУЛЯТОР ФРАКЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Жұмыста газдандырылатын үлгілер бойынша құю әдісімен алынған болат құймалардың микроқұрылымының қалыптасуына инокуляторлардың мөлшері мен фракциялық құрамының әсері зерттелді. Технологиялық параметрлерге байланысты түйірлік құрылымның өзгеру заңдылықтары, химиялық элементтердің таралуы және кеуектілік анықталды. Біртекті ұсақтүйірлі құрылымды алу үшін оңтайлы жағдайлар белгіленді.

Газдандырылатын үлгілер бойынша құю әдісі (ЛГМ) күрделі пішінді құймаларды алу үшін кеңінен қолданылады. Негізгі міндеттердің бірі – бұйымдардың құрылымы мен пайдалану қасиеттеріне әсер ететін кристалдану процестерін басқару. Инокуляторларды қолдану кристалдану орталықтарының санын арттыруға және сол арқылы түйір өлшемін реттеуге мүмкіндік береді. Алайда ЛГМ кезінде олардың мөлшері мен фракциялық құрамының әсері жеткілікті зерттелмеген.

Жұмыстың мақсаты — «Фланец» типті болат құймалардың құрылымына инокуляторлардың фракциясы мен мөлшерінің әсерін зерттеу.

Тәжірибелер литейлік және құрылыс полистиролының 60:40 қатынасында әртүрлі мөлшердегі инокуляторларды (20 г және 50 г) қолдану арқылы жүргізілді. Сонымен қатар инокулятор бөлшектерінің өлшемі 0,1–0,8 мм аралығында өзгертілді. Микроқұрылым металлографиялық әдістермен зерттелді, ал элементтердің біркелкі таралуы таралу карталары арқылы бағаланды.

50 г инокулятор қолдану құймалардың ұсақтүйірлі және салыстырмалы түрде біртекті құрылымын қамтамасыз ететіні анықталды. Бұл кристалдану орталықтарының санының артуымен түсіндіріледі, нәтижесінде қатаю процесі біркелкі жүреді.

Инокулятор мөлшерін 20 г-ға дейін азайтқанда кристалдану орталықтарының саны кеміп, түйірдің іріленуі байқалады. Демек, инокулятор мөлшері құрылым қалыптасуының негізгі факторларының бірі болып табылады.

Сонымен қатар инокуляторлардың шамадан тыс мөлшері кристалдану процесіне теріс әсер етеді. Қатаю жылдамдығы төмендеп, жергілікті аса суыну пайда болады. Бұл металл балқымасынан газдардың толық бөлінуіне кедергі жасап, құймалардың кеуектілігін арттырады.

Фракциялық құрамның әсерін талдау көрсеткендей, зерттелген 0,1–0,8 мм диапазонында инокулятор бөлшектерінің өлшемі түйірлік құрылымға айтарлықтай әсер етпейді. Сондықтан «Фланец» типті құймалар үшін осы диапазондағы фракцияларды қолдану жеткілікті болып табылады.

Маңызды аспектілердің бірі – элементтердің біркелкі таралуы. 100–400 мкм өлшемді ұсақ фракциялы инокуляторлар металлда толық балқып үлгермей, балқыма ағынымен бастапқы орналасу орындарынан ығыстырылып, ликвациялық аймақтардың түзілуіне әкелетіні анықталды. Бұл материалдың химиялық біртектілігін төмендетеді.

Ал 500 мкм-ден ірі бөлшектерді қолданғанда, полистирол жану кезінде олардың қозғалысы азаяды, бұл құйма құрылымында негізгі элементтердің біркелкі таралуына ықпал етеді.

1. Инокуляторлардың оңтайлы мөлшері – 50 г, бұл ұсақтүйірлі біртекті құрылым қалыптастырады.

2. Мөлшерді 20 г-ға дейін азайту кристалдану орталықтарының азаюына байланысты түйірдің іріленуіне әкеледі.

3. Инокуляторлардың артық мөлшері жергілікті аса суыну туғызып, кеуектіліктің артуына себеп болады.

4. 0,1–0,8 мм диапазонындағы фракциялық құрам түйірлік құрылымға айтарлықтай әсер етпейді.

5. 500 мкм-ден ірі бөлшектерді қолдану элементтердің біркелкі таралуын жақсартып, ликвацияны азайтады.

Алынған нәтижелер газдандырылатын үлгілер бойынша құю технологиясын оңтайландыруда және болат құймалардың сапасын арттыруда қолданылуы мүмкін.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Шуляк В.С. *Литье по газифицируемым моделям*. – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 408 с.
2. Нестеров Н.В., Воронцов Б.С. *Модельное исследование влияния металлических включений на распределение температур жидкого металла при литье по газифицируемым моделям // Химическое и нефтегазовое машиностроение*. – 2019. – № 9. – С. 35-40.
3. Kulikov, V., Kordasheva, A., Kvon, S., Issagulov, A., & Kovalev, P. (2026). Use of inoculators to improve the quality of castings in the lost foam casting process. *Acta Metallurgica Slovaca*, 32(1), 29–32.
4. Квон С.С., Куликов В.Ю., Исагулов А.З., Аринова С.К., Ковалёва Т.В. *Исследование структуры пенополистирола при литье по газифицируемым моделям // Литейное производство*. – 2017. – № 7. – С. 18-20.
5. Vitaliy Kulikov, Akzhan Kordasheva, Svetlana Kvon, Aristotel Issagulov, Pavel Kovalev, *INVESTIGATION OF THE EFFECT OF INOCULATORS ON THE STRUCTURE OF CAST STEEL BLANKS*, *Acta Metallurgica Slovaca*: Vol. 30 No. 4 (2024): *Acta Metallurgica Slovaca*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН В ОТЛИВКАХ ИЗ ХРОМОНИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ

Горячие трещины вызваны различными разнородными факторами, особенно можно выделить силовое взаимодействие отливки формы и стержня, а также по причине растворения эвтектик, содержащих примеси или загрязнения типа серы, фосфора и элементов сплава типа Ti, N и др. [1]. Наличие азота может сложным образом влиять на структуру металла. В стабильно аустенитных сталях Ti, S, N, C реагируют между собой, формируя легкоплавкие эвтектики [2].

Металлургическая склонность к образованию горячих трещин определяется элементной сегрегацией, которая проявляется только в некотором диапазоне температур, который может быть определен при использовании специальных испытаний. Однако используемый экстенсивно данный метод в оценке горячих трещин показал большую изменчивость из-за влияния посторонних факторов [3]. Можно сделать вывод, что в хромоникелевых сталях ликвация и сегрегация играет подавляющую роль в определении восприимчивости сплава к горячим трещинам.

Аустенитные нержавеющие стали, особенно те, которые не содержат феррита являются склонными к образованию горячих трещин. Образование горячих трещин (рисунок 1) происходит при литье или термической обработке при температурах, близких к точке плавления материала, растрескивание, как известно, происходит выше температуры солидуса или в твердом состоянии при температурах, близких к солидусу. Различные типы горячих трещин, с которыми сталкиваются в литых деталях из нержавеющей стали достаточно успешно были классифицированы.



Рисунок 1 – Горячие трещины в стенке отливки газовой арматуры материал – хромоникелевая сталь с 15%Cr и 6%Ni, толщина стенки отливки 70 мм

Существует большое количество исследований по природе горячих трещин в нержавеющих сталях и различных критериях, разработанных для того, чтобы минимизировать появление горячих трещин, полное понимание данного явления все равно недостаточно. Современные новые материалы непрерывно развиваются для производства различных литых деталей мощных систем, энергетики, химических и нефтехимических отраслей промышленности, которые предъявляют требования более высоких рабочих температур и ресурса работы.



Рисунок 2 – Горячая трещина в аустенитной нержавеющей стали, причина образования трещины – остаточный феррит (светлые участки)

Материальные критерии проектов для этих систем могут измениться от тепловой стойкости и устойчивости медленному изменению свойства под радиацией и коррозионной стойкостью в различной среде.

Аустенитные стали из ряда марок AISI 300 нержавеющих сплавов обычно упрочняются при термообработке как смесь аустенита и феррита. Феррит почти полностью трансформируется к аустениту при охлаждении, но возможна ситуация, при которой остается несколько процентов δ -феррита в металле (рисунок 2). Ассоциативная связь наличия δ -феррита с сопротивлением образованию горячих трещин в отливках из нержавеющей стали хорошо известна. Задачу горячего растрескивания металла можно рассматривать как задачу фактического сохранения остаточного феррита в отливке. Однако кристаллизационные трещины при затвердевании продолжают быть проблематичными в полностью аустенитных нержавеющих сталях, когда превращение феррита ограничено, а композиционное регулирование в процессе плавки не возможно.

Введение элементов добавки подобно фосфору, титану и бору может привести к улучшенной стойкости к радиационному облучению и свойствам сопротивления температурной ползучести, однако введение фосфора проблематично и требует специального изучения. Загрязняющие элементы типа серы, кремния или ниобия увеличивают вероятность образования горячих трещин, особенно в полностью аустенитных сталях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Десницкий В.В., Десницкая Л.В., Матвеев И.А. Литейные свойства хромоникелевых сталей. *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2021. № 3-1 (71). С. 44-47.
2. Десницкий В.В., Десницкая Л.В., Матвеев И.А. Обеспечение плотного металла в тонкостенной отливке при литье по выплавляемым моделям. *Литейное производство*. 2021. №2. С. 23-27.
3. Kou S (2021) Predicting susceptibility to solidification cracking and liquation cracking by calphad. *Metals* 11(9):1442

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ

Современным направлением повышения эксплуатационных свойств сталей является нанесение покрытий, поскольку они являются дешевыми относительно материала [1]. Помимо этого, такие покрытия могут иметь разные функциональные свойства, такие как коррозионную стойкость, повышенную износостойкость, жаростойкость и др. Покрытия могут наноситься различными способами, наиболее распространенным является метод газотермического направления, поскольку он является мобильным и относительно недорогим. При этом такой метод может быть использован для самых различных марок сталей.

Так, например, для деталей, к которым выдвигаются требования по износостойкости, прочности, твердости (броня, зубья ковшей, кулаки и др.), обычно используются стали, которые относятся к перлитному классу, а, именно, в их микроструктуре содержатся легированные α -раствор и перлит, которые включают в себя смешанные карбиды цементитного типа Me_3C , где в качестве Me могут выступать железо и хром. Также структура может включать в себя карбиды типа VC , TiC , что порождается наличием тех или иных легирующих элементов [2].

Такие микроструктуры показывают твердость порядка 350-500 единиц твердости по Бринеллю. Такие повышенные показатели твердости обеспечиваются высоким металлургическим качеством сталей.

Ключевым аспектом успеха газотермического напыления является правильный выбор порошкового материала. Материалы, предназначенные для напыления, делятся на несколько групп: металлы и сплавы, карбиды, бориды, нитриды, оксиды, а также композиционные порошки (керметы). Например, для деталей, подвергающихся коррозионному износу, применяют Co - и Ni -сплавы, а также керамические покрытия на основе оксидов хрома и оксид алюминия.

Нанесение покрытий с использованием карбида титана в виде нанопорошка и слоя сплава, обладающего демпфирующими свойствами методом высокоскоростного газопламенного напыления обеспечит твердость почти аналогичную твердости покрытий, полученными с использованием стандартного порошка, что связано с интенсивными обезуглероживающими процессами частиц мелкой фракции в результате большой удельной поверхности. Однако, износостойкость такого покрытия будет значительно выше относительно покрытия, полученных с применением стандартных порошков. Это можно объяснить более

прочными связями карбидных частиц, составляющих металлическую матрицу, что минимизирует вероятность их выпадения в процессе трения или при ударных нагрузках. В результате этого, такие покрытия характеризуются трибологическими и износостойкими качествами по сравнению с другими разновидностями покрытий. Данный метод позволяет остаточным напряжениям в покрытии перейти от малых растягивающих к большим сжимающим. Это, в свою очередь, положительно сказывается на поверхностном слое изделий, так как образует наклепанный слой с некоторой толщиной.

В условиях абразивного износа наилучшие результаты показывают материалы на основе карбидов, такие как WC/Co и их смеси с NiCrBSi. Для защиты от адгезионного износа, который вызывает микросварку и задиры, используются покрытия на основе молибдена и NiCrBSi.

Исследовали защитное покрытие, состоящее из двух слоев – слоя карбида титана и слоя демпфирующего сплава. В таком защитном покрытии будут обеспечиваться высокая износостойкость, повышенная жаростойкость и коррозионная стойкость.

Как известно, карбид титана – это высокотемпературное соединение с температурой плавления – 3140 °C, обладающее высокой твердостью, при этом оно химически инертное. Карбид титана показывает высокую износостойкость, что определяет его широкое использование как покрытия либо основного материала для изделий, которые эксплуатируются в условиях абразивного износа. Основным недостатком карбида титана являются его хрупкость и сложности при его обработке.

С помощью электронного микроскопа Jeol-700 исследована структура покрытий. Исследования демпфирующего слоя (алюминий, медь) приведены на рисунке 1.

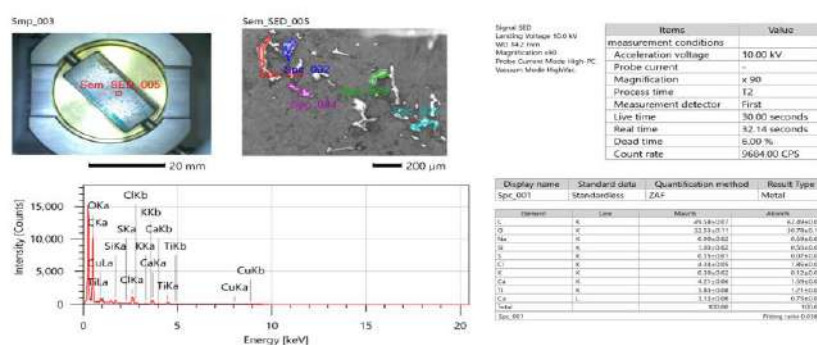


Рисунок 1 – Микроструктура двуслойного покрытия образца

Исследования показали, что используемый режим и фракционный состав порошка позволяет получать достаточно плотный слой, пористость.

В поверхностном слое после второго напыления также присутствуют в достаточно большом количестве кислород и углерод, титан, следы алюминия и азот. Титан может присутствовать как в виде карбидов титана,

так и в виде нитридов, которые могут играть роль дополнительных фаз-упрочнителей. Следует ожидать повышенную твердость и износостойкость поверхности.

Измерителем концентрации напряжений ИКН-3М-12 оценивали механическую напряжённость в образцах (рисунок 2).

Образцы исследовали длиной 100 мм. На границе отрезанной части образца наблюдается всплеск напряжения, что говорит о деформации образца при отрезании при его подготовке. То есть источником всплеска напряжений является сама подложка, но не напыленный слой. Также можно отметить, что сами покрытия не имеют высоких напряжений и составляет меньше 1000 А/м и в целом свидетельствует о равномерности покрытия сточки зрения внутренних напряжений.

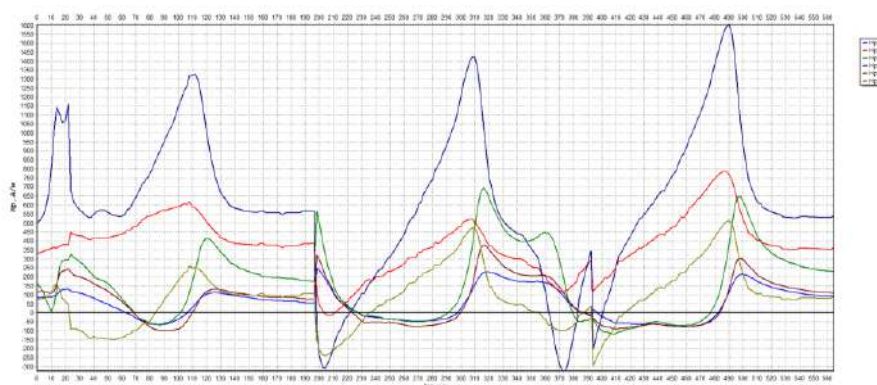


Рисунок 2 – Магнитограмма напряженного состояния

Нанесение покрытий с использованием карбида титана и слоя сплава, обладающего демпфирующими свойствами (смесь порошков меди и алюминия) методом газотремического напыления обеспечивает твердость почти аналогичную твердости покрытий, полученными с использованием стандартного порошка, что связано с интенсивными обезуглероживающими процессами частиц мелкой фракции в результате большой удельной поверхности. При этом формируются прочные связи карбидных частиц, составляющих металлическую матрицу, что минимизирует вероятность их выпадения в процессе трения или при ударных нагрузках.

Данные исследования проведены в рамках реализации гранта Комитета науки МНВО РК АР 26199877 «Разработка технологии нанесения композиционных защитных покрытий на детали оборудования металлургической и машиностроительной отраслей».

ЛИТЕРАТУРА

1. Teresa Fras, Christian C., RothDirk // *Fracture of high-strength armor steel under impact loading*//*International Journal of Impact Engineering*, № 111 (2018), p.147-164.
2. Kartikeya, Sanjay Prasad, NareshBhatnagar // *Finite Element Simulation of Armor Steel used for Blast Protection* // *Procedia Structural Integrity*, 2019, v14, p. 514-520.

Куликов В.Ю. (Қарағанды, Ә. Сағынов ат. ҚарТУ)
Ковалев П.В. (Санкт-Петербург, Ұлы Петр ат. СПбПУ)
Байбеков Ш.С. (Қарағанды, Ә. Сағынов ат. ҚарТУ)
Достаева А.М. (Қарағанды, Ә. Сағынов ат. ҚарТУ)

ВАРИАТИВТІ ҚЫСЫМДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАБЫҚТЫ ҚАЛЫПТАРДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ

Қазіргі уақытта [1] құю қалыптарын өндіруде шешілмеген мәселелердің бірі – қалып көлемі бойынша технологиялық сипаттамалардың біркелкі еместігі болып табылады. Бұл тек құм-балшықты қалыптарға ғана қатысты емес. Арнайы құю әдістері де технологиялық процестерді жетілдіруді қажет етеді. Атап айтқанда, селкетумен алынған құм-шайырлы қалыптардың қасиеттерін біркелкі ету үшін пресстеу әдісі қолданылады.

Қалыптау қоспаларының бір өкілі ретінде құм-шайырлы қоспалар қарастырылады. Мұндай қоспаларды құю қалыптарын жасау үшін қолдану сапалы құймаларды алуға мүмкіндік береді. Құю процесінің тиімділігін арттыру құю қалыптарын жасау технологиясын жетілдіру қажеттілігін туындатады [1,2].

Құм-шайырлы қоспаның негізгі компоненттері: толтырғыш – кварц құмы, байланыстырғыш – пульвербакелит, сондай-ақ қосымша компонент ретінде керосин болып табылады. Керосиннен бөлек, біз еріткіш – уайт-спиртті бөлек қолданамыз. Ең кең тарағаны – СФ-011 маркалы пульвербакелит [3].

Қабықты қалыптың жоғары беріктігін қамтамасыз ететін бағыттардың бірі – қоспаны термиялық әсермен пресстеу болып табылады. Алайда зерттеулер көрсеткендей, вариативті қысымды қолданғанда қабық әлдеқайда жоғары беріктілікке ие болады. Бұрынғы зерттеулерде [4] көрсетілгендей, негізгі қысымды 0,25 МПа деңгейінде пайдалану және шайыр жұмсару процесінде оны 0,35 МПа-ға дейін арттыру қабықты қалыпты берік етуге ықпал етеді, себебі бұл толтырғышты шайырмен толық жабуға және құм дәндерін тығыз орналастыруға мүмкіндік береді.

Қосылатын байланыстырушы материалдың мөлшерін арттыру арқылы беріктік артады. Қоспаның ылғалдылық пен байланыстырушы материалдың абсолютті мөлшерінің қатынасы оңтайлы болуы керек. Бұл қатынас әртүрлі байланыстырушы материалдар, құмның құрамы мен қасиеттері үшін өзгереді. Пульвербакелиттің мөлшерін арттырған кезде беріктік өседі, бірақ сонымен қатар қалып құны айтарлықтай артады. Қоспаның беріктігі, сонымен қатар қалыптың беріктігі, тең жағдайда тікелей байланысты. Дегенмен, бірдей беріктікке ие қоспа әртүрлі тығыздау

әдістерінде қалып мен оның жеке аймақтарының беріктігін әртүрлі көрсетеді. Жалпы алғанда, қалыптағы беріктік қоспаның көлемінде тығыздықтың (массаның) таралуының топографиясын толығымен көрсетеді. Қоспаның тығыздығының соңғы таралуы тек тығыздау әдісімен ғана емес, оның бастапқы тығыздығымен және жабдықтағы таралымдарымен анықталады (қоспаны төсеу әдісіне байланысты).

Бірқатар эксперименттер жүргізу арқылы пульвербакелит мөлшерінің қоспаның механикалық және технологиялық қасиеттеріне әсері анықталды. Технологиялық процесс мынадай жолмен жүзеге асырылады: құм-шайырлы қоспа араластырылған соң, оны машина бункеріне жүктейді. Содан кейін қоспасы бар бункер 230 °C дейін қыздырылған үлгілеу плитасына, құйма үлгілері бар жерге ауыстырылады. Сол уақытта пресс-плита арқылы 0,23 МПа қысым қолданылады. 12-17 секундтан соң қысым 0,45 МПа-ға дейін арттырылады. Тағы 12-17 секундтан кейін қыздыру температурасы өзгереді.

Жалпы алғанда, қысымды арттыру газөтімділікті төмендетсе, қысымды азайту құм дәндерінің релаксациясына және ашылуына әкеліп, газөтімділікті арттырады. Қысымды азайту арқылы беткі кедір-бұдырлығы төмен және беріктігі жоғары қалыптар алуға болады.

Қысымды арттырғанда беріктіктің өсуі, ал қысымды азайтқанда үлгілердің сығылуы қоспаның релаксациясы мен ішкі кернеулердің төмендеуімен байланысты. Ішкі кернеулердің болуы қабықта микрожарықтардың пайда болуына әкеледі.

Анықталғандай, қолданылатын технология бойынша қоспаның қажетті технологиялық көрсеткіштеріне жету үшін 4-5 % байланыстырғыш жеткілікті.

Қалыптау процесінде вариативті қысымды қолдану қымбат пульвербакелиттің шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Бастапқы қысымды 0,23 МПа деңгейінде қолданып, шайыр жұмсару кезеңінде оны 0,45 МПа-ға дейін арттыру арқылы байланыстырғыш мөлшерін 4-5 % деңгейіне дейін төмендетуге болады [4,5].

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. R. Ganesh Narayanan, Jay S. Gunasekera Sustainable Manufacturing Processes. Academic Press, 2022, – 370 с.
- 2 Fu W., Xiaohan C., Qiang Y., Haiyang S., Dichen L. Fabrication and posttreatment for inorganic binder jetting sand molds for casting. Additive Manufacturing, 5 July 2023.
- 3 Куликов В.Ю., Квон С.С., Исагулов А.З., Ковалёва Т.В., Щербакова Е.П. Определение напряжения ползучести и релаксации песчано-смоляных смесей [Мәтін] // Фундаментальные исследования. - Москва, 2015. - № 2 (часть 15). – С. 3272-3274.
4. V.Yu. Kulikov, Sh. Baibekov, S. Kvon, A. Issagulov, P. Kovalev: Investigation of the use of variable pressure in the formation of sand-resin casting moulds. Acta Metallurgica Slovaca. – 2025, № 1. – P. 16-21.
5. Куликов В.Ю., Байбеков Ш.С., Жолдубаева Ж.Д. Вариативті қысымды қолдану арқылы қабық пішіндерінің механикалық және технологиялық қасиеттерін арттыру // Қазақстан ғылымы мен технологиясы. – 2024. – № 2. – С. 167-178.

Макашева А.М. (Қарағанды, Сағынов атындағы ҚарТУ)
Нускабеков Ж.С. (Қарағанды, Сағынов атындағы ҚарТУ)
Оспанов Е.А. (Алматы, “Қазақмыс Корпорациясы” ЖШС)

КҮКІРТТІ МЫС КОНЦЕНТРАТТАРЫН АВТОГЕНДІ БАЛҚЫТУ КЕЗІНДЕ ШИХТАЛАУДЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ТӘСІЛДЕРІ

Қазіргі кезеңде мыс металлургиясында күкіртті концентраттарды қайта өңдеу мәселесі күрделене түсуде. Шикізат құрамының тұрақсыздығы, темір мен күкірт мөлшерінің жоғарылауы, минералогиялық әртүрлілік автогенді балқыту процестерінің энергетикалық және технологиялық тұрақтылығына айтарлықтай әсер етеді. Әсіресе Ванюков пеші жағдайында шихта құрамының ауытқуы жылулық режимнің тұрақсыздануына, қож құрылымының өзгеруіне және металдардың шығындарының артуына алып келеді. Сондықтан шихталауды ғылыми негізде жетілдіру және инновациялық модельдеу әдістерін енгізу металлургиядағы өзекті бағыттардың бірі болып табылады.

Күрделі концентрат қоспаларын өңдеу кезінде шихта құрамын оңтайландырудың тиімді тәсілдерінің бірі – термодинамикалық модельдеу. Shishin D. және оның әріптестері фазалық тепе-теңдікті есептеу арқылы мыс пен темірдің таралуын болжауға болатынын көрсеткен [1]. Авторлар экономикалық тиімді құрамды анықтау үшін термодинамикалық теңгерімдерді пайдалануды ұсынады. Бұл тәсіл шихта құрамын алдын ала есептеп, автогенді процестің жылулық балансын тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар мұндай модельдер магнетиттің шамадан тыс түзілуін болдырмауға және қож түзілу аймағын болжауға жағдай жасайды.

Инновациялық басқару тәсілдерінің тағы бір бағыты – интеллектуалды алгоритмдерді қолдану. Zhao L. және оның әріптестері ISA пешіндегі штейн маркасын болжау үшін GA-BP нейрондық желісін пайдаланып, жоғары дәлдікке қол жеткізген [2]. Ұсынылған модель шикізат параметрлері өзгерген жағдайда балқыту нәтижесін болжауға мүмкіндік береді. Бұл әдісті автогенді балқыту жағдайында шихта құрамын динамикалық түрде түзету үшін бейімдеуге болады, себебі нейрондық желілер өндірістік параметрлердің өзгеруіне жедел бейімделеді.

Балқаш мыс балқыту зауыты жағдайында жүргізілген зерттеулер шихта құрамының қождағы металдар шығынына тікелей әсер ететінін көрсетеді. Dosmukhamedov N. және оның әріптестері қождағы мыс, алтын және күмістің механикалық және еріген түрдегі шығындарының сандық қатынасын анықтаған [3]. Нәтижелер қождың магнетиттену дәрежесінің жоғарылауы мыс шығынын арттыратынын дәлелдейді. Бұл құбылыс шихта құрамындағы темір мөлшері мен оттегі потенциалының өзгеруімен

байланысты, сондықтан құрамды оңтайландыру қож құрылымын басқарудың негізгі құралы болып табылады.

Қож құрылымына әсер ететін факторлардың бірі – қалпына келтіруші компоненттердің мөлшері. Соколовская Л.В. және оның әріптестері жүргізген зерттеулерде қалпына келтіруші енгізудің қождың фазалық құрамына және балқу температурасына ықпалы қарастырылған [4]. Магнетит үлесі азайған жағдайда қож тұтқырлығы төмендеп, штейн мен қож фазаларының бөлінуі жақсаратыны анықталған. Бұл деректер шихта құрамын ғылыми негізде қалыптастыру металлургиялық көрсеткіштерді тұрақтандырудың маңызды шарты екенін көрсетеді.

Цифрлық технологияларды енгізу шихталауды басқарудың жаңа кезеңіне көшуге мүмкіндік береді. Imanbekova U. және оның әріптестері ұсынған зерттеуде мыс концентраттарын шихталау және балқыту процесін басқаруға арналған бағдарламалық жүйе сипатталған [5]. Авторлар материалдық және жылулық режимді модельдеу арқылы процесті оңтайландыру мүмкіндігін көрсетеді. Мұндай жүйелер нақты уақыт режимінде параметрлерді бақылауға және технологиялық ауытқуларды түзетуге жағдай жасайды.

Автогенді балқыту жағдайында шихталаудың инновациялық дамуы бірнеше бағытта жүзеге асырылуы тиіс: термодинамикалық болжау [1], нейрондық модельдер арқылы динамикалық басқару [2], өндірістік деректер негізінде металл шығындарын талдау [3], қалпына келтірушілердің ғылыми негізін анықтау [4] және автоматтандырылған басқару жүйелерін енгізу [5].

Жалпы алғанда, шихталау автогенді балқыту процесіндегі негізгі басқарылатын буын ретінде қарастырылуы тиіс. Инновациялық модельдеу, жасанды интеллект элементтері және цифрлық басқару жүйелері металл шығынын төмендетуге және энергетикалық тұрақтылықты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Shishin D., Tripathi N., Sineva S., Jak E. *Thermodynamic modeling and research for processing complex concentrate blends in custom copper smelters for maximum revenue* // *Processes*. 2024. Vol. 12, No. 12. Art. 2820. DOI: 10.3390/pr12122820
2. Zhao L., Zhu D., Liu D., Wang H., Xiong Z. *Prediction and optimization of matte grade in ISA furnace based on GA-BP neural network* // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 7. Art. 4246. DOI: 10.3390/app13074246
3. Dosmukhamedov N., Shambulayev B., Dityatovskiy L., Zholdasbay Y., Argyn A. *Determination of quantitative ratios of copper, gold and silver losses in Vanyukov furnace slags under the conditions of the Balkhash copper smelter* // *Recycling*. 2025. Vol. 10, No. 5. Art. 181. DOI: 10.3390/recycling10050181
4. Соколовская Л.В., Квятковский С.А., Кожяхметов С.М., Семенова А.С., Сейсембаев Р.С. *Влияние восстановителя на структуру и термические свойства шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов* // *Металлург*. 2021. №5. С. 45–51. DOI: 10.52351/00260827_2021_05_45
5. Imanbekova U., Kalizhanova A., Kozbakova A., Imanbekova A., Aitkulov Zh. *Synthesis of a control system for the technological process of blending and melting of copper concentrates* // *Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева*. 2024. №3. С. 310–318.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩЕГО ФЕРРОХРОМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ, ДИСПЕРСНО- УПРОЧНЕННОЙ НИТРИДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Аннотация: В работе исследована возможность получения порошковой коррозионностойкой стали с использованием вторичных металлургических ресурсов – прокатной окалины и низкоуглеродистого азотсодержащего феррохрома.

Актуальность обусловлена необходимостью снижения себестоимости и расширения сырьевой базы за счёт вовлечения техногенных отходов. Показано, что восстановление прокатной окалины позволяет получать железный порошок с губчатой морфологией, способствующей эффективной механической активации и спеканию. Установлено, что азот в феррохроме связан с хромом и образует нитридные фазы, обеспечивающие дисперсное упрочнение.

В результате механической обработки получена однородная смесь с равномерным распределением Fe, Cr и N, соответствующая составу стали типа 08X13. Применение феррохрома позволяет совмещать легирование и упрочнение без использования дорогостоящих нитридов. Полученные результаты подтверждают перспективность использования вторичных ресурсов для создания экономичных порошковых коррозионностойких сталей [1].

Актуальность: Порошковая металлургия позволяет получать материалы с высокой однородностью структуры и улучшенными свойствами. Коррозионностойкие порошковые стали широко применяются в промышленности, однако их получение связано с высокими затратами и использованием сложных технологий, таких как горячее изостатическое прессование. В условиях зависимости от импорта актуальна разработка доступных и ресурсосберегающих технологий. Перспективным является использование вторичных металлургических ресурсов — прокатной окалины и азотсодержащего феррохрома. Наличие нитридных фаз в феррохроме позволяет использовать его одновременно как легирующий и упрочняющий компонент, что делает данный подход перспективным для создания композиционных порошковых материалов.

Целью настоящей работы является исследование и обоснование возможности применения азотсодержащего феррохрома в качестве легирующего и дисперсно-упрочняющего компонента при получении

порошковой коррозионностойкой стали на основе вторичных металлургических ресурсов.

Материалы и методы: в качестве исходных материалов использовались прокатная окалина в качестве источника железа и низкоуглеродистый азотсодержащий феррохром. Окалина предварительно измельчалась до размера частиц менее 120 мкм и подвергалась восстановлению в потоке водорода при температуре 1000 °С с выдержкой 60 минут, в результате чего получен железный порошок губчатой морфологии.

Феррохром с содержанием 60–65% Cr и до 4% N также измельчался до аналогичной дисперсности. Смешение и механическая активация порошков проводились в планетарной центробежной мельнице при скорости 700 об/мин в течение 30 минут при соотношении шаров к порошку 10:1.

Микроструктура и распределение элементов исследовались методом растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом. Текучесть порошков определялась по методу Холла, насыпная плотность — с использованием волюмометра Скотта [2]. Соотношение компонентов (1:5) обеспечивало получение состава, близкого к коррозионностойкой стали типа 08X13.

Результаты исследования: Установлено, что восстановление прокатной окалины приводит к формированию железного порошка с губчатой морфологией и развитой поверхностью, что подтверждается РЭМ-изображениями (рисунок 1) [3].

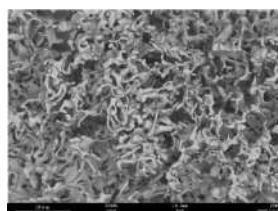


Рисунок 1 – РЭМ-изображение микроструктуры типичной частицы восстановленного железного порошка

Исследование феррохрома показало, что азот локализуется преимущественно в хромистой фазе и образует нитридные соединения, что подтверждено результатами энергодисперсионного анализа (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты ЭДС компонентов феррохрома, %

Фаза	Cr	Fe	Si	N
Общий анализ всего участка	65,53	29,74	0,37	4,33

Железистая фаза	54,61	45,06	0,34	-
Хромистая фаза	76,66	14,39	-	8,94

В результате механической обработки получена порошковая смесь с равномерным распределением Fe, Cr и N по объему частиц (рисунок 2), что свидетельствует о высокой эффективности механической активации [4].

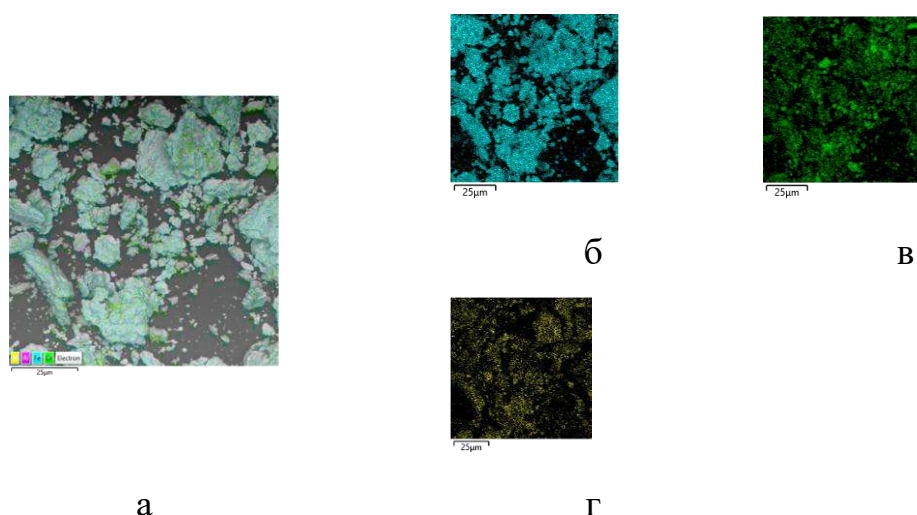


Рисунок 2 – РЭМ-изображение частиц порошковой смеси (а) и карта распределения Fe (б), Cr (в) и N (г) [<https://tu.kstu.kz/archive/issue/109>]

Рассчитанный химический состав смеси ($\approx 13\%$ Cr, до $0,86\%$ N) соответствует требованиям к коррозионностойкой стали типа 08X13 [5]. При этом установлено, что порошковая смесь обладает низкой текучестью и насыпной плотностью $3,05 \text{ г/см}^3$.

Полученные результаты подтверждают возможность формирования однородной композиционной структуры с дисперсным нитридным упрочнением без использования синтетических добавок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ахметов А.С. Разработка технологии получения порошковых композиционных быстрорежущих сталей: дис. ... канд. техн. наук. — М.: НИТУ «МИСиС», 2023. — 145 с.
2. Агеев С.В., Гиришов В.Л. Горячее изостатическое прессование металлических порошков // *Металлург.* — 2015. — № 8. — С. 18–21.
3. Ахметов А.С., Еремеева Ж.В. Changes in the Microstructure and Hardness after Heat Treatment of a Billet Made of Powder High-Speed Steel // *Inorg. Mater. Appl. Res.* — 2023. — Vol. 14. — P. 1335–1339.
4. Ахметов А.С., Төлеуқадыр Р.Т., Жунусов А.К., Аяганова Ж.Т., Махамбетов Е.Н. Феррохромды пайдалану арқылы коррозияға төзімді болаттың ұнтақ қоспасын дайындау // *Труды университета.* — 2026. — № 1 (102). — С. 17–23.
5. ГОСТ 5632—2014. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.

**БОЛАТ БӨЛШЕКТЕРІН ҚОРҒАУҒА АРНАЛҒАН БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ
КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСУ
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Металлургия және материалтану саласында болат материалдары кеңінен қолданылатын негізгі құрылымдық материалдардың бірі болып табылады. Болат жоғары беріктікке, технологиялық өңдеуге қолайлылыққа және салыстырмалы түрде төмен құнға ие болғанымен, оның басты кемшіліктерінің бірі – коррозияға бейімділігі. Әсіресе агрессивті ортада жұмыс істейтін болат бөлшектері (ылғал, жоғары температура, химиялық белсенді заттар) уақыт өте келе бұзылып, олардың пайдалану мерзімі қысқарады. Сондықтан болатты коррозиялық әсерден қорғау – қазіргі материалтану ғылымының маңызды міндеттерінің бірі.

Осы мәселелерді шешудің тиімді жолдарының бірі – болат бетіне арнайы қорғаныш жабындарын жағу. Соңғы жылдары бейорганикалық композициялық жабындар кеңінен зерттеліп, өндірісте қолданылуда. Мұндай жабындар жоғары температураға төзімділігімен, химиялық тұрақтылығымен және механикалық беріктігімен ерекшеленеді. Бейорганикалық композициялық жабындардың құрылымы әдетте металл оксидтері, силикаттар, фосфаттар немесе керамикалық компоненттерден тұрады. Олар болаттың бетін агрессивті ортаның әсерінен сенімді қорғайды және бөлшектердің қызмет ету мерзімін айтарлықтай ұзартады [1].

Бейорганикалық композициялық жабындар – бірнеше бейорганикалық компоненттерден тұратын күрделі жүйе болып табылады. Бұл жабындардың негізгі мақсаты – металл бетінде қорғаныш қабатын түзіп, коррозиялық процестердің дамуын тежейді. Әдетте мұндай жабындардың құрамына металл оксидтері (Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2), силикаттар, фосфаттар және әртүрлі керамикалық бөлшектер кіреді. Бұл компоненттер жабынның химиялық тұрақтылығын және механикалық беріктігін арттырады [2].

Бейорганикалық композициялық жабындардың қалыптасу процесі бірнеше кезеңнен тұрады. Бірінші кезең – болат бетінің алдын ала дайындалуы. Бұл кезеңде металл беті механикалық немесе химиялық әдістер арқылы тазаланып, май, тот және басқа да ластаушы заттардан арылтылады. Бетті сапалы дайындау жабынның адгезиялық қасиеттерін жақсартады және оның беріктігін арттырады.

Екінші кезең – жабынды жағу процесі. Жабындарды қалыптастырудың бірнеше әдістері бар: плазмалық бүрку, термиялық бүрку, сол-гель технологиясы, химиялық тұндыру және

электрофоретикалық әдіс. Әрбір әдістің өз артықшылықтары бар және олар қолданылатын материалдың түріне байланысты таңдалады [3]. Мысалы, плазмалық бүрку әдісі жоғары температураға төзімді керамикалық жабындарды қалыптастыруда тиімді болып табылады.

Үшінші кезең – жабынның құрылымдық қалыптасуы мен қатаюы. Бұл кезеңде жабын компоненттері арасында химиялық және физикалық байланыстар түзіліп, тығыз қорғаныш қабаты пайда болады. Жабынның микроқұрылымы оның қорғаныш қасиеттеріне тікелей әсер етеді. Егер жабын құрылымы біркелкі және кеуексіз болса, онда ол агрессивті орта әсерінен металды тиімді қорғай алады.

Бейорганикалық композициялық жабындардың маңызды артықшылықтарының бірі – олардың жоғары температуралық тұрақтылығы. Мұндай жабындар 800–1000°C дейінгі температурада да өзінің қасиеттерін сақтай алады. Сондықтан олар энергетикада, машина жасауда, мұнай-газ өнеркәсібінде және металлургиялық жабдықтарда кеңінен қолданылады [4].

Сонымен қатар, бұл жабындардың экологиялық тұрғыдан қауіпсіздігі де маңызды. Көптеген органикалық жабындардан айырмашылығы, бейорганикалық жабындар жоғары температурада зиянды булар бөлмейді және қоршаған ортаға зияны аз.

Қорытындылай келе, болат бөлшектерін қорғауға арналған бейорганикалық композициялық жабындар қазіргі материалтану ғылымындағы перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Мұндай жабындар болатты коррозиядан, жоғары температурадан және агрессивті химиялық орталардың әсерінен тиімді қорғайды.

Жабындардың тиімділігі олардың құрамына, құрылымына және қалыптасу технологиясына тікелей байланысты. Бетті алдын ала дұрыс дайындау, жабынды жағудың тиімді әдісін таңдау және оның микроқұрылымын бақылау қорғаныш қабаттың сапасын айтарлықтай арттырады [5].

Болашақта бейорганикалық композициялық жабындарды зерттеу олардың қасиеттерін одан әрі жақсартуға, жаңа функционалдық материалдар жасауға және өндірістік қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді. Сондықтан бұл бағыт металлургия және материалтану саласында маңызды ғылыми және практикалық мәнге ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ

1. Callister W.D. *Materials Science and Engineering: An Introduction*. – New York: Wiley, 2014.
2. Davis J.R. *Handbook of Thermal Spray Technology*. – ASM International, 2004.
3. Ohring M. *Materials Science of Thin Films*. – Academic Press, 2002.
4. Будберг П.Б. *Коррозия металлов и методы защиты*. – Москва: Металлургия, 2010.
5. Сухотин А.М. *Защитные покрытия металлов*. – Санкт-Петербург: Машиностроение, 2008.

HVOF ТЕХНОЛОГИЯСЫ АРҚЫЛЫ E110 ЦИРКОНИЙ ҚОРЫТПАСЫ БЕТІНЕ БҮРКІЛГЕН Cr_3C_2 -NiCr КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі заманғы өнеркәсіп пен ғылымда экстремалды пайдалану жағдайларында жоғары сенімділік пен тиімділікті қамтамасыз ететін жаңа материалдарды жасау және қолдану қажеттілігі артып келеді. Осы бағыттағы маңызды салалардың бірі - ерекше физика-химиялық және механикалық қасиеттерге ие композициялық материалдар мен қорғаныс жабындарын әзірлеу. Әсіресе жоғары температураларға, үлкен механикалық жүктемелерге, агрессивті орталардың әсеріне және радиациялық факторларға төтеп бере алатын материалдар ерекше өзектілікке ие. Хром карбиді негізіндегі металлкерамикалық жабындарды алу барысында әдетте Cr_3C_2 ұнтағы никель (Ni), кобальт (Co), Ni+Cr және NiCr сияқты металдармен әртүрлі құрамда механикалық қоспа түрінде қолданылады [1]. Мұндай жүйелерде никель-хром қорытпаларын Cr_3C_2 құрамына енгізу жабынның механикалық қасиеттерін жақсартып, олардың қолдану аясын кеңейтеді. Cr_3C_2 -NiCr негізіндегі жабындар өндірісте тозудан және жоғары температура әсерінен қорғау үшін кеңінен пайдаланылады [2, 3].

HVOF (жоғары жылдамдықты оттегі-отын бүрку) әдісінің технологиялық мүмкіндіктерін толық жүзеге асыру және жабын мен негізгі материал арасындағы жоғары адгезиялық беріктікті қамтамасыз ету мақсатында субстрат бетін алдын ала дайындауға ерекше назар аударылды. Субстрат материалы ретінде цирконийдің E110 қорытпасы қолданылды. Үлгінің беті алдын ала механикалық өңдеу және тазарту арқылы дайындалып, жоғары қысымда құммен тазалау камерасында өңделді. Жабын материалы ретінде Cr_3C_2 -NiCr композициялық ұнтағы пайдаланылды [4].

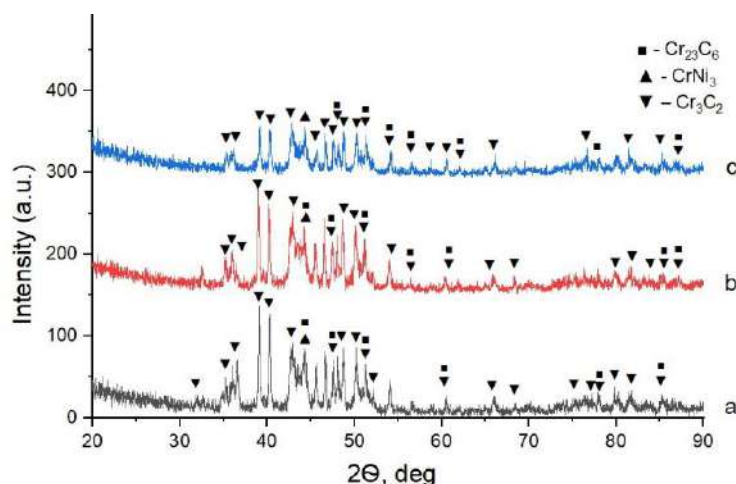
Cr_3C_2 -NiCr негізіндегі жабындар HVOF әдісі арқылы қондырғысында алынды. Тәжірибе барысында технологиялық процестің негізгі параметрлері, атап айтқанда сығылған ауаның қысымы, пропан мен оттегінің шығыны өзгертіліп отырды. Бұл әртүрлі құрылымдық ерекшеліктері мен қасиеттері бар жабындар сериясын қалыптастыруға мүмкіндік берді. Мұндай тәсіл алынған Cr_3C_2 -NiCr жабындарының физика-механикалық сипаттамаларына технологиялық параметрлердің әсерін талдауға мүмкіндік берді (Кесте 1).

Кесте 1. HVOF параметрлері

№.	Арақашықтық, см	Отын, бар	Ауа, бар	Оттегі, бар
Үлгі (а)	35	1,7 бар	2,2 бар	2,8 бар
Үлгі (б)	35	1,7 бар	3,3 бар	2,8 бар
Үлгі (с)	35	1,7 бар	3,7 бар	2,8 бар

Зерттеу барысында жабындардың құрылымдық және механикалық қасиеттерін анықтау үшін келесі әдістер пайдаланылды: фазалық құрамын талдау үшін рентгендік дифрактометр X'Pert PRO (Philips Corporation, Амстердам, Нидерланд), микроаттылықты өлшеу үшін Виккерс әдісі бойынша HLV-1DT (Shimadzu Corporation, Киото, Жапония) және адгезиялық беріктікті анықтау үшін Elcometer 510 (Elcometer Instruments, Манчестер, Ұлыбритания) қолданылды.

HVOF әдісі арқылы алынған жабындардың фазалық құрамын рентгендік фазалық талдау (XRD) арқылы зерттеу бірнеше негізгі фазалардың бар екенін көрсетті. Атап айтқанда, кубтық торға (Fm-3m кеңістік тобы) және тор параметрі $a=10.6600 \text{ \AA}$ болатын хромдағы көміртектің қатты ерітіндісі Cr_{23}C_6 фазасы анықталды. Сонымен қатар, орторомбтық торға (Pnma кеңістік тобы) және тор параметрлері $a=5,5400 \text{ \AA}$, $b=2,8330 \text{ \AA}$, $c=11,4940 \text{ \AA}$ болатын Cr_3C_2 фазасы тіркелді. Бұл фаза өзінің жоғары механикалық және физикалық қасиеттерімен ерекшеленіп, өнеркәсіптік қолдану ауқымы кең материал болып табылады. Сонымен қатар, кубтық торға (Fm-3m кеңістік тобы) және $a=3,5400 \text{ \AA}$ тор параметріне ие CrNi_3 фазасы анықталды. Бұл фаза жоғары балқу температурасына, керемет коррозияға төзімділікке, жақсы жылу өткізгіштікке және механикалық беріктікке ие. Алайда, тетрагональды торға (I41/amd кеңістік тобы) және тор параметрлері $a=5,5380 \text{ \AA}$, $b=5,5380 \text{ \AA}$, $c=8,4350 \text{ \AA}$ болатын NiCrO_4 фазасы бастапқы ұнтақ құрамында анықталған жоқ (1 сурет) [5].



1 сурет. HVOF әдісімен алынған Cr_3C_2 -NiCr жабындарының рентгендік фазалық талдау нәтижелері (а-с).

Барлық зерттелген жабындар көлденең қимасы бойынша микроқаттылықтың жоғары ауытқуына ие болып, оның мәндері 1190-1280 HV аралығында өзгергені анықталды, бұл жабындарды бүрку режимдеріне тәуелділікті көрсетеді. Үлгілер үшін ең жоғары адгезиялық беріктік 3,96 МПа мәніне жетті. Сынақ нәтижелері HVOF әдісі арқылы алынған Cr₃C₂-NiCr жабындарының жоғары қабыршақталуға төзімділігін растайды, бұл олардың жоғары жүктемелер мен агрессивті пайдалану жағдайында қолдануға перспективалы екенін көрсетеді [6].

Бұл жұмыста E110 цирконий қорытпасына HVOF әдісімен алынған Cr₃C₂-NiCr жабындарының құрылымдық-фазалық және физика-механикалық қасиеттері зерттеліп, олардың жоғары микроқаттылығы мен 3,96 МПа дейінгі адгезиялық беріктігі анықталды.

АЛҒЫС

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № AP26103943).

Қолданылатын әдебиеттер тізімі:

1. Guilemany, J. M., Espallargas, N., Suegama, P. H., & Benedetti, A. V. (2006). Comparative study of Cr₃C₂-NiCr coatings obtained by HVOF and hard chromium coatings. *Corrosion science*, 48(10), 2998-3013.
2. Yao H. L. et al. Microstructure and mechanical property of high velocity oxy-fuel sprayed WC-Cr₃C₂-Ni coatings // *Surface and Coatings Technology*. - 2020. - T. 397. - C. 126010.
3. Seitov B. et al. Review of Physical and Mechanical Properties, Morphology, and Phase Structure in Cr₃C₂-NiCr Composite Coatings Sprayed by HVOF Method // *Coatings*. - 2025. - T. 15. - №. 4. - C. 479.
4. Celik, I., & Benli, B. (2024). The effect of WC-12Co and CrC-NiCr hard coatings applied by HVOF method on the microstructure, mechanical, and surface properties of steel. *Metallurgical Research & Technology*, 121(3), 318.
5. Zhou, W., Zhou, K., Li, Y., Deng, C., & Zeng, K. (2017). High temperature wear performance of HVOF-sprayed Cr₃C₂-WC-NiCoCrMo and Cr₃C₂-NiCr hardmetal coatings. *Applied Surface Science*, 416, 33-44.
6. Drobny, P., Mercier, D., Koula, V., Škrobáková, S. I., Čaplovič, E., & Sahul, M. (2021). Evaluation of adhesion properties of hard coatings by means of indentation and acoustic emission. *Coatings*, 11(8), 919.

СПОСОБ СИНТЕЗА N-ПАЛЬМИТОИЛМЕТФОРМИНА – НОВОГО ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ

Метформин – азотсодержащее органическое соединение, относящееся к классу бигуанидов (рисунок 1). Как и все соединения этого класса, молекула является основанием; более сильным по первой степени диссоциации ($pK_a = 12,4$), менее сильным по второй ($pK_a = 2,8$) [1].

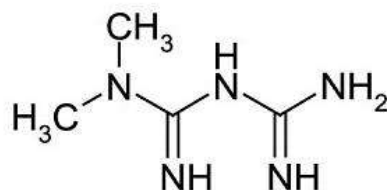


Рисунок 1. Метформин

Протонирование иминогрупп ($HN=C$), в кислой среде стабилизирует молекулы метформина и приводит к образованию моносолей ($C_4H_{11}N_5 \cdot HCl$). Наличие неспаренных электронов на атомах азота обуславливает другое важнейшее свойство молекул метформина – нуклеофильность, способность к реакциям с электрофильными реагентами.

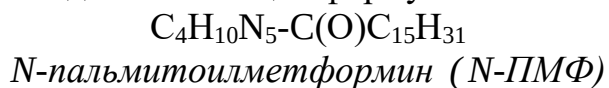
В контексте нашего исследования важным является тот факт, что первичная аминогруппа ($-NH_2$) молекулы метформина является более сильным нуклеофилом по сравнению с иминогруппой, так как неподеленная электронная пара sp^3 -гибридизованного аминного азота более доступна для электрофильного реагента, чем делокализованная электронная пара иминного азота. По этой причине реакции нуклеофильного замещения более предпочтительны для аминогруппы.

Метформин является распространенным гипогликемическим средством, широко используемым в медицинской практике. Однако его производные малоизвестны.

Целью исследования явилось получение N-пальмитойлметформина (N-ПМФ) путем оптимизации технологии ацилирования, а также экспериментальное обоснование применения целевого продукта в качестве ингибитора атмосферной коррозии СтЗ.

Известные способы получения ацильных производных гуанидов заключаются во взаимодействии последних с алкиловыми эфирами карбоновых кислот, их ангидридами или галогенангидридами в органическом растворителе. Недостатками указанных способов является использование дорогостоящих, труднодоступных реактивов, токсичных растворителей (пиридин), а также длительность процесса (24 часа).

Нами получено соединение общей формулы:



Сущность описываемого метода получения заключается в том, что аминогруппу гидрохлорида метформина подвергали взаимодействию с пальмитиновой кислотой ($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$) при температуре 65-70⁰ С в присутствии 20-22% олеума в качестве конденсирующего агента [2].

Материалы и методы.

К смеси состоящей из 15,6 ммоль пальмитиновой кислоты и 10 мл 20% олеума прибавляли порциями 15,0 ммоль гидрохлорида метформина при температуре 65-70⁰ С до полного растворения всех компонентов в течение 15 минут. Реакционную смесь охлаждали до комнатной температуры и выливали на кусок льда. Образовавшийся осадок отфильтровывали, отжимали на фильтре и суспендировали в охлажденном 25% растворе аммиака. Суспензию фильтровали, промывали на фильтре холодной водой. Высушенный при температуре 60-65⁰ С продукт, растворяли в 10% уксусной кислоте и подвергали очистной фильтрации. Фильтрат подщелачивали раствором аммиака до pH=7.5–8.0, промывали водой, высушивали. Температура плавления целевого продукта составила больше 80⁰ С.

В арсенале современных ингибиторов коррозии аминам отводится перспективная роль [3]. Механизм их действия обусловлен адсорбцией аминогруппы на поверхности металла и формированием защитных пленок. Способность метформина к комплексообразованию с d-элементами допускает такую возможность. Однако низшие амины с короткими углеродными цепями ($\text{C} < 5$) хорошо растворимы в воде, что ограничивает их защитные свойства во влажной среде, а также в технологических водных растворах.

Банк современных ингибиторов коррозии включает высшие амины с длинными углеродными цепями ($\text{C} > 12$) или их смеси. Их синтезируют преимущественно из жирных кислот. Следует отметить, что насыщенные жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая), обладают антиадгезивными свойствами. Кроме того, они образуют на поверхности металла очаговые скопления (рисунок 2а), поэтому в чистом виде малопригодны для защиты от коррозии. Однако их соли широко используются как загустители консистентных смазок или как сиккативы.

Нами проведены лабораторные испытания антикоррозионной активности полученного продукта с использованием образцов Ст3. При нанесении расплавленного N-ПМФ на очищенные сухие образцы поверхность металла в течение нескольких секунд покрывалась сплошным, плотным слоем (рисунок 2б).

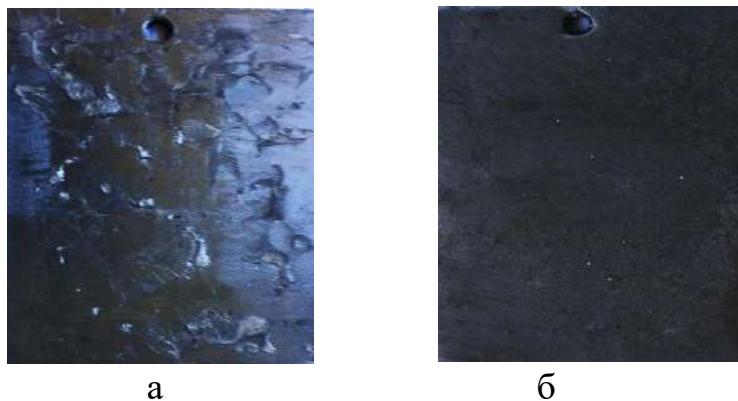


Рисунок 2. Образцы Ст3, покрытые расплавом пальмитиновой кислоты (2а); расплавом N-пальмитойлметформина (2б).

Обнаруженный эффект выявляет дифильные свойства N-ПМФ: вероятно, полярные (метформиновые) фрагменты молекул создают адгезионную связь со стальной поверхностью, а неполярные остатки жирных кислот формируют равномерный водоотталкивающий слой на металле.

Образцы Ст3, покрытые расплавом N-ПМФ, испытывались в условиях атмосферной коррозии при относительной влажности 79% и температурном режиме от +3 до -14°C в течение 30 дней. Следов коррозии на опытных образцах не зафиксировано. Поверхность контрольных образцов покрылась слоем ржавчины на 30% через 144 часа от начала опыта. Защитный эффект N-ПМФ выявлен также при экспозиции образцов Ст3 в течение 96 часов в солевом тумане (5% раствор NaCl) при температуре $24-25^{\circ}\text{C}$.

Заключение. Получено новое вещество – N-пальмитойлметформин путем оптимизации способа ацилирования – увеличения скорости реакции в обычных условиях с использованием недорогих и доступных реагентов. Полученное амфифильное вещество (N-ПМФ) сочетает два важнейших свойства эффективных ингибиторов коррозии – сильную адгезию к поверхности Ст3и образование водоотталкивающего слоя. Зафиксирован антикоррозионный эффект покрытия из N-пальмитойлметформина на образцах Ст3 в лабораторных испытаниях на солевой туман и в естественных условиях при значительных колебаниях температуры и конденсации влаги.

Список литературы:

1. Физио-химические свойства и методы определения метформина гидрохлорида (Обзор) / Е. Б. Полякова [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2021. – Т.55, №10. – С.59–64.
2. Кравченя Н.А., Соколов К.Н., Пыжик Т.Н. Способ получения моно-N-ациламиногуанидинов // Патент РБ №12428/23.12.2005
3. Кузнецов Ю. И. Органические ингибиторы атмосферной коррозии металлов / Ю. И. Кузнецов // Вестник ТГУ. 2013. – Т. 18, № 5. – С.2126–2131.

Салина В.А. (Екатеринбург, ИМЕТ УрО РАН, УГГУ)
 Байсанов С.О. (Караганда, ХМИ им. Ж. Абишева)
 Толоконникова В.В. (Караганда, ХМИ им. Ж. Абишева)
 Алексеенко А.А. (Челябинск, ООО «МетЛаб»)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ФЕРРОСПЛАВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ СТАЛИ

Повышение качества металлопродукции служит основным вектором развития сталеплавильной промышленности. Модифицирование и легирование стали являются наиболее экономически выгодными, высокоэффективными методами воздействия на формирование структуры слитков, улучшая их потребительские характеристики [1, 2].

Наиболее востребованными для этой цели являются ферросплавы, содержащие барий, как перспективного элемента с уникальным комплексом физических и физико-химических свойств (растворимость в жидком $1.22 \cdot 10^{-4}$ ат.% при $T=1600\text{K}$; относительная модифицирующая способность $69.86 \cdot 10^5$; $T_{\text{пл Ba}}=983\text{K}$; $T_{\text{кип Ba}}=1910\text{K}$ [3]; теплота взаимодействия с железом 212 кДж/моль; энтальпия растворения 300 кДж/г-ат при $T=1700\text{K}$). Но процесс получения комплексных барийсодержащих ферросплавов с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии недостаточно изучен.

На основе результатов детального изучения термодинамически-диаграммного анализа оксидной $\text{BaO-SiO}_2\text{-MnO-FeO}$ и металлической Ba-Si-Mn-Fe систем, лабораторных исследований и крупно-лабораторных испытаний нами разработана технология получения комплексного барийсодержащего сплава на основе марганца из минерального сырья бесшлаковым карботермическим способом. Запатентованный способ получения сплава позволил объединить процессы получения силикомарганца, силикобария и ферросилиция воедино [4].

Химический состав шихты приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика шихтовых материалов

Рудные материалы	Содержание компонентов, масс. %										
	Mn_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	BaO	P_2O_5	SO_3	W	П.п.п
Марганцевая руда Мынарал	71,67	0,70	8,35	1,25	2,21	1,35	-	0,11	0,82	0,4	7,75
Баритовая руда Жуманай	-	0,44	8,54	0,4	2,91	0,046	48,85	н/о	25,50	0,1	0,52
Кварцит Тектурмас	-	0,66	97,05	0,76	0,77	н/о	-	0,03	н/о	0,12	-
Углеродистый восстановитель	Технический анализ, %				Химический состав остатка золы, масс. %						
	$\text{C}_{\text{ТВ}}$	A^{P}	$\text{V}_{\text{общ}}$	W^{a}	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3
Кокс КНР	82,70	11,83	2,90	2,57	9,61	49,57	23,02	7,01	2,07	0,37	2,80
Примечание: н/о – не определено.											

Опытные плавки проводили в рудно-термической электропечи мощностью трансформатора 200 кВ·А при вторичном напряжении $U=24$ В и силе тока $I=180-190$ А с периодической загрузкой шихтовых материалов. Печь оснащена графитированным электродом $\varnothing 150$ мм и проводящей подиной. Пробы выплавленных слитков подвергли химическому анализу (табл. 2). Плотность ферросплава определяли расчетным способом.

Таблица 2 – Химический состав комплексного ферросплава

№ п/п	Содержание элементов, мас. %									Вес сплава, кг	ρ сплава, г/см ³	Вес шлака, кг	Кратность шлака
	Mn	Si	Ba	Ca	Mg	C	Fe	S	P				
1	56,17	35,28	1,56	0,79	0,12	0,71	1,60	0,019	0,044	7,2	5,20	1,0	0,14
2	49,37	38,35	3,98	0,68	0,19	0,60	1,89	0,021	0,046	3,9	4,88	-	-
3	45,10	39,45	4,06	0,69	0,19	0,56	4,96	0,024	0,042	5,6	4,83	1,0	0,18
4	50,21	35,85	5,02	0,62	0,19	0,56	1,63	0,021	0,034	6,6	4,90	0,45	0,068
5	48,51	36,57	5,32	0,62	0,17	0,67	2,12	0,019	0,043	7,2	4,84	2,7	0,38
6	41,70	35,28	6,70	0,82	0,14	0,46	11,62	0,023	0,034	6,9	5,11	0,4	0,058
7	42,55	37,30	8,12	0,94	0,19	0,52	5,89	0,023	0,027	6,9	4,82	1,4	0,20
8	37,44	43,17	10,84	0,84	0,11	0,71	3,15	0,035	0,042	4,15	4,46	0,9	0,22

Содержание бария в ферросплаве определяли гравиметрическим методом [5]. Выпавший в осадок $BaSO_4$ (рис. 1) очищали и прокаливали (рис. 2). На рис. 3 представлен ферросиликомарганец с 10,84% Ba, выплавленный по разработанной технологии.



Рис. 1 Осадок $BaSO_4$ при проведении анализа сплава



Рис. 2 Прокаленный, очищенный $BaSO_4$



Рис. 3 Ферросиликомарганец с 10,84 % Ba

В условиях предприятия ООО «Лаборатория специальной металлургии» (г. Челябинск) были проведены лабораторные испытания технологии выплавки стали марки типа A14 с использованием ферросиликомарганца с 10,84% Ba в вакуумно-индукционной печи VSG 30A. Химический состав штанги стали, масс. %: 0,38 Mn; 0,04 Si; 0,06 Al; 0,084 C; 0,02 S; 99,42 Fe. Для получения стали заданного состава в дозатор помещали добавочные материалы в следующем порядке: C, Mn_{мет} (97% Mn), S. Ферросплав помещали на дно изложницы, предназначенную для разлива металла. Печь плотно закрывали, откачивали воздух и включали. Пробу металла отбирали кварцевым пробоотборником. Охлаждение слитка осуществляли в среде аргона в течение 3 ч, а затем на воздухе. Выплавленный слиток стали подвергли спектральному атомно-эмиссионному анализу. Состав стали, масс. %: 0,104 C; 1,32 Mn; 0,071 Si; 0,012 Ba; 0,3 S; 0,0085 P; 0,052 Cr; 0,045 Ni; 0,005 Mo; 0,003 W; 0,0009 Ti; 0,042 Cu; 0,013 Al; 0,005 V; 0,003 Nb; Fe - остальное.

Состав неметаллических включений в полученном слитке определили на растровом электронном микроскопе JSM-646OLV, оснащенном программным обеспечения «INCA» фирмы «Oxford Instruments» (табл. 3).

Таблица 3 – Спектры неметаллических включений, вес. %

Спектры	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Ti	Mn	Fe	Ba	Итого
Спектр 16	29.61	0.51	23.22	0.61	6.72			16.01	8.17	15.15	100.00
Спектр 17	32.57	0.75	27.45	1.08	1.94			9.02	5.72	21.47	100.00
Спектр 18	3.79		1.85	1.36	22.32			41.74	24.64	4.30	100.00
Спектр 19			0.72	0.46	27.30		0.70	53.16	17.66		100.00
Спектр 20	17.68		13.61	1.48	12.39			29.71	11.94	13.20	100.00
Спектр 21	25.92	0.57	21.92	0.66	3.37			10.16	23.87	13.53	100.00
Спектр 22	19.84		19.52	2.03	4.06	1.55		17.76	8.59	26.64	100.00

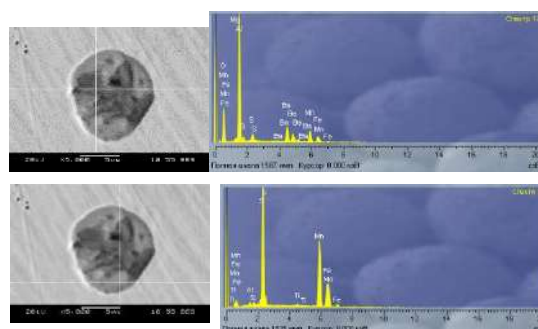


Рис. 4 Неметаллическое включение и спектры его фазовых составляющих (№ 17 и № 19, табл. 3)

Из рисунка 4 видно, что типичное по составу включение состоит из ядра на основе системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-BaO}$, с примесью SiO_2 , и оболочки MnS . Подобные оксиды в оболочке MnS преобладали в исследованном металле (спектры № 16, 17, 20–22), но также присутствовали сульфиды MnS (спектры № 18 и 19). Размер включений – преимущественно ≤ 5 мкм, форма – глобулярная.

Таким образом установлено, что переход Ba в сплав определяется сопутствующим процессом восстановления Si. Определено, что для получения сплава с 1,5% Ba отношение $\text{Si}/(\text{Mn}+\text{Fe}) = 0,6$; для сплава с содержанием 10,84 % Ba – 1,1. Показана практическая возможность применения ферросиликомарганца с 10,84% Ba для выплавки стали марки типа А14. Ферросплав позволяет обеспечить образование в стали дисперсных глобулярных барийсодержащих оксисульфидных включений, обеспечивающих высокую обрабатываемость стали резанием.

Авторы выражают благодарность к.х.н. Сударикову М.В. и к.х.н. Самойловой О.В. за проведение спектрального атомно-эмиссионного анализа, выполненного с использованием оборудования «ЮУрГУ (национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск, РФ).

Работа выполнена по государственному заданию ИМЕТ УрО РАН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г., Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. – М.: Металлургия, 1986, 272 с.
2. Рябчиков И.В., Ахмадеев А.Ю., Андреев В.В. Металлургические способы улучшения эксплуатационных свойств российских рельсов // Сталь. 2011. № 1. – С. 25-27.
3. Термодинамические константы веществ. Справочник / Под ред. В.П. Глушко. – М.: Наука, 1979. IX.574 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОКСОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Производство высокоуглеродистого феррохрома (ВУФХ) является важнейшим направлением ферросплавной промышленности, обеспечивающим получение легирующих компонентов для нержавеющей сталей [1]. Ключевую роль в процессе выплавки играет углеродный восстановитель, свойства которого существенно влияют на эффективность восстановления, энергозатраты и качество конечного продукта [2].

В настоящее время широко используются импортные коксы с высокими эксплуатационными характеристиками, однако их высокая стоимость и зависимость от поставок увеличивают себестоимость производства [3]. В связи с этим актуальной задачей является поиск альтернативных отечественных восстановителей, способных обеспечить сопоставимые технологические показатели [4].

В рамках настоящего исследования были получены углеродные восстановители отечественного производства с заданными свойствами. На втором этапе проведена оценка их пригодности при выплавке ВУФХ с целью определения возможности замены импортных коксов.

Целью работы является исследование эффективности использования отечественных углеродных восстановителей в производстве высокоуглеродистого феррохрома и оценка их влияния на основные технологические показатели процесса.

Серия испытаний проводилась на рудно-термической печи, оснащённой понижающим печным трансформатором мощностью 300 кВА (НДК-300). Печь оборудована двухфазной системой питания, при которой электрический ток через медную короткую сеть подаётся на электроды [5].

Вторичное напряжение регулировалось в диапазоне 18-50 В (шесть ступеней), при этом сила тока на высокой стороне достигала 789 А, а на низкой стороне – до 6 кА.

В качестве базовых шихтовых материалов использовались: хромовая руда крупностью 10-160 мм, кварцит фракции 5-25 мм, агломерат крупностью 5-100 мм и окатыши размером 6-12 мм.

В качестве углеродистых восстановителей в работе были исследованы следующие материалы:

1. Среднетемпературный кокс АО «Шубарколь Комир»;
2. Коксовый орешек ПАО фракции 10-25 мм;
3. Уголь АО «ЕЭК» (10-80 мм);

4. Полукокс Ленинск-Кузнецкого месторождения;
5. Кокс ТОО «AsiaFerroAlloys»;
6. Уголь АО «Шубарколь Комир» фракции 50-150 мм;
7. Высокотемпературный кокс (партия 1);
8. Высокоомный кокс;
9. Низкотемпературный кокс (фр. +10 мм);
10. Высокотемпературный кокс (фр. +10 мм).

Таблица 1 – Основные технико-экономические показатели выплавки высокоуглеродистого феррохрома на печи 300кВА с использованием разных углеродистых восстановителей

Вариант шихты	Производительность, кг/сут	Уд. расход эл.эн. кВт*час/т	Излучение хрома, %	Кратность шлака	Уд. расход восстановителей/т ВУФХ	Уд. расход ЕЭК/т ВУФХ
Вариант №1 - Базовый вариант с использованием орешка коксового ПАО «Кокс» фр.10-25 мм	259,2	7322	71,94	1,13	328,2*/287,2**	164,1
Вариант №2 - Базовый вариант с использованием орешка коксового ТОО «Asia FerroAlloys» фр.10-25 мм	272,9	7409	72,17	1,14	283,7*/279,3**	159,6
Вариант №3 - Орешек коксовый ТОО «Asia FerroAlloys» фр. 10-25 мм	160,7	7881	41,7	1,09	636,1	174,2
Вариант №4 - Кокс среднетемпературный АО «Шубарколь Комир» фр.10-25 мм с влажностью 9%	234,0	7216	70,7	1,11	579,5	153,8
Варианты №5 и 7 - Кокс высокоомный ТОО «Казметкокс» фр.10-25 мм	260,0	7027	67,0	1,06	587,6	130,2
Вариант №6 и 8 - Кокс высокотемпературный ТОО «Казметкокс» фр.10-25 мм	245,3	6424	71,4	1,11	498,4	151,9
* - расход орешка коксового; ** - расход Кокса среднетемпературного АО «Шубарколь Комир»						

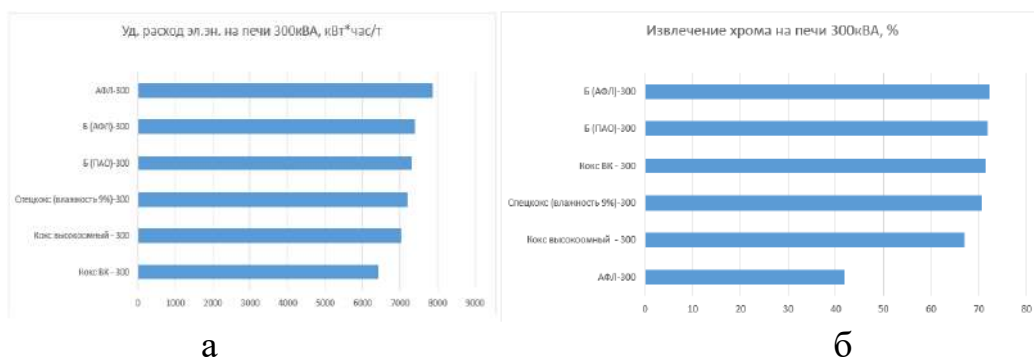


Рисунок 1 – Сравнение удельных расходов электроэнергии (а) и извлечения хрома (б) при использовании разных углеродистых восстановителей

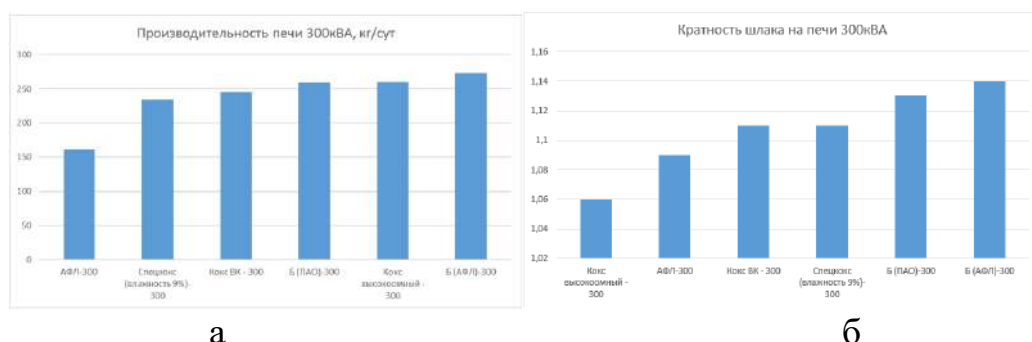


Рисунок 2 – Изменение производительности печи (кг/сутки) (а) и кратность шлака (б) при использовании разных углеродистых восстановителей за весь период испытаний

Заключение:

1. Проведенные испытания на печи 300кВА показали принципиальную возможность полной замены импортных углеродистых восстановителей на отечественные восстановители при выплавке высокоуглеродистого феррохрома.

2. Согласно данным таблицы 1 видно, что наилучшие технико-экономические показатели по выплавке высокоуглеродистого феррохрома получены при использовании коксов из шубаркольского угля. Это связано с их более высокой реакционной способностью и удельным электросопротивлением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Гасик М.И. Справочник по ферросплавам: теория и технология. – М.: Металлургия, 2013. – 784 с.
2. Олсен С.Э., Тангстад М., Линдстад Т. Производство ферросплавов. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2009. – 336 с.
3. Барати М., Йохансен С.Т. Электрическое сопротивление углеродных материалов, используемых в руднотермических печах // *Metallurgical and Materials Transactions B*. – 2007. – Т. 38. – № 3. – С. 347-358.
4. Сафарян Ж., Колбейнсен Л. Энергопотребление при производстве ферросплавов // *Energy*. – 2016. – Т. 95. – С. 354-362.
5. Кавурас П., Цакиридис П.Э. Использование альтернативных сырьевых материалов при производстве феррохрома // *Minerals Engineering*. – 2012. – Т. 34. – С. 78-83.

ВЛИЯНИЕ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩЕЙ МОДИФИКАЦИИ НА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОКСА

В электротермических процессах металлургии важным параметром углеродных восстановителей является их удельное электрическое сопротивление (УЭС), которое влияет на электрический режим руднотермических печей, глубину погружения электродов и распределение температуры в шихтовом столбе [1,2]. Электрические свойства углеродных материалов определяются структурой углеродной матрицы, степенью графитизации, пористостью и минеральным составом [3].

Одним из перспективных способов регулирования УЭС является поверхностная модификация кокса диэлектрическими соединениями. Кремнеземные покрытия способны увеличивать контактное сопротивление между частицами углеродного материала и тем самым повышать общее сопротивление насыпного слоя [4].

Целью работы является исследование влияния кремнеземсодержащей модификации на высокотемпературное удельное электрическое сопротивление кокса из углей Шубаркольского месторождения.

Методика исследования

В качестве сырья использовали каменный уголь Шубаркольского месторождения. После дробления и отсева выделяли фракцию 10–25 мм. Получение кокса проводили на полупромышленной установке методом высокоскоростного термоокислительного пиролиза при температуре 750–850 °С.

На первом этапе был получен высокотемпературный кокс. На втором этапе часть материала обрабатывали эмульсией на основе микросилики ($\text{SiO}_2 \geq 95\%$), формирующей на поверхности частиц тонкую кремнеземную плёнку.



а)



б)

Рисунок 1 – Полученная партия кокса высокотемпературного (а) и высокотемпературного (б)

Удельное электрическое сопротивление определяли на установке на базе печи Таммана по методике В.И. Жучкова при нагреве образцов фракции 3–6 мм в диапазоне температур 50–1200 °С.

Результаты и обсуждение

Установлено, что удельное электрическое сопротивление коксов снижается с ростом температуры во всём исследованном диапазоне. Это связано с увеличением электропроводности углеродной матрицы и ростом степени структурной упорядоченности углерода.

Выделены три характерные температурные области изменения УЭС. В диапазоне 50–400 °С происходит удаление влаги и летучих компонентов. В интервале 400–800 °С наблюдается наиболее интенсивное снижение сопротивления вследствие термодеструкции органической части. При температурах выше 800 °С увеличение степени графитизации приводит к дальнейшему снижению сопротивления.

Сравнение образцов показало, что кокс, модифицированный микросиликой, обладает значительно более высоким УЭС. При температуре 50 °С сопротивление высокоомного кокса составляет около 68 Ом·см, тогда как для немодифицированного кокса — около 15 Ом·см. В диапазоне 50–300 °С различие составляет 3,5–4,5 раза, при 800 °С — около 1,7–1,8 раза, а при 1200 °С — 1,4–1,5 раза.

Повышение сопротивления объясняется формированием кремнеземной диэлектрической плёнки на поверхности частиц кокса, увеличивающей контактное сопротивление и частично разрывающей углерод-углеродные электрические контакты.

Заключение

Установлено, что удельное электрическое сопротивление коксов из углей Шубаркольского месторождения снижается с ростом температуры в диапазоне 50–1200 °С. Показано, что поверхностная кремнеземная модификация существенно повышает электрическое сопротивление кокса во всём исследованном температурном интервале. Полученные результаты подтверждают перспективность применения микросилики для регулирования электрических свойств углеродных восстановителей в электротермических металлургических процессах.

Список использованных источников:

1. Iddrisu Seidu, Mukul Bajpai, Erhan Gengec. *Advances in Magnéli phase Ti4O7 materials for water and wastewater treatment: synthesis, fabrication, and future perspectives*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. Volume 154, 25 February 2026, Pages 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.06.037>
2. Rauf Hurman Eric. *Production of Ferroalloys*. Treatise on Process Metallurgy (Second Edition). Volume 3: Industrial Processes 2024, Pages 415-453. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85373-6.00020-X>
3. Krystian Sokolowski, Maciej Gubernat. *Infiltration of macroporous carbon materials with silicon oxycarbide modified by carbon nanotubes*. Ceramics International, Volume 48, Issue 4, 15 February 2022, Pages 4614-4625. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.10.248>
4. Hee Hwan Kim, Jonghyun Jeon, Harim Weon, Kyoung-Su Ha. *Design of hollow sphere MCM-22 zeolite with minimal extraframework Al and its enhanced aromatization and regeneration capability*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 10 October 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.10.002>

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Лазерное излучение при воздействии на поверхность обрабатываемого материала позволяет осуществлять быструю и дозированную передачу большого количества энергии. Возможность столь интенсивного подвода энергии к материалу определяет локальность тепловых и связанных с ними иных физических процессов.

Модификация свойств материалов лазерным излучением физически сводится к локальным тепловым воздействиям. Следовательно, она определяется теплофизическими параметрами материала, плотностью мощности и временем воздействия излучения — в целом, количеством удельной энергии, поглощенной материалом, и скоростью ее диссипации. Структура слоя, упрочненного лазерным излучением, характеризуется высокой твердостью и пониженной химической активностью; при этом изменяются механические свойства, жаропрочность, а также величина и характер распределения остаточных напряжений. В последнее время широкое внедрение имеет практика лазерного легирования покрытий.

Ранее нами было показано, что процесс диффузии в тонком твердом слое зависит от его поверхностной энергии. В данной работе мы рассматривали влияние лазерного излучения на легирование покрытий и на поверхностную энергию нанесенных покрытий в соответствии с нашей работой.

Методика эксперимента. Мы использовали лазерное легирование готовых нанокристаллических покрытий. Покрытия наносились на сталь 12Х18Н10Т путем распыления катодов $\text{AlFe}_{0.43}$ методом магнетронного осаждения (или ионно-плазменным методом).

В качестве источника лазерного излучения использовался лазер на алюмоиттриевом гранате с неодимом ($\lambda=1064$ нм). Длительность вспышки ламп накачки лазера, работающего в режиме свободной генерации, составляла 10^{-3} с. Энергия лазерного импульса составляла 1 Дж, а частота следования импульсов регулировалась в диапазоне от 0,1 до 35 Гц.

Электронно-микроскопические исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе TESCAN MIRA 3. Система рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (Oxford Instruments) позволяет локально определять элементный состав на поверхности образца. Поверхностная энергия измерялась по известной методике 3D-изображение покрытий $\text{AlFe}_{0.43}$ было получено на атомно-силовом микроскопе (АСМ) NT-206, микротвердость — на приборе HVS-1000.

Результаты эксперимента. На рисунке 1 представлено 3D-изображение покрытий $\text{AlFe}_{0.43}$, полученное на NT-206, а на рисунке 2 - изображение, полученное с помощью сканирующей электронной микроскопии.

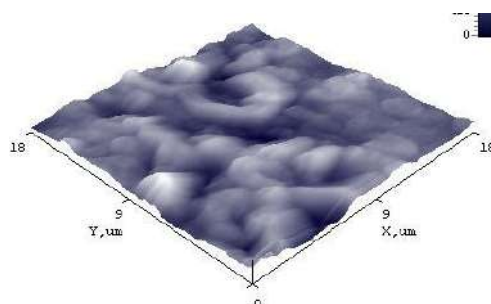


Рисунок 1 — 3D-изображение покрытия $\text{AlFe}_{0.43}$

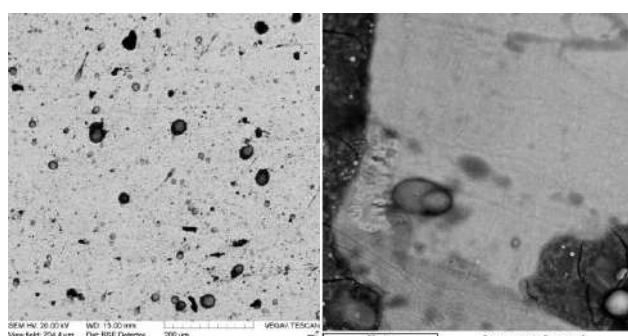


Рисунок 2 — Электронно-микроскопическое изображение покрытия $\text{AlFe}_{0.43}$: до лазерного облучения (а) и после лазерного облучения (б)

Ранее нами было показано, что процесс диффузии в тонком твердом слое зависит от его поверхностной энергии. В данной работе основное внимание было уделено влиянию лазерного излучения на лазерное легирование покрытий и на поверхностную энергию нанесенных покрытий.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Шибкова, Д. З. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем / Д. З. Шибкова, А. В. Овчинникова // *Успехи современного естествознания*. – 2015. – №. 5.
2. О.С. Островский, Е.Н. Одаренко, А.А. Шматько / *Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн* // ФИП. ФИП. PSE, 2003, том 1, № 2, -vol. 1, -№ 2.
3. Лыньков, Л. М. и др. Новые материалы для экранов электромагнитного излучения / Л. М. Лыньков // *Доклады БГУИР*. – 2004. – Т. 2, №. 5. – С. 152–167.
4. Боруш, В. А. Электромагнитные излучения. Метод и средства защиты / В. А. Боруш, Т. В. Борботько, А. В. Гусинский и др.; под ред. П. М. Лынькова. – Мн., 2003. – 398 с.

ГАЗОТЕРМИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН ҚАЛЫПТАСТЫРЫЛАТЫН ФУНКЦИОНАЛДЫ-ГРАДИЕНТТІ ЕКІ ҚАБАТТЫ ЖАБЫНДАР НЕГІЗІНДЕ БӨЛШЕКТЕРДІҢ ПАЙДАЛАНУ ҚАСИЕТТЕРІН ЖОҒАРЫЛАТУ

Қазіргі таңда машина жасау, энергетика және металлургия салаларының қарқынды дамуы бөлшектер мен тораптардың жұмыс істеу жағдайларының күрделенуімен сипатталады. Жоғары механикалық жүктемелер, агрессивті орталардың әсері, температуралық ауытқулар және қарқынды тозу бұйымдардың мерзімінен бұрын істен шығуына әкеледі. Осыған байланысты материалдардың пайдалану қасиеттерін арттыру, әсіресе олардың беткі қабатын жетілдіру арқылы, өзекті ғылыми-техникалық мәселелердің бірі болып табылады.

Бөлшектердің беткі қабаты олардың жұмыс қабілеттілігін анықтайтын негізгі аймақ болып табылады, себебі барлық негізгі эксплуатациялық әсерлер дәл осы қабатқа түседі. Қазіргі таңда беткі қабатты жақсартудың тиімді әдістерінің бірі – газотермиялық бүрку әдісі. Бұл технология негізгі материалдың құрылымын айтарлықтай өзгертпей, қажетті физика-механикалық қасиеттері бар жабындарды қалыптастыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ол күрделі геометриялы бөлшектерге жабын жағуға мүмкіндік беретін әмбебап әрі өнімді әдіс болып табылады.

Дегенмен, бір қабатты жабындар әрдайым қажетті қасиеттердің толық кешенін қамтамасыз ете алмайды. Мысалы, жоғары тозуға төзімді материалдар көбінесе негізбен әлсіз байланысады, ал адгезиясы жоғары жабындар жеткілікті деңгейде тозуға немесе коррозияға төзімді болмауы мүмкін. Бұл көпқабатты жабындарды қолдану қажеттілігін туындатады, онда әрбір қабат белгілі бір функцияны атқарады.

Осы жұмыста функционалды-градиентті екі қабатты газотермиялық жабындарды қалыптастыру тәсілі қарастырылады. Төменгі қабат (астыңғы қабат) негізгі материал мен жұмысшы жабын арасындағы өтпелі қабат ретінде қызмет атқарады. Оның негізгі міндеттері – жоғары адгезияны қамтамасыз ету, қалдық кернеулерді төмендету және материалдардың жылулық кеңею коэффициенттерінің айырмашылығын теңестіру. Жоғарғы қабат бөлшектің жұмыс беті болып табылады және оның тозуға төзімділігі, коррозияға тұрақтылығы және термиялық беріктігі сияқты негізгі пайдалану қасиеттерін анықтайды.

Функционалды-градиентті құрылым жабын қалыңдығы бойынша материал құрамының біртіндеп өзгеруі арқылы қалыптасады. Градиентті құрылым кернеулердің біркелкі таралуына ықпал етіп, жабынның термиялық және механикалық әсерлерге төзімділігін арттырады.

Екі қабатты жабындарды қалыптастыру технологиясы бірнеше кезеңнен тұрады: бетті дайындау, астыңғы қабатты жағу және жұмыс қабатын қалыптастыру. Бетті дайындау аса маңызды кезең болып табылады және механикалық өңдеуді, сондай-ақ абразивтік тазалауды қамтиды. Бұл қажетті кедір-бұдырлықты қалыптастырып, жабынның негізбен байланысын жақсартады. Сонымен қатар, бүрку параметрлері — ағын температурасы, бөлшектердің жылдамдығы, бүрку қашықтығы және газ ортасының құрамы — жабын құрылымына елеулі әсер етеді.

Жабынның микроструктурасы бүрку процесінде балқыған бөлшектердің тез салқындауы нәтижесінде қалыптасады. Бөлшектер бетке соғылған кезде деформацияланып, «сплэттер» деп аталатын жазықталған тамшылар түзеді. Осы сплэттердің қабаттасуы нәтижесінде жабынның қабатталған құрылымы пайда болады. Кеуектілік деңгейі, сплэттердің өлшемі мен пішіні, сондай-ақ оксидтік қосындылардың болуы жабынның механикалық және пайдалану қасиеттерін анықтайды.

Екі қабатты жабындарды қолдану бұл параметрлерді тиімді басқаруға мүмкіндік береді. Астыңғы қабат жоғарғы қабаттың сапалы қалыптасуына жағдай жасап, ақаулардың пайда болу ықтималдығын төмендетеді және жабынның тығыздығын арттырады. Ал жоғарғы қабат жоғары қаттылық пен химиялық тұрақтылыққа ие материалдардан қалыптастырылып, тозудан және коррозиядан қорғауды қамтамасыз етеді.

Эксперименттік және әдеби деректерді талдау функционалды-градиентті екі қабатты жабындарды қолдану бөлшектердің тозуға төзімділігін бірнеше есе арттыратынын, үйкеліс коэффициентін төмендететінін және коррозиялық тұрақтылығын жоғарылататынын көрсетеді. Сонымен қатар, ішкі кернеулердің азаюы жабынның жарылу және қабыршақтану ықтималдығын төмендетеді.

Осылайша, функционалды-градиентті екі қабатты газотермиялық жабындарды қалыптастыру бөлшектердің пайдалану қасиеттерін арттырудың тиімді және перспективті бағыты болып табылады. Бұл тәсіл жабын құрылымын мақсатты түрде басқаруға және нақты пайдалану жағдайларына бейімделген материалдар алуға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Tejero-Martin D., Rezvani R.M., McDonald A., Hussain T. *Beyond traditional coatings: A review on thermal sprayed functional and smart coatings* // *Journal of Thermal Spray Technology*. – 2019. – Vol. 28, No. 4. – P. 598–644. DOI: 10.1007/s11666-019-00828-9
2. Saber-Samandari S., Berndt C.C. *Thermal spray coatings – A technology review* // *International Journal of Heat and Surface Engineering*. – 2010. – Vol. 3, No. 1. – P. 1–14. DOI: 10.1504/IJHSE.2010.029545
3. Pawlowski L. *The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings*. – 2nd ed. – Chichester: Wiley, 2008. – 626 p. DOI: 10.1002/9780470754085
4. Davis J.R. *Handbook of Thermal Spray Technology*. – Materials Park, OH: ASM International, 2004. – 338 p. DOI: 10.31399/asm.hb.v05
5. Sampath S., Herman H. *Rapid solidification and microstructure development in thermal spray coatings* // *Materials Science and Engineering: A*. – 1996. – Vol. 215, Issues 1–2. – P. 242–249. DOI: 10.1016/0921-5093(96)10350-0

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ЭКЗОГЕННОГО И ЭНДОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАСПЛАВ

В данной работе проведены лабораторные плавки стали, приближенной по химическому составу к марке 55X18Г14C2ТЛ с использованием стального скрапа одного типа массой 119 г. В качестве легирующих материалов применялись феррохром (Cr - 72,76%), ферромарганец (Mn - 35,54 %, Ti -9,12 %) и ферросилиций (Si-46,64 %).

Расчет шихтовки выполнялся исходя из требуемого приближения к химическому составу стали 55X18Г14C2ТЛ без предварительного задания итоговой массы плавки. Масса жидкого металла определялась по результату суммарного ввода компонентов шихты. При расчетах учитывались коэффициенты усвоения основных легирующих элементов, характерные для лабораторных индукционных плавов.

Плавка осуществлялась в лабораторной печи с последующим разливом расплава в формы, обеспечивающие получение четырех серий образцов.



Рисунок 1 – образец без воздействия



Рисунок 2 – образец с воздействием вибрации



Рисунок 3 – образец с магнитным воздействием



Рисунок 4 – образец с вибрационно-магнитным воздействием

Далее образцы подвергались последовательной подготовке поверхности. Шлифовка и полировка выполнялись с применением шлифовально-полировального станка Laborol, что обеспечивало

стабильность режимов обработки и высокое качество подготовленной поверхности. Микроструктурные исследования отливок проводились методом оптической металлографии с использованием инвертированного металлографического микроскопа Magus Metal V700.

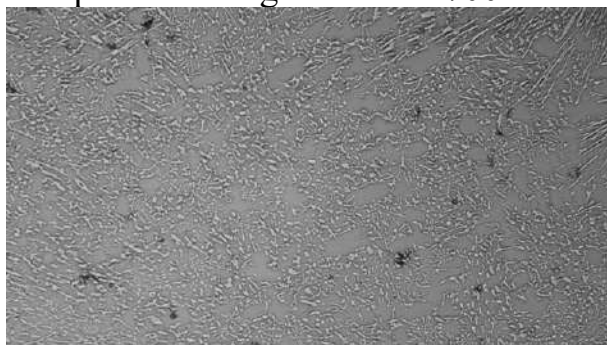


Рисунок 5 - Микроструктура стали без внешнего воздействия

Микроструктура характеризуется выраженной дендритной формой кристаллизации. Наблюдаются хорошо сформированные дендритные ветви с относительно крупными размерами и чётко выраженными границами. Дендриты имеют направленный характер роста, что типично для условий неуправляемого теплоотвода при затвердевании.

Междендритные пространства заполнены фазой, отличающейся по контрасту, что свидетельствует о ликвационных процессах и перераспределении легирующих элементов (Cr, Mn, Ti) в процессе кристаллизации. Отмечается неравномерность распределения структурных составляющих, характерная для литых сталей без модифицирующих воздействий. В структуре присутствуют отдельные неметаллические включения, локализованные преимущественно в междендритных областях. Также наблюдаются участки укрупнённых структурных элементов, что указывает на сравнительно низкую плотность центров кристаллизации.

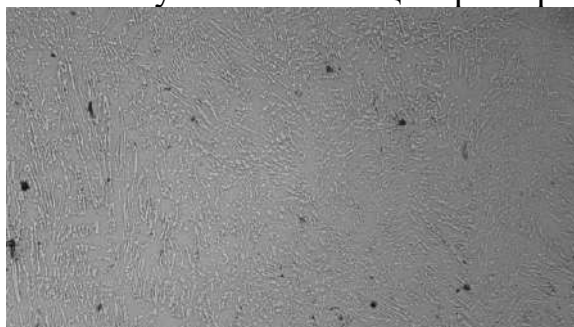


Рисунок 6 - Микроструктура стали при вибрационном воздействии в процессе кристаллизации

По сравнению с контрольным образцом структура характеризуется частичным измельчением дендритной морфологии. Дендритные ветви имеют более разорванный и фрагментированный характер, местами наблюдается их укорочение и потеря выраженной направленности роста.

Это свидетельствует о нарушении условий свободного роста дендритов под действием механических колебаний.

Отмечается увеличение количества мелких центров кристаллизации, что приводит к формированию более дисперсной структуры.

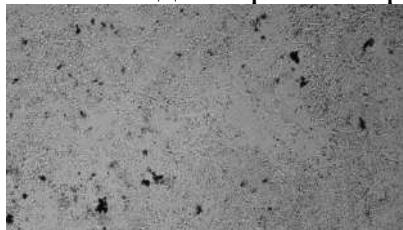


Рисунок 7 - Микроструктура стали при совместном воздействии магнитного поля и вибрации

Структура характеризуется наиболее выраженным измельчением по сравнению с ранее рассмотренными образцами. Дендритная морфология практически подавлена: вместо чётко выраженных дендритов наблюдается мелкодисперсная, слабоориентированная структура с размытыми границами. Формирование такой структуры свидетельствует о существенном увеличении числа центров кристаллизации и интенсивном разрушении формирующихся дендритов под действием вибрации, а также дополнительном влиянии магнитного поля на процессы конвекции и перераспределения компонентов в расплаве.

Междендритные области имеют более равномерный характер распределения, признаки ликвации выражены значительно слабее. Это указывает на улучшение условий массопереноса и выравнивание химического состава в процессе затвердевания.

Таким образом, использование комбинированных физических воздействий в процессе затвердевания расплава является эффективным инструментом управления структурой и потенциально позволяет улучшить эксплуатационные свойства высоколегированных сталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Касымов А.Н., Тлеубергенов Н.К., Аманбаев Р.Е. Модифицирование сталей в литейных формах: монография. - Алматы: Наука, 2021. - 228 с.
2. Николаев Ю.А. Теория и практика литейных процессов. - М.: Машиностроение, 2019. - 384с
3. Куанышев Б.Т. Металлургические основы модифицирования стали. - Караганда: КарТУ, 2022. - 196 с.
4. Дьяков Ю.М., Крюков А.Н. Влияние вибрационного воздействия на структуру и свойства литых сталей // *Литьё и металлургия*. - 2020. - №6. - С. 12–17.
5. Zhang H., Li J., Wang X. Structure Refinement by Electromagnetic Stirring in High-Alloy Steels // *Journal of Materials Processing Technology*. - 2020. - Vol. 286. - P. 116851.

Сәулебек Ж.Қ. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинов)
Махамбетов Е.Н. (Караганда, ХМИ им. Ж.Абишева)
Исагулов А.З. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинов)
Онуралп Юджел (Стамбул, СТУ)

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРЕДВОССТАНОВЛЕНИЮ ХРОМОВОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫМИ УГЛЕРОДИСТЫМИ ВОССТАНОВИТЕЛЯМИ

На базе Химико-металлургического института имени Ж. Абишева в муфельной печи марки SNOL были проведены лабораторные исследования по предвосстановлению хромового концентрата с различными углеродистыми восстановителями: уголь месторождения Шубарколь, кокс, спецкокс. Предвосстановительный обжиг проводился со смешиванием хромового концентрата по отдельности с углеродистыми восстановителями и обжиг при температурах 1200 и 1400 °С с временем выдержки 2, 4 и 6 часов.

Результаты исследований степени металлизации хромового концентрата при использовании различных углеродистых восстановителей показывают существенное влияние как температуры, так и времени выдержки. При температуре 1200 °С степень металлизации остается низкой и варьируется в пределах 1,46–5,13 %, увеличиваясь с ростом времени от 2 до 6 часов. Наибольшие значения при данной температуре достигаются при использовании спецкокса (до 5,13 %), тогда как для кокса и угля Шубарколь показатели составляют соответственно до 3,99 % и 2,84 %.

С повышением температуры до 1400 °С наблюдается резкий рост степени металлизации, достигающий 30,15–41,28 %. При этом также сохраняется тенденция увеличения степени металлизации с увеличением времени выдержки. Наиболее эффективным восстановителем во всех условиях является спецкокс, обеспечивающий максимальную степень металлизации (до 41,28 % при 1400 °С и 6 ч), тогда как кокс и уголь Шубарколь демонстрируют несколько более низкие значения (до 38,39 % и 35,13 % соответственно).

В целом установлено, что повышение температуры является определяющим фактором интенсификации процесса восстановления, тогда как увеличение времени выдержки оказывает дополнительное, но менее выраженное влияние. Эффективность восстановителей возрастает в ряду: уголь Шубарколь → кокс → спецкокс, что связано с более высоким содержанием фиксированного углерода и структурными особенностями последнего.

Результаты определения степени металлизации хромового концентрата приведена в таблице 7.

По полученным результатам химического анализа было решено провести анализ в сканирующем электронном микроскопе для исследования морфологии и распределения элементов в объеме предвосстановленного хромового концентрата. Исследование морфологии частиц предвосстановленного хромового концентрата проводился при увеличений 2000х в режиме детектирования обратно рассеянных электронов. В качестве сравнения были отобраны пробы из предвосстановленного материала с использованием в качестве восстановителя спецкокс при температуре обжига 1200 и 1400 °С и времени выдержки 6 часов, а также для сравнения приведены снимки хромового концентрата до предвосстановительного обжига (рисунок 6).



Рисунок 6 – Снимки СЭМ предвосстановленного хромового сырья с использованием в качестве восстановителя спецкокс: а – при 1200 °С с выдержкой 6 часов; б – при 1400 °С с выдержкой 6 часов

Таблица 8 – ЭДС анализ предвосстановленного хромового концентрата при температуре 1200 и 1400 °С с выдержкой 6 часов с использованием в качестве восстановителя спецкокса

Элементы	Спектр 1		Спектр 2	
	Температура предвосстановительного обжига, °С			
	1200	1400	1200	1400
	Содержание, масса %			
C	6,05	1,17	12,33	9,35
O	8,30	1,04	44,32	47,78
Mg	0,25	0,20	16,02	26,70
Al	0,06	0,28	7,64	13,89
Si	0,07	0,04	5,47	0,14
Cr	55,55	88,76	11,26	1,70
Fe	29,72	8,51	2,35	0,44
Mn	-	-	-	-
S	-	-	0,48	-
Ca	-	-	0,13	-
Всего	100	100	100	100

Как видно из рисунка 6а, исходный хромовый концентрат характеризуется плотной зернистой структурой с угловатыми частицами. Поверхность частиц сравнительно гладкая, что свидетельствует о низкой

реакционной способности материала в исходном состоянии. При повышении температуры до 1200 °С (Рисунок 6, б) на поверхности частиц хромового концентрата появляются светлые фазы губчатой морфологии в малом количестве, которая характерна для металлических частиц. Это подтверждает ЭДС: 55,55 % металлического Cr, 29,72 % Fe (Спектр 1), а в темных фазах (Спектр 2) содержание Cr показывает 11,26 % и 2,35 % Fe. Тогда как содержание Mg, Al, Si в светлых фазах (Спектр 1) не превышают и 0,3 %, а темных фазах (Спектр 2) показывает, %: 16,02, 7,64 и 5,47, соответственно. С повышением температуры с 1200 до 1400 °С извлечение металлического Cr от оксидных хромовых соединений увеличивается. На снимках СЭМ (Рисунок 6, в) можно заметить увеличение светлой фазы, которая почти полностью обволакивает частицу хромового концентрата. Спектральный анализ показывает, что процентное содержание металлического Cr повышается с 55 до 88 %, но содержание Fe падает с 29,72 до 8,51 %. Это можно объяснить повышением содержания хрома и пересчетом программного комплекса ЭДС. В темных фазах при температуре 1400 °С (Спектр 2) содержание Cr в оксидной части довольно низкая и составляет 1,7 %, железо 0,44 %.

В результате проведенных исследований установлено, что процесс предвосстановления хромового концентрата существенно зависит от температуры и в меньшей степени от времени выдержки. Повышение температуры с 1200 до 1400 °С приводит к резкому увеличению степени металлизации и формированию значительного количества металлической фазы. Наиболее эффективным восстановителем является спецкокс, обеспечивающий максимальные показатели металлизации.

Микроструктурные и ЭДС-исследования подтвердили, что с ростом температуры происходит интенсивное восстановление оксидов хрома с образованием металлического Cr, сопровождающееся увеличением доли светлой металлической фазы и снижением содержания оксидных компонентов. При температуре 1400 °С наблюдается практически полное обволакивание зерен концентрата металлической фазой, что свидетельствует о высокой степени восстановления.

Таким образом, оптимальные условия предвосстановления достигаются при температуре 1400 °С с использованием спецкокса, что обеспечивает эффективное извлечение хрома и формирование благоприятной структуры материала для последующих металлургических процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

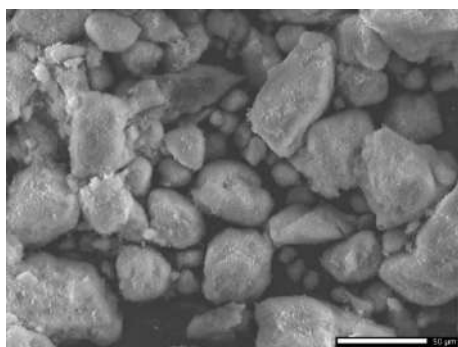
1. Akhmetov, A.; Zulhan, Z.; Sadyk, Z.; Burumbayev, A.; Zhakan, A.; Kabyllkanov, S.; Toleukadyr, R.; Saulebek, Z.; Ayaganova, Z.; Makhambetov, Y. Carbon-Free Smelting of Ferrochrome Using FeAlSiCa Alloy. *Processes* 2025, 13, 1745. <https://doi.org/10.3390/pr13061745>
2. Makhambetov, Y.; Kutzhanov, M.; Toleukadyr, R.; Myrzagaliyev, A.; Sadyk, Z.; Saulebek, Z.; Akhmetov, A. Utilization of Chromite Spinel Powder in the Metallothermic Smelting of Low-Carbon Ferrochrome. *Processes* 2025, 13, 2288. <https://doi.org/10.3390/pr13072288>
3. Shabanov, E.Z.; Saulebek, Zh.K.; Akhmetov, A.S.; Mukhtarkhanova, G.K. Smelting of high-carbon ferrochromium from pre-reduced chromite raw materials. *CIS Iron and Steel Review* 2024, 27, 15–19.

ТЕХНОГЕНДІК МИКРОСИЛИКАНЫҢ ФРАКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

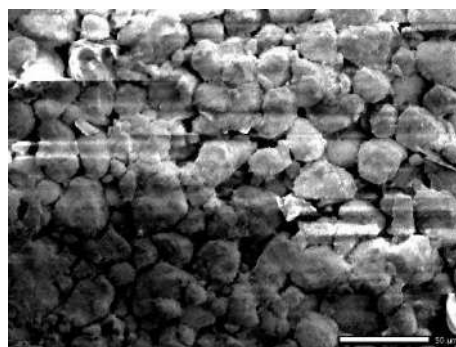
Қазіргі уақытта өнеркәсіптік қалдықтарды тиімді пайдалану және оларды құнды материалдарға айналдыру материалтану ғылымының өзекті бағыттарының бірі болып табылады. Осы тұрғыдан алғанда, кремний мен ферросилиций өндіру кезінде түзілетін микросилика ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Микросиликаның негізгі құрамдас бөлігі 90%-дан жоғары мөлшердегі аморфты кремний диоксиді (SiO_2) болып табылады. Аморфты құрылым материалдың жоғары реакциялық қабілеті мен дамыған меншікті бетінің қалыптасуына ықпал етеді. Оның меншікті бетінің ауданы 16-22 м²/г аралығында болады [1], бұл микросиликаны әртүрлі байланыстырғыш жүйелерде, композициялық материалдарда және құрылыс индустриясында перспективалы қоспа ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде кремний мен ферросилиций өндірісі кезінде технологиялық пештердің газдарын тазарту жүйесінде түзілетін микросилика алынды [2,3]. Тәжірибелік зерттеулер үшін 100 г микросилика ұнтағы «Retsch AS200 control» аналитикалық елеу машинасында стандартты електер жиынтығы арқылы 1 мм-ден 45 мкм-ге дейінгі және 45 мкм-ден төмен өлшемдік аралықтарда електен өткізілді. Әрбір фракция үшін електеу уақыты 10 минутты құрады. Нәтижесінде 45-63 мкм және 45 мкм-ден төмен фракциялар бөлініп алынды.



Сурет 1 – 45-63 мкм фракциясы бөлшектерінің морфологиясы, 500х



Сурет 2 – 45 мкм-ден төмен фракция бөлшектерінің морфологиясы, 500х

Бастапқы шикізаттың химиялық құрамы мен қосымша элементтер құрамы XRF әдісімен анықталды. Алынған фракциялардың морфологиясы

сканерлеуші электрондық микроскопия әдісімен «JEOL» фирмасының JSM-IT200 маркалы микроскопында зерттелді. 45-63 мкм аралығындағы фракция мен 45 мкм-ден төмен фракция бөлшектерінің СЭМ арқылы алынған кескіндері тиісінше 1 және 2-суреттерде келтірілген.

Фракциялардағы бөлшек өлшемдерінің таралуын сандық бағалау үшін 1 және 2-суреттер бойынша статистикалық талдау жүргізілді. Есептеу нәтижелері 1-кестеде берілген. Дисперсиялық талдау МемСТ 16269-6-2005 (ISO 16269-6:2003) талаптарына сәйкес орындалды.

Кесте 1 – Бастапқы материалдың микроқұрылымдық параметрлері

Параметрлер	Статистикалық талдау нәтижелері	
	45-63 мкм фракциясы	45 мкм-ден төмен фракциясы
Түйіршіктер саны	297	659
Түйіршіктердің орташа өлшемі, мкм	20,8	11,8
Орташа мәннен ауытқу, мкм	-37,7*	25
Түйіршіктердің ең үлкен өлшемі, мкм	67,3	40,7
Түйіршіктердің ең кіші өлшемі, мкм	1,9	1,1
Интервал, мкм	65,4	39,6
Дисперсия	16,0	7,5
Вариация коэффициенті, %	76,8	63,6

*зерттелетін аймақта кішірек өлшемді бөлшектердің көп болуымен түсіндіріледі

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Жүргізілген зерттеулер микросиликаның жоғары дисперсті техногендік материал екенін растады. Оның негізгі құрамдас бөлігі аморфты кремний диоксиді болғандықтан, материал жоғары реакциялық белсенділікпен сипатталады. Аморфты құрылым микросиликаның меншікті бетінің ұлғаюына және әртүрлі жүйелерде белсенді компонент ретінде қолданылуына ықпал етеді.

СЭМ арқылы алынған кескіндерді талдау 45-63 мкм және 45 мкм-ден төмен фракциялардың морфологиялық айырмашылықтарын көрсетті. 1-суретте 45-63 мкм фракциясында салыстырмалы түрде ірілеу және пішіні әртүрлі бөлшектер байқалса, 2-суретте 45 мкм-ден төмен фракция бөлшектерінің ұсақ, тығыз және біршама біркелкі орналасқаны көрінеді. Бұл ұсақ фракцияның жоғары дисперстілік дәрежесін көрсетеді.

1-кесте мәліметтері бойынша 45-63 мкм фракциясында зерттелген түйіршіктер саны 297, ал 45 мкм-ден төмен фракцияда 659 болды. Түйіршіктердің орташа өлшемі тиісінше 20,8 мкм және 11,8 мкм құрады. Ең үлкен бөлшек өлшемдері 67,3 мкм және 40,7 мкм, ал ең кіші өлшемдері 1,9 мкм және 1,1 мкм болды.

Орташа мәннен ауытқу 45-63 мкм фракциясында -37,7 мкм, ал 45 мкм-ден төмен фракцияда +25,0 мкм болды. Теріс мән 45-63 мкм фракциясында ұсақ бөлшектердің басым екенін және өлшемдердің сол жаққа ығысқанын көрсетеді. Ал 45 мкм-ден төмен фракциядағы оң және салыстырмалы түрде төмен ауытқу бөлшек өлшемдерінің біршама біркелкі таралғанын сипаттайды.

Дисперсиялық талдау нәтижелері бойынша 45-63 мкм фракциясында дисперсия 16,0, вариация коэффициенті 76,8% болды, бұл оның құрылымының айқын әртектілігін көрсетеді. Ал 45 мкм-ден төмен фракцияда бұл көрсеткіштер тиісінше 7,5 және 63,6% болды, яғни ұсақ фракция құрылымы анағұрлым біртекті.

Жалпы алғанда, екі фракцияда да бөлшектердің негізгі үлесі 1-20 мкм аралығында шоғырланған, ал 20 мкм-ден жоғары өлшемдерде олардың саны азаяды. Бұл материалдың меншікті бет ауданының артуына және реакциялық қабілетінің жоғарылауына ықпал етеді. Осылайша, 45 мкм-ден төмен фракция құрылымдық біртектілігі мен дисперстілігі жоғары болғандықтан, технологиялық тұрғыдан неғұрлым тиімді болып табылады.

Қорытынды

Кремний мен ферросилиций өндірісінен түзілетін техногендік микросиликаның фракциялық құрамы мен микроқұрылымдық ерекшеліктері зерттелді. Материалдың негізгі құрамдас бөлігі 90%-дан жоғары аморфты кремний диоксиді екені анықталды. Електеу нәтижесінде 45-63 мкм және 45 мкм-ден төмен екі негізгі фракция бөлініп алынды. СЭМ және статистикалық талдау нәтижелері 45 мкм-ден төмен фракцияның жоғары дисперстілікпен және салыстырмалы біртектілікпен сипатталатынын көрсетті. Осыған байланысты микросиликаны әртүрлі байланыстырғыш жүйелер мен композициялық материалдарда тиімді қолдануға болады.

Қаржыландыру: Осы мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылды (грант № AP25794423).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ

1. Туысхан К., Ахметова Г.Е., Ульева Г.А., Арбуз А.С., Толубаев К.С. Разработка электроизоляционных композиционных материалов на основе микрокремнезема // *Материаловедение*. – 2021. – № 8. – С. 27-30. DOI: <https://doi.org/10.31044/1684-579X-2021-0-8-27-30>
2. Nandhini K., Karthikeyan J. A review on sustainable production of self-compacting concrete utilizing industrial by-products as cementitious materials // *Innov. Infrastruct. Solut.*. – 2022. – 7. – 199. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00792-1>
3. Мункхтувшин Д., Балабанов В.Б., Пуценко К.Н. Опыт применения добавок микро- и наносилики из отходов кремниевого производства в бетонных технологиях // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. – 2017. Т.7, №3. – С. 107-115. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2017-3-107-115>

УДК 622.272.6.

Улмаганбетов Н.А. (Актобе, ERG «Research and Development»)

Исагулова Д.А. (Караганда, НАО «КарТУ имени А. Сагитова»)

Алмагамбетов М.С. (Актобе, ERG «Research and Development»)

Махамбетов Е.Н. (Караганда, ХМИ им. Ж. Абишева)

ПОДБОР СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭКСТРУЗИИ ХРОМОВОЙ МЕЛОЧИ

В металлургической промышленности в последнее время наблюдается устойчивая тенденция к увеличению объема образования мелкодисперсных материалов. Это связано как с ухудшением качества исходного сырья, так и с интенсификацией технологических процессов, сопровождающихся образованием пылей, шламов и мелких фракций при дроблении, обогащении и плавке.

Мелкие фракции, как правило, не могут напрямую использоваться в металлургических агрегатах из-за низкой газопроницаемости слоя, повышенного пылеобразования и ухудшения условий процесса. Это приводит к снижению эффективности плавки, увеличению расхода топлива и росту выбросов загрязняющих веществ.

В связи с этим особую актуальность приобретает задача окускования мелкодисперсных материалов, направленная на их возврат в технологический цикл. Применение методов агломерации, окомкования, брикетирования и экструдирования позволяет преобразовать мелкие частицы в более крупные и прочные куски с заданными физико-механическими свойствами. Это обеспечивает улучшение условий загрузки и плавки, повышение степени использования сырья и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время для окускования различных дисперсных материалов все более широкое применение в энергетике и металлургии находит технология жесткой экструзии. [1]. Метод жесткой экструзии характеризуется высокой производительностью и возможностью переработки ультрадисперсных фракций без необходимости обжига. Данная технология позволяет перерабатывать как сухое сырье, так и материалы с влажностью до 18% [2,3].

На Актюбинском заводе ферросплавов (далее АктЗФ) переработку пылей сухих газоочисток с целью их повторного вовлечения в металлургический передел выполняют на участке производства брэксов (далее УПБ). На этом участке методом жесткой вакуумной экструзии производят так называемые экструзионные брикеты (далее брэксы, рисунок 1).



Рисунок 1. Внешний вид брэксов

Производимая на УПБ продукция используется в качестве подшихтовки к основному хроморудному сырью при выплавке высокоуглеродистых марок феррохрома.

Одним из основных требований, предъявляемых к брэксу - новому компоненту шихты металлургических печей, является его механическая прочность, обеспечивающая сохранение целостности брэкса как на пути от фабрики брикетирования до загрузки в печь, так и при его дальнейшем участии в металлургическом переделе в качестве адекватной альтернативы агломерату или окатышам. [4]

В связи с этим, к брэксам предъявляются определенные требования по прочностным характеристикам. При перемещениях по всему технологическому процессу (начиная с УПБ и заканчивая плавильными печами) брэксы подвергаются многочисленным физическим и механическим воздействиям. Наиболее сильные воздействия на брэксы происходят при погрузочно-разгрузочных работах фронтальным погрузчиком, пересыпках на конвейерах при транспортировке с шихтового отделения на печные бункера и т.д.

Действующая технология производства брэксов предусматривает использование в качестве связующего материала бентонитового глинопорошка. Указанный материал широко применяется в черной металлургии как универсальное средство, обладающее одновременно вяжущими и пластифицирующими свойствами. Вместе с тем, использование бентонитового глинопорошка обуславливает обязательное наличие в технологической цепочке окускования сырья операций по сушке и обжигу. В противном случае достичь высоких показателей по прочностным характеристикам продуктов окускования невозможно. Соответственно, производимые на УПБ брэксы, где на участке не предусмотрена принудительная сушка, обладают низкими показателями прочности.

В сложившейся ситуации, перспективными направлениями решения проблемы качества брэксов может служить безобжиговое окускование с использованием связующих, обладающих свойствами самоупрочнения при сушке в естественных условиях. Другими словами, требуется связующий материал, обладающий помимо вяжущих и пластифицирующих свойств самоупрочняющимися качествами. На сегодняшний день существует

большой спектр связующих на полимерной основе, удовлетворяющих вышеуказанные свойства. Полимерные связующие обладают более высокими вяжущими (адгезионными) свойствами по сравнению с минеральными за счет образования прочных полимерных цепочек в составе формируемых смесей. Эти цепочки одновременно со склеиванием частичек между собой могут образовать некий внутренний полимерный каркас, обеспечивающий целостность и прочность брэксов.

На УПБ проведены работы по применению четырех видов связующих материалов, один из которых представляет собой бентонит, а остальные — полимерные связующие. Прочностные характеристики полученных брэксов представлены на рисунке 1.

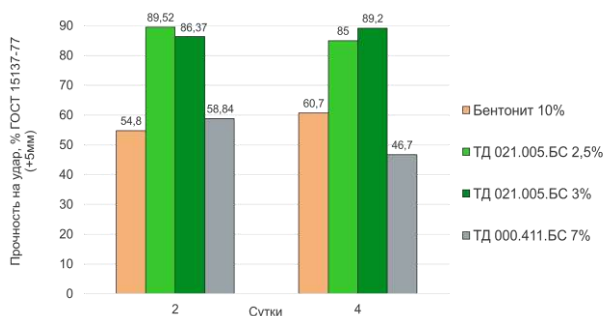


Рисунок 1. Прочностные характеристики брэксов

Заключение

1. По результатам работы определено, что с технологической точки зрения наиболее оптимальным связующим материалом для производства брэксов является полимерное связующее ТД 021.005.БС при расходе 2,5-3%;

2. В отличие от бентонита, данная добавка является полимерным органическим связующим, которая при переплаве в плавильных печах сгорает, не происходит разубоживание по основному элементу, не влияет на количество и состав шлака.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Мадыгина Л. Ю., Тырцева К. Е., Олейникова Л. Н., Горбунов А. В. ПРОИЗВОДСТВО ЭКСТРУЗИОННЫХ БРИКЕТОВ НА ОСНОВЕ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, 2016. 202 с.
2. Bizhanov, A.M.; Pavlov, A.V.; Bishenov, S.A. Stiff Vacuum Extrusion Agglomeration in Ferro-Alloys Production. In Proceedings of the Fifteenth International Ferro-Alloys Congress (INFACON XV), Cape Town, South Africa, 25–28 February 2018; pp. 114–124.
3. Bizhanov, A.M.; Kurunov, I.F. Extrusion Briquettes (BREX): A New Stage in the Pelletizing of Raw Materials for Ferrous Metallurgy; Metallurgizdat: Moscow, Russia, 2017; p. 234.
4. Бижанов А.М., Курунов И.Ф., Дуров Н.М., Нуштаев Д.В., Рыжов С.А. БРИКЕТ ЭКСТРУЗИОННЫЙ (БРЭК) – ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ IJ.C.Steele&Sons,Inc, США ОАО «НЛМК», г. Липецк, Россия МИСиС, г. Москва, Россия ООО «ТЕСИС», Москва, Россия 2016. 10 с.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 110Г13Л

Современное машиностроение развивается в условиях интенсивного технологического обновления, цифровизации производства и ужесточения требований к качеству выпускаемой продукции. Одним из ключевых направлений становится совершенствование процессов обработки материалов, обладающих сложными физико-механическими свойствами. Особое место среди них занимает высокомарганцовистая сталь 110Г13Л, широко применяемая при изготовлении деталей, работающих в условиях ударных нагрузок и абразивного износа.

Отличительной особенностью стали 110Г13Л является её способность к интенсивному наклёпу при деформации, что обеспечивает высокую износостойкость в эксплуатации. Однако именно это свойство создаёт серьёзные технологические трудности при механической обработке. В процессе резания происходит упрочнение поверхностного слоя, что приводит к росту сил резания, ускоренному износу инструмента и ухудшению качества обработанной поверхности. В традиционных технологических схемах данные проблемы решаются лишь частично, что обуславливает необходимость поиска новых подходов к обработке данного материала.

Одним из перспективных решений является внедрение комбинированных технологий механической обработки. Под комбинированной технологией понимается совмещение классического процесса резания с дополнительными воздействиями на зону обработки, способствующими снижению сопротивления материала разрушению. К таким воздействиям могут относиться вибрационные, термические, ультразвуковые и другие физические методы.

Применение комбинированных методов позволяет изменить характер взаимодействия инструмента с материалом. В частности, при наложении вибраций уменьшается коэффициент трения, происходит прерывистое контактирование режущей кромки с заготовкой, что способствует снижению температурной нагрузки и уменьшению интенсивности износа инструмента. Дополнительный тепловой фактор, в свою очередь, может

локально снижать прочностные характеристики материала, облегчая процесс его резания.

Современные аспекты развития машиностроения также напрямую связаны с внедрением цифровых технологий. Использование систем численного моделирования позволяет исследовать напряжённо-деформированное состояние материала в зоне резания, прогнозировать распределение температур и оценивать износ инструмента. Это создаёт условия для обоснованного выбора режимов обработки и параметров комбинированного воздействия без проведения большого количества дорогостоящих экспериментов.

Важным направлением является и совершенствование инструментального обеспечения. Для обработки стали 110Г13Л применяются режущие инструменты из твёрдых сплавов с износостойкими покрытиями, а также керамические материалы. Однако даже при использовании современных инструментов эффективность обработки остаётся ограниченной без оптимизации самой технологии. В этом контексте комбинированные методы позволяют значительно расширить технологические возможности существующего оборудования.

Кроме того, актуальным является вопрос ресурсосбережения и экологической безопасности производства. Сокращение расхода смазочно-охлаждающих жидкостей, уменьшение энергозатрат и повышение долговечности инструмента соответствуют современным требованиям устойчивого развития. Комбинированные технологии способствуют достижению этих целей за счёт более рационального использования энергии процесса резания и снижения потерь.

Проведённые исследования показали, что внедрение комбинированной технологии обработки стали 110Г13Л обеспечивает комплексное улучшение технологических показателей. Наблюдается снижение сил резания, стабилизация температурного режима, повышение стойкости инструмента и улучшение качества обработанной поверхности. Это, в свою очередь, приводит к увеличению производительности обработки и снижению себестоимости изготовления деталей.

Таким образом, развитие машиностроения на современном этапе невозможно без внедрения инновационных технологических решений. Комбинированные методы обработки труднообрабатываемых материалов, в частности стали 110Г13Л, представляют собой эффективный инструмент повышения конкурентоспособности производства и качества продукции.

Научная новизна исследования

Научная новизна выполненной работы заключается в следующем:

1. Предложена усовершенствованная схема комбинированной механической обработки стали 110Г13Л с введением дополнительного физического воздействия на зону резания.
2. Выявлены особенности формирования упрочнённого слоя при комбинированной обработке и их влияние на процесс резания.
3. Установлена взаимосвязь между параметрами комбинированного воздействия и показателями износа режущего инструмента.
4. Получены новые экспериментальные зависимости, позволяющие прогнозировать изменение сил резания и температуры в зоне контакта.
5. Обоснована технологическая и экономическая эффективность применения комбинированной обработки для труднообрабатываемых сталей.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

1. Григорьев С.Н. *Технология машиностроения*. – М.: Машиностроение, 2020.
2. Кушнер В.С. *Резание металлов*. – М.: Высшая школа, 2019.
3. Алексеев А.Г. *Обработка труднообрабатываемых материалов*. – СПб.: Политехника, 2021.
4. Sandvik Coromant. *Металлообработка: практическое руководство*. – 2022.
5. Davim J.P. *Machining of Hard Materials*. – Springer, 2018.

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ АҚПАРАТТЫҚ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫНЫҢ
ОНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ

Көп деңгейлі технологиялық иерархиялық жүйе үшін төменгі деңгейді өзара байланысты ішкі жүйелердің өзара әрекеті ретінде сипаттау маңызды, олардың әрқайсысының өзіндік ақпараттық қасиеттері бар. Сондықтан технологиялық жетілдірудің ақпараттық бағасын алу кезінде жүйенің деңгей ішілік және деңгей аралық әрекеттестігіне басты назар аударылады.

Қарастырылып отырған тәсіл, біздің ойымызша, жүйелік энтропия-ақпараттық талдаудың негізгі талаптарына толық сәйкес келеді, өйткені ол мәселені барлық деңгейде шешу үшін тұтас жүйені назарда ұстауға мүмкіндік беретін жалпы теориялық және әдістемелік тұжырымдамаларға байланысты технологиялық процестердің иерархиялық жүйесін модельдеу кезінде оны қарастырудың тұтастығын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, жүйедегі негізгі элементтерді және олардың арасындағы байланыстарды есепке алу негізінде қарастырудың толықтығы мен жан-жақтылығы қамтамасыз етіледі. Модельдеу кезінде ұсынылған жеңілдету алгоритмі нақты технологиялық процесті адекватты түрде көрсетуге және иерархиялық жүйеде анықтаушы факторларды есепке алуға мүмкіндік береді.

Технологиялық жүйенің ақпараттық сыйымдылығы жүйенің әртүрлі деңгейдегі ақпараттық қасиеттеріне, жүйенің даму принципіне тәуелді және мына формуламен анықталады:

$$I_{\Sigma_n} = \sum_{i=0}^n \frac{\Delta I_i}{(i+1)!}, \quad (1)$$

$$I_n = \frac{\Delta I_n}{(n+1)!}. \quad (2)$$

Ақпараттың максималды өсімшесі ΔI_n арқылы түсіндірейік.

Технологиялық жүйенің ақпараттық сыйымдылығының оның ақпараттық қасиеттеріне тәуелділігінің дәлелі технологиялық жүйе ΔI_n ақпаратының максималды өсімшесі ΔI_n детерминирленген және $I_n(h)$ стохастикалық құрамдас бөліктер арасында теңдік қамтамасыз етілетіндей үлестірілетініне негізделген:

$$\Delta I_n = I_n(d) + I_n(h).$$

Технологиялық иерархиялық жүйенің ақпараттық сыйымдылығы және n -ші деңгейлері (1) және (2) теңдіктермен анықталады:

$$I_{\Sigma_n} = \sum_{i=0}^n \frac{H_{i(\max)}}{(i+1)!} = (\log N) \sum_{i=0}^n \frac{\prod_{m=0}^i k_m}{(i+1)!}, \text{ бит/эл}, \quad (3)$$

$$I_n = \frac{H_{n(\max)}}{(n+1)!} = \frac{\prod_{m=0}^n k_m \log N}{(n+1)!}, \text{ бит/эл}, \quad (4)$$

мұндағы, $H_{n(\max)}$ – жүйенің максималды мүмкін энтропиясы.

Біз дәлелдеген теореманың мәні мынада: жүйенің ақпараттық сыйымдылығын жүйенің бастапқы элементтерінің саны бойынша ақпарат туындысының дәл бір реті бойынша ұйымның бір деңгейінен екінші деңгейге көшу кезінде ақпараттың жинақталу жылдамдығының өсу шартымен анықтауға болады. Сақталу заңына сәйкес, детерминирленген ақпараттың мөлшері $H_{n(\max)}$ технологиялық жүйенің максималды мүмкін энтропиясы мен H_n энтропияның кейбір ағымдағы мәні арасындағы айырмашылық ретінде есептеледі. Сонда [79]:

$$I_n(d) = H_{n(\max)} - H_n, \text{ бит/эл}. \quad (5)$$

(4) формуласынан технологиялық жүйенің кез келген деңгейінің ақпараттық сыйымдылығы, нөлден басқа, әрқашан мүмкін болатын максимумнан аз және әрбір деңгей үшін анықталған белгілі бір мәннен аспайтыны шығады.

Бұл балқымалардың политермдік аномальді мінез-құлқының температуралық интервалы «ерігеннен кейінгі» температура интервалымен сәйкес келеді. Бақылау үшін Ga , Bi , Sb , Ge , Se , Te қосылыстарын қарастырайық. Мәліметтерді жүйелеу және сипаттау үшін сипаттамалық статистика әдістері қолданылды.

Осылайша, серпімді толқын энергиясын сіңіру, сондай-ақ ультрадыбыстық жылдамдығын зерттеу бізге дыбыс жұту коэффициенті политермдерінің мінез-құлқындағы осындай ерекшеліктерді анықтауға мүмкіндік береді,

(жұмысты Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (ИРН AP23486482))

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

- 1 Мальшев В.П., Кажикенова С.Ш. Информационные оценки технологических переделов в цветной металлургии // Вестник Национальной инженерной академии наук. – 2009. -№2(32). – С. 126-131.
- 2 Кунаев А. М., Кожакметов С. М., Ванюков А. В., Полывянный И.Р., Зазубин А.И., Есютин В.С. Основы комплексного использования сырья цветной металлургии. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 391с.
- 3 Kazhikenova S.Sh., Belomestny D, Shaltakov S.N, Shaikhova G.S.. Demonstration of the feasibility and practical value of direct acoustic measurements in liquid metals // Complex Use of Mineral Resources. №2 (313), 2024, 17-33 <https://doi.org/10.31643/2024/6445.13>

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЦЕМЕНТУЕМЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Современные условия эксплуатации машин и механизмов предъявляют повышенные требования к надежности и ресурсу зубчатых передач. Особое значение это имеет для деталей, работающих при высоких контактных и переменных нагрузках, где разрушение часто инициируется в поверхностном слое. В этой связи актуальной задачей является совершенствование технологий упрочнения цементуемых сталей без существенного усложнения производственного процесса.

Наиболее распространённым способом повышения эксплуатационных характеристик зубчатых колес является химико-термическая обработка, включающая цементацию и последующую термообработку. Такой подход позволяет сформировать упрочнённый поверхностный слой с высокой твёрдостью при сохранении вязкой сердцевины, способной воспринимать динамические нагрузки. Однако традиционные технологические схемы не всегда обеспечивают оптимальное структурное состояние материала.

В процессе работы зубчатые колёса подвергаются комплексному воздействию изгибающих и контактных напряжений, изменяющихся во времени. Это приводит к развитию усталостных трещин, выкрашиванию поверхности и износу. Для предотвращения подобных разрушений необходимо обеспечить сочетание высокой твёрдости поверхностного слоя и достаточной пластичности сердцевины. Такое распределение свойств достигается при формировании градиентной структуры материала.

Среди цементуемых сталей для ответственных деталей широко применяется сталь 20Х2Н4А, отличающаяся высокой прокаливаемостью и хорошими механическими свойствами. Однако, при использовании стандартной технологии обработки (цементация, двойная закалка, низкий отпуск) в структуре сохраняется значительное количество остаточного аустенита. Это приводит к нестабильности свойств и снижению износостойкости.

Одним из перспективных направлений совершенствования технологии является введение дополнительного этапа — промежуточного высокого отпуска после цементации [1]. Данный процесс способствует перераспределению углерода и частичному распаду пересыщенного аустенита. В результате повышается температура мартенситного превращения, что обеспечивает более полное формирование мартенсита

при последующей закалке.

Экспериментальные исследования показали, что применение усовершенствованной схемы обработки (цементация → высокий отпуск → закалка → низкий отпуск) приводит к формированию более равномерной и мелкодисперсной структуры, меньшим содержанием остаточного аустенита и наличием равномерно распределённых глобулярных карбидов.

Металлографический анализ подтвердил, что введение высокого отпуска способствует разрушению карбидной сетки по границам зерен и уменьшению концентрации напряжений. Это положительно влияет на сопротивление хрупкому разрушению и контактной усталости. Кроме того, дисперсные карбиды препятствуют росту зерна при нагреве, обеспечивая формирование мелкозернистой структуры.

Результаты измерения микротвердости показали, что при использовании усовершенствованной технологии достигается более равномерное распределение твёрдости по глубине цементованного слоя. При этом структурная неоднородность снижается, что особенно важно для деталей, работающих в условиях циклических нагрузок.

Механические испытания также подтвердили эффективность предложенного подхода. Прочностные характеристики материала после такой обработки увеличиваются, а стабильность свойств возрастает. Существенным преимуществом является снижение вероятности фазовых превращений в процессе эксплуатации, что предотвращает изменение размеров деталей [2].

Дополнительным достоинством новой технологии является её технологическая и экономическая эффективность. Исключение операции двойной закалки позволяет снизить энергозатраты и уменьшить термические деформации. Это, в свою очередь, сокращает объём последующей механической обработки и снижает процент брака.

Таким образом, введение промежуточного высокого отпуска после цементации является эффективным способом управления структурой цементуемых сталей. Данный подход обеспечивает формирование стабильного фазового состава, улучшение механических характеристик и повышение ресурса работы зубчатых передач.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий термической обработки не только стали 20X2H4A, но и других легированных цементуемых материалов. Это открывает возможности для дальнейшего повышения надёжности деталей машин и оптимизации производственных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руденко, С.П. Повышение эксплуатационных характеристик зубчатых колес карьерных самосвалов посредством оптимизации режимов химико-термической обработки / С.П. Руденко, А.Л. Валько, А.А. Шипко, В.В. Былицкий, П.Г. Карпович // *Литье и металлургия*. – 2013. - № 2 (70). – С. 110-114.
2. Microstructure Evolution and Mechanical Properties of High-Temperature Carburized 18Cr2Ni4WA Steel / Z. Zhang, Z. Wu, Y. Yuan, X. Wang // *Materials*. — 2024. — Vol. 17, iss. 19. — Art. 4820.

МАШИНА ЖАСАУДЫҢ ДАМУ БОЛАШАҒЫ

Sailaubek E.D. (Karaganda, KarTU)
 Bekbolatov Sh.B. (Karaganda, LLP “Maker”)
 Rakishev A.K. (Karaganda, KarTU)

A STUDY OF THE INFLUENCE OF 3D PRINTING PARAMETERS ON THE SURFACE QUALITY OF POLYMER PARTS

The transition of Fused Filament Fabrication (FFF) from rapid prototyping to industrial manufacturing is fundamentally dependent on mastering surface integrity. Unlike subtractive methods, FFF constructs geometries through discrete, layer-by-layer deposition, introducing inherent artifacts such as the "staircase effect" and internal porosity.¹ Achieving industrial-grade finishes requires a rigorous understanding of the multi-parametric interplay between geometric constraints, rheological behavior, and material chemistry.³

The staircase effect represents the primary geometric limitation in FFF, occurring when planar layers approximate curved or inclined surfaces.¹ The arithmetic mean roughness, R_a , is mathematically defined by the layer thickness, h , and the inclination angle, α . This relationship is modeled using the mean value theorem for integrals, where $f(x)$ represents the filament boundary and $\bar{y}$ is the mean profile height⁴:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |f(x) - \bar{y}| dx$$

Experimental data confirms that topographic deviation is minimized as the surface approaches a vertical orientation. For instance, an 85° angle yields an optimal R_a of $8.66\mu m$, whereas a 20° angle increases roughness to $19.05\mu m$ due to the widening of horizontal steps.⁵

Beyond geometry, the rheological state of the polymer during extrusion determines surface compactness. The viscosity, η , of the melt is governed by the Cross-WLF model, which accounts for shear-thinning behavior and temperature dependence :

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\dot{\gamma}\tau^*}{\eta_0}\right)^{1-n}}$$

Optimizing the nozzle temperature (e.g., 210°C for PLA) reduces the zero-shear viscosity, η_0 , allowing the material to flow effectively into microscopic voids between beads. However, this must be balanced to avoid over-extrusion defects such as sagging or oozing.²

Material selection introduces distinct topographic baselines. Polylactic Acid (PLA) typically achieves superior finishes ($R_a \approx 11.14\mu m$) compared to Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), which is susceptible to thermal softening and material over-packing. Multi-objective optimization via Grey Relational Analysis suggests that a 50% infill density is optimal for ABS to prevent surface bulging. Furthermore, pigments act as thermal agents; natural (unpigmented) PLA consistently produces smoother surfaces than black PLA, as carbon black additives alter crystallization and flow kinetics.

Kinetic variables also influence the final topography. While high-speed printing (up to 300 mm/s) is efficient for structural components, industrial surface quality is best maintained at 30–50 mm/s. On horizontal surfaces, roughness is dictated by the "scallop height," SH , between adjacent beads, which is a function of the step-over distance, SO , and the bead radius, R .

To transcend the limitations of the build phase, post-processing interventions such as surface ironing and thermal annealing are employed. Ironing can result in a fivefold reduction in R_a by melting surface peaks to fill valleys. Thermal annealing at 125°C promotes secondary crystallization, eliminating visible layer lines and enhancing the material's compatibility with high-temperature sterilization.³

In conclusion, achieving industrial-grade surface quality in FFF necessitates a holistic optimization framework: minimizing discrete geometric steps through low layer heights (0.10–0.15 mm) while precisely managing the material's rheological state and kinetic stability to ensure a compact, void-free finish.

WORKS CITED:

1. *Improving Surface Roughness of FDM-Printed Parts Through CNC Machining: A Brief Review* - MDPI, accessed March 20, 2026, <https://www.mdpi.com/2504-477X/9/6/296>
2. *A Study of the Influence of 3D Printing Parameters on the Surface Quality of Polymer Parts.docx*
3. *Assessment of material extrusion process parameters on the surface quality enhancement of 3D printed PLA specimens* | Request PDF - ResearchGate, accessed March 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/394623440_Assessment_of_material_extrusion_process_parameters_on_the_surface_quality_enhancement_of_3D_printed_PLA_specimens
4. *Influence of Print Orientation on Surface Roughness in Fused ...*, accessed March 20, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6926983/>
5. *Analysis of the Effect of the Surface Inclination Angle on the Roughness of Polymeric Parts Obtained with Fused Filament Fabrication Technology* - ResearchGate, accessed March 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/367402928_Analysis_of_the_Effect_of_the_Surface_Inclination_Angle_on_the_Roughness_of_Polymeric_Parts_Obtained_with_Fused_Filament_Fabrication_Technology

TECHNICAL MONITORING CAPABILITIES OF MINE DUMP TRUCKS BASED ON CAN-BUS AND WIRELESS NETWORKS

The underground mines of the Zhezkazgan region are being developed by a chamber-pillar system using self-propelled vehicles with diesel drive [1], operated in difficult mining and geological conditions characterized by cramped workings, high humidity, dust in the loading and unloading zones and a significant range of ore rolling.

Today, more than a hundred mining dump trucks from the world's leading manufacturers are operated in the underground divisions of Kazakhmys Corporation LLP: Caterpillar (models AD30, AD45B), Epiroc (MT2200, MT5020, MT54, MT42 Battery) and Sandvik (TH315, TH320, TH430, TH540, TH545). All of this equipment is usually equipped with a standard CAN bus that implements the J1939 protocol or compatible solutions. The CAN bus integrates electronic control units for the engine, transmission, and other components and systems, providing real-time data exchange. Diagnostic information (temperature, pressure, RPM, fuel consumption, fault codes, etc.) is generated and can be read.

The basic versions of the machines began to be equipped with a data collection system. For example, the new Sandvik TH545i model is equipped as standard with an intelligent control module with data acquisition and transmission function [2], which provides continuous monitoring of dump truck operation parameters and is fully compatible with the AutoMine system, allowing data to be transmitted to the surface and control centers.

To organize monitoring of the technical condition of dump trucks, it is enough to connect a telematics gateway to the CAN bus. The mining engineering market is represented by a number of serial devices specially adapted for heavy-duty applications. For example, the CANUp Pro Wi-Fi (Technoton) and microHUB (Nerospec SK) telematics gateways support the J1939 protocol and provide data collection via Wi-Fi. Galileo Sky and Omnicomm Profi 2.0 Wi-Fi terminals are also used in vehicle monitoring systems, including mining equipment.

Data transmission in underground conditions can be carried out via wireless Wi-Fi networks in the workings and through specialized underground communication systems. The combination of wireless and cable communication channels allows for both discrete information collection during checkpoint passage and continuous data transmission from moving vehicles to the underground network infrastructure [3]. OptiMine and Newtrax integration platforms provide data collection and analysis of various types of equipment.

Sandvik machines are integrated with the OptiMine platform, which includes functions for collecting data from the CAN bus and transmitting it wirelessly. Similar digital solutions have been implemented for Caterpillar equipment (Cat MineStar system) and Epiroc (Certiq). Therefore, the construction of a unified monitoring system for a mixed fleet is relevant.

The creation of a stable system for collecting and storing operational data will make it possible to switch to maintenance of equipment according to its actual condition and introduce predictive diagnostic methods. The data obtained create prerequisites for the application of machine learning methods in determining the state of the art and predicting the remaining resource.

It should be borne in mind that the implementation of a monitoring system in underground conditions is associated with a number of technical limitations. These include possible radio interference in workings, increased humidity and dust, as well as instability of the wireless network signal when moving equipment. These factors require a preliminary survey of the communication infrastructure and the adaptation of the data transmission architecture to specific mining and geological conditions.

Thus, the analysis shows that the enterprises of the Kazakhmys Corporation have formed the technical prerequisites for the implementation of a continuous monitoring system. Modern dump trucks are equipped with electronic control systems, and telematics solutions and communication channels available on the market make it possible to organize data collection and transmission without significant modernization of machines. This creates the basis for the transition to maintenance of equipment according to its actual condition and the introduction of predictive diagnostic methods, which is especially important in conditions of increasing mining depth and ore transportation range.

LIST OF SOURCES USED:

1. Sarsembaev D.Zh., Sargulzhina A.A., Sarsembaev N.D., Burabaev K.A., Bektemisov E.S. *The use of vibration machines in underground mines* // *Collection of materials of the International XXI Baikonur readings "Prospects for the development of science and education in a new reality"* // Zhezkazgan, ZHEZU, 2021. pp. 239-241.
2. *More intelligent machines: the new Sandvik TH545i underground dump truck.* - <https://www.sovmash.com/node/468>.
3. Nasibullina T.V., Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. *Rudnik – positioning and monitoring of vehicles* // *Mining industry.* 2020. No. 1. pp. 127-131. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-127-131.

Айдосұлы С. (Караганда, КарТУ им. Сагинова)
Матешов А.К. (Караганда, КарТУ им. Сагинова)
Иогансон А.А. (Караганда, TOO A.D.S. company)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ

В ходе исследования прочностных характеристик деталей были проанализированы ряд работ. В работе [1] исследованы механические характеристики изделий, изготовленных методом FDM-печати из полимолочной кислоты (PLA). Авторы отмечают, что прочность напечатанных образцов существенно зависит от ориентации слоев относительно направления приложенной нагрузки. При совпадении направления нагрузки с направлением укладки слоев наблюдается более высокая прочность, тогда как при поперечной ориентации слоев происходит снижение предела прочности вследствие ослабления межслойной адгезии. Кроме того, было установлено, что увеличение плотности заполнения внутренней структуры приводит к повышению механической прочности изделий, однако сопровождается увеличением времени печати и расхода материала.

В исследовании влияния технологических параметров FDM-печати на механические свойства полимерных образцов рассматривается воздействие таких факторов, как высота слоя, температура экструдера, скорость печати и процент заполнения [2]. Экспериментальные данные показали, что уменьшение высоты слоя способствует улучшению сцепления между слоями и повышению прочности изделий. Также было установлено, что повышение температуры печати способствует лучшему плавлению материала и формированию более прочной межслойной структуры.

В работе, посвящённой исследованию динамических свойств стальных деталей, изготовленных методом аддитивного производства, рассматриваются особенности поведения металлических образцов при динамических нагрузках [3]. Авторы установили, что изделия, полученные методом 3D-печати, обладают специфической микроструктурой, отличающейся от структуры материалов, полученных традиционными методами обработки. Такая структура характеризуется наличием пористости, остаточных напряжений и неоднородности распределения фаз, что оказывает существенное влияние на прочностные и динамические характеристики деталей.

Значительное внимание в научных исследованиях уделяется также оптимизации внутренней структуры изделий, получаемых методом 3D-печати. Так, в работе [4] исследуются прочностные свойства изделий при изгибной деформации с целью оптимизации распределения материала.

В исследовании [5] рассматривается влияние параметров аддитивного производства на прочностные характеристики образцов из модифицированного материала PLA+. В ходе исследования анализировались такие параметры, как высота образца, количество слоев, ориентация печати и время изготовления изделия. Экспериментальные испытания проводились методом нагнетания воздушного давления на поверхность образца с фиксацией его краёв гидравлическим прессом.

В машиностроении применяются различные технологии аддитивного производства, каждая из которых обладает своими особенностями.

Наиболее распространённой является технология FDM (Fused Deposition Modeling), при которой изделие формируется путём послойного нанесения расплавленного термопластичного материала. В качестве материалов используются PLA, ABS, PETG и другие полимеры.

Для изготовления металлических деталей широко применяются технологии SLM (Selective Laser Melting) и SLS (Selective Laser Sintering).

Также в промышленности применяются технологии DED (Directed Energy Deposition), позволяющие создавать и восстанавливать металлические детали путём наплавки порошкового или проволочного материала в зоне воздействия концентрированного источника энергии.

Анализ научной литературы показывает, что развитие аддитивного производства в машиностроении характеризуется следующими тенденциями:

- Разработка новых композиционных материалов для 3D-печати;
- Повышение точности и стабильности процессов печати;
- Использование армированных полимерных материалов и металлических порошков с улучшенными характеристиками.

Особое внимание уделяется созданию материалов с повышенной прочностью и устойчивостью к циклическим нагрузкам, что является важным фактором для применения аддитивных технологий в ответственных конструкциях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ермакова В. А., Гасперович Е. В., Ермаков А. И., Литвяк В. В. Исследование прочностных характеристик изделий, полученных методом 3D-печати из PLA // Наука и техника. 2022. №2. С. 107–113.
2. Балашов, А. В. Исследование структуры и свойств изделий, полученных 3D-печатью / Балашов А. В., Маркова М. И. — Текст : электронный // Инженерный вестник Дона : электронный научный журнал. — 2019. — № 1 (52).
3. Чемодуров А. Н. Применение аддитивных технологий в производстве изделий машиностроения / А. Н. Чемодуров. — Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2020. — №. 8-2. — С. 210-217.
4. Шимохин А. В., Сорокин А. Н., Болтовский С. Н. Исследование прочностных свойств изделий, полученных с помощью 3D-печати, при деформации изгиба для оптимизации распределения материала. — 2019. — Т. 18. — №. 3. — С. 81-98.
5. Махмудов И. Ф., Галиев А. Р., Тимербаев И. Ф., Кашапов Н. Ф., Гиниятуллин Р. Р. Исследование прочности деталей, полученных методом аддитивного производства. - 2021. — С. 102-108.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШТОКОВ МЕТОДОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

В работе рассмотрена технология восстановления прецизионных поверхностей штоков гидроцилиндров методом холодного газодинамического напыления (ГДН). Представлен сравнительный анализ существующих методов восстановления, обоснован выбор порошковых материалов, разработана маршрутная технология и экспериментально определён оптимальный температурный режим напыления на основе исследования остаточных напряжений в покрытиях.

Штоки гидроцилиндров являются ответственными деталями строительной, горнодобывающей и металлургической техники. В процессе эксплуатации они подвергаются абразивному износу, коррозии и механическим повреждениям. По данным сервисных предприятий Республики Казахстан, 55–65% гидроцилиндров выводится из эксплуатации именно вследствие дефектов штоков, из которых около 40% обусловлено абразивным износом и 25% – коррозионными повреждениями.

Метод холодного газодинамического напыления (ГДН) лишён указанных недостатков. Частицы порошка разгоняются сверхзвуковым потоком газа до скоростей 300-1200 м/с и закрепляются на поверхности в твёрдой фазе за счёт пластической деформации, без расплавления. Температура подложки при этом не превышает 100-150 °С, что полностью исключает коробление и изменение структуры закалённого слоя. Помимо этого, в покрытии формируются сжимающие остаточные напряжения, повышающие усталостную прочность детали.

Для разработки технологии восстановления проведён обоснованный выбор порошковых материалов. С учётом условий эксплуатации штоков принята двухслойная схема: адгезионный подслой из сплава NiCrSiAl и рабочий износостойкий слой из металлокерамического композита CRO (карбид хрома в никелевой матрице). Выбор материалов обусловлен требованиями к восстановленной поверхности: твёрдость не ниже 50 HRC, прочность сцепления не менее 50 МПа, пористость не более 1%, шероховатость $Ra = 0,1-0,2$ мкм.

Центральной задачей экспериментальной части работы являлось определение влияния температуры рабочего газа на остаточные напряжения в покрытиях. Эксперимент проводился на установке DIMET 405 (ООО «Обнинский центр порошкового напыления», Россия). Образцы из стали Ст3 (100×20×10 мм) покрывались порошками двух типов – CRO и NiAlSiCr

– при трёх температурных режимах: 200 °С, 300 °С и 400 °С. Давление воздуха, расход порошка, дистанция напыления (20 мм) и скорость перемещения горелки (100 мм/с) оставались постоянными. Остаточные напряжения измерялись прибором ИКН-3М-12 методом магнитной памяти металла.

Таблица 2 – Результаты измерения остаточных напряжений в покрытиях

Покрытие	T, °C	Среднее ост. напряжение, МПа	Дисперсия S ² , МПа
CRO	200	–81,1 (сжимающие)	41,9
	300	–36,8 (сжимающие)	82,9
	400	+3,5 (нейтральные)	23,3
NiAlSiCr	200	–121,8 (сжимающие)	18,2
	300	–55,3 (сжимающие)	98,8
	400	+1,5 (нейтральные)	86,9

Статистический анализ полученных данных методом линейной регрессии показал высокую степень корреляции остаточных напряжений с температурой: коэффициенты детерминации составили $R^2 = 0,998$ для CRO и $R^2 = 0,997$ для NiAlSiCr. Уравнения регрессии имеют вид: $y = -165,06 + 0,423 \cdot T$ (CRO) и $y = -243,38 + 0,616 \cdot T$ (NiAlSiCr). Фактические значения критерия Фишера (699,28 и 447,53) значительно превышают критическое значение (161,45), что подтверждает адекватность построенных моделей.

Анализ результатов свидетельствует о том, что при температуре 200 °С в покрытиях формируются высокие сжимающие напряжения (до –121,8 МПа для NiAlSiCr), способные вызвать расслоение. При температуре 400 °С остаточные напряжения приближаются к нулевым значениям, что соответствует оптимальному состоянию покрытия – минимальный риск деламинации при сохранении высокой плотности и адгезии.

Таким образом, разработана и обоснована технология восстановления штоков гидроцилиндров методом газодинамического напыления. Установлено, что применение двухслойной схемы (подслой NiCrSiAl + рабочий слой CRO) на установке DIMET 405 при температуре газа 400 °С обеспечивает оптимальное соотношение адгезии и остаточных напряжений в покрытии. Предложенная технология позволяет восстанавливать штоки с ресурсом, сопоставимым с новыми изделиями, при снижении затрат в 2–4 раза по сравнению с заменой, соответствует современным экологическим требованиям и является перспективной для внедрения на ремонтных предприятиях Республики Казахстан.

Список использованной литературы:

1. Schmidt T., Assadi H., Gartner F. et al. From particle acceleration to impact and bonding in cold spraying // *Journal Thermal Spray Technology*. – 2009. – Vol. 18 (5–6). – P. 794–808.
2. Papyrin A., Kosarev V., Klinkov S., Alkhimov A., Fomin V. *Cold Spray Technology*. – Elsevier Science, 2006. – 336 p.
3. Assadi H., Gartner F., Stoltenhoff T., Kreye H. Bonding mechanism in cold gas spraying // *Acta Materialia*. – 2003. – Vol. 51 (15). – P. 4379–4394.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА РЕМОНТА ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Тяговые электродвигатели являются важными элементами электромеханических систем, обеспечивающих преобразование электрической энергии в механическую. Их надежная работа во многом определяет эффективность функционирования различных технических установок и механизмов. В процессе эксплуатации данные электрические машины подвергаются значительным электрическим, тепловым и механическим нагрузкам, что приводит к постепенному износу отдельных элементов конструкции. В связи с этим особую актуальность приобретает совершенствование методов диагностики и ремонта тяговых электродвигателей, направленных на повышение надежности их эксплуатации и увеличение срока службы.

Анализ эксплуатационной практики показывает, что наиболее распространенными причинами отказов тяговых электродвигателей являются повреждения изоляции обмоток, износ подшипниковых узлов, ухудшение состояния коллекторно-щеточного аппарата, а также механические дефекты ротора и статора. Воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды, таких как повышенная влажность, загрязнение и вибрационные нагрузки, способствует ускоренному старению изоляционных материалов и снижению электрической прочности обмоток.

Для повышения эффективности ремонта важное значение имеет своевременная диагностика технического состояния электродвигателей. В современных условиях широко применяются неразрушающие методы контроля, позволяющие выявлять дефекты на ранних стадиях их развития.

Повышение качества ремонта также связано с применением современных материалов и технологий восстановления. Использование изоляционных материалов нового поколения с повышенной термостойкостью позволяет значительно увеличить срок службы обмоток. Эффективным методом повышения надежности является применение вакуумно-пропиточных технологий, обеспечивающих глубокое проникновение изоляционных составов и улучшение диэлектрических свойств обмоток.

Систематизация основных неисправностей тяговых электродвигателей и методов их устранения представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Основные неисправности тяговых электродвигателей и методы их устранения

Вид неисправности	Причины возникновения	Способы устранения
Повреждение изоляции обмоток	Перегрев, старение изоляции, воздействие влаги	Перемотка обмоток, пропитка изоляционными материалами
Износ подшипников	Длительная эксплуатация, недостаточная смазка	Замена подшипников, восстановление посадочных мест
Искрение щеточного узла	Износ щеток, загрязнение коллектора	Очистка коллектора, замена щеток
Дисбаланс ротора	Механический износ, повреждение деталей	Балансировка ротора

Не менее важным фактором является совершенствование организации ремонтного процесса. Применение специализированных испытательных стендов, автоматизация отдельных операций и внедрение современных методов контроля качества позволяют повысить производительность ремонтных работ и обеспечить более высокий уровень надежности восстановленных электродвигателей.

Таким образом, повышение эффективности и качества ремонта тяговых электродвигателей требует комплексного подхода, включающего внедрение современных методов диагностики, а также совершенствование организации ремонтного производства. Реализация данных мероприятий способствует повышению надежности работы электрических машин, увеличению срока их службы и снижению эксплуатационных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лотоцкий К. В. Электрические машины и основы электропривода. — М.: Энергия, 1964. — 384 с.
2. Гемке Р. Г. Неисправности электрических машин. — М.: Энергия, 1975. — 216 с.
3. Цветков С. А. Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей. — М.: Энергия, 1983.
4. Ветров Ю. Н., Приставке М. В. Конструкция тягового подвижного состава. — М.: Желдориздат, 2000. — 316 с.
5. Шрайбер М. А. Диагностика изоляции тяговых электродвигателей по интенсивности частичных разрядов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2025. — №4. — С. 967–974.

ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР АРҚЫЛЫ МАШИНА ЖАСАУ САЛАСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Инновациялық технологиялар машина жасау саласының дамуында маңызды рөл атқарады. Қазіргі заманғы өндіріс процестері күрделі техникалық жүйелерден тұратындықтан, оларды тиімді басқару үшін жаңа технологиялық шешімдерді пайдалану қажет. Инновациялық технологиялар өндірістің тиімділігін арттырып, өнім сапасын жақсартуға және еңбек өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді [1]. Машина жасау саласында кеңінен қолданылып жүрген инновациялық технологиялардың бірі – автоматтандыру және роботтандыру. Автоматтандырылған өндірістік желілер адамның қатысуын азайтып, өндіріс процесінің дәлдігін арттырады. Роботтар ауыр және қауіпті жұмыстарды орындап, жұмысшылардың еңбек жағдайын жақсартады. Сонымен қатар роботтандырылған жүйелер өнімнің сапасын тұрақты деңгейде сақтауға мүмкіндік береді. Тағы бір маңызды технология – компьютерлік жобалау жүйелері (CAD/CAE/CAM). Бұл жүйелер машиналардың құрылымын компьютер арқылы жобалап, олардың жұмыс істеу қабілетін алдын ала талдауға мүмкіндік береді. Компьютерлік модельдеу арқылы инженерлер жаңа техниканың тиімділігін бағалап, конструкциядағы қателіктерді өндіріс басталмай тұрып анықтай алады. Соңғы жылдары аддитивті технологиялар немесе 3D басып шығару да кеңінен дамып келеді. Бұл технологиялар күрделі бөлшектерді қысқа уақыт ішінде және жоғары дәлдікпен жасауға мүмкіндік береді [2]. Сонымен қатар материал шығынын азайтып, өндіріс шығындарын төмендетуге ықпал етеді. Жасанды интеллект технологиялары да машина жасау саласында маңызды орын алады. Жасанды интеллект жүйелері өндірістік процестерді талдап, жабдықтардың жұмысын оңтайландыруға көмектеседі. Сонымен қатар олар жабдықтардың ақауларын алдын ала анықтап, өндірістегі тоқтап қалулардың алдын алуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта өнеркәсіптің көптеген салаларында цифрландыру процесі белсенді түрде жүзеге асырылуда. Машина жасау саласында цифрлық технологияларды енгізу өндіріс тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Цифрлық өндіріс жүйелері барлық өндірістік процестерді біртұтас ақпараттық жүйе арқылы басқаруға мүмкіндік береді (Сурет 1.1) Цифрлық технологиялардың көмегімен өндіріс процестері нақты уақыт режимінде бақыланып, қажетті деректер жиналады. Бұл деректерді талдау арқылы өндірістегі ақаулар мен тиімсіз процестерді анықтауға болады. Нәтижесінде өндірістің өнімділігі артып, шығындар азаяды. Сонымен қатар машина жасау саласында

«ақылды өндіріс» немесе smart manufacturing жүйелері дамып келеді. Бұл жүйелер өндірістік жабдықтардың өзара байланысын қамтамасыз етіп, өндіріс процестерін автоматты түрде басқаруға мүмкіндік береді. Мұндай технологиялар өндіріс процесін икемді және тиімді етеді. Интернет заттары (IoT) технологиялары да машина жасау өндірісінде маңызды рөл атқарады. IoT сенсорлары арқылы өндірістік жабдықтардың жұмыс параметрлері үздіксіз бақыланып отырады [3].

Бұл жабдықтардың техникалық жағдайын бақылауға және оларды уақытылы жөндеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар үлкен деректерді (Big Data) талдау технологиялары өндірістік процестерді оңтайландыруға көмектеседі. Өндіріс барысында жиналған үлкен көлемдегі деректерді талдау арқылы тиімді басқару шешімдерін қабылдауға болады. Алдағы жылдары машина жасау саласы бірнеше негізгі бағыт бойынша дамуы мүмкін. Біріншіден, өндірістік процестердің толық цифрландырылуы жүзеге асады. Бұл өндіріс орындарының барлық бөлімдерін бір ақпараттық жүйеге біріктіруге мүмкіндік береді [4].



Сурет 1.1 – Инновациялық технологияларды қолдану

Екіншіден, интеллектуалды өндіріс жүйелері кеңінен таралады. Мұндай жүйелер жасанды интеллект пен машиналық оқыту алгоритмдерін қолдана отырып, өндірістік процестерді автоматты түрде басқара алады. Сонымен қатар машина жасау саласында жаңа материалдарды қолдану да маңызды рөл атқарады. Қазіргі кезде жеңіл әрі берік композициялық материалдар, жоғары температураға төзімді қорытпалар және жаңа полимер материалдары кеңінен қолданылуда. Мұндай материалдар машиналардың салмағын азайтып, олардың беріктігін арттырады. Бұл технологиялар өндірістің тиімділігін арттырып, жабдықтардың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді [5].

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. *Introduction to Artificial Neural Networks.* – St. Paul: West Publishing Company, 1992.
2. *Deep Learning.* – Cambridge: MIT Press, 2016.
3. *Society for Mining Metallurgy and Exploration. Mining Engineering Handbook.* – 3rd ed. – Littleton, CO, 2011.
4. *International Council on Mining and Metals. Digital Transformation in Mining Report.* – London, 2020.
5. *International Organization for Standardization. ISO 22400-2:2014 Automation systems and integration – Key performance indicators for manufacturing operations management.* – Geneva, 2014.

ТІСТІ ДОҢҒАЛАҚ ТІСІНІҢ ЭВОЛЬВЕНТАЛЫҚ ПРОФИЛІН СТАТИСТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

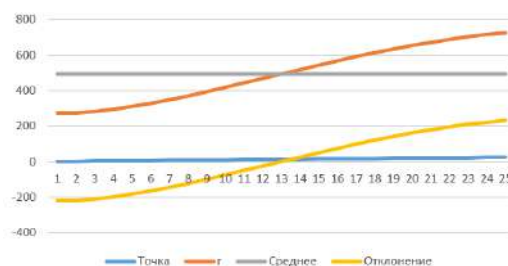
Эвольвенталы тіс профилі - бұл тісті дөңгелектердің (шестернялардың) жұмыс істейтін бетінің арнайы геометриялық пішіні. Эвольвента профилі - қазіргі заманғы тісті берілістерде ең көп қолданылатын профиль түрі. 3-суретте көрсетілген эвольвенталы тіс профилі - бұл тіс профилінің түрі, оның жұмыс беті эволюента (латынша *evolventia* - "оралу") деп аталатын қисық сызықпен сипатталады.

Тіс профилінің орташа мәні мен стандарттық ауытқуы:

$$R_{\text{орт}} = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + \dots}{25} = 492,67 \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}, \quad n = 25 \quad (2)$$

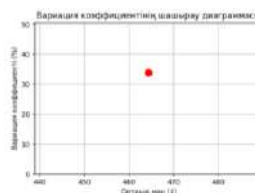
$$\sigma = \sqrt{\frac{(272,52 - 492,67)^2 + (275,35 - 492,67)^2 + \dots + (724,26 - 492,67)^2}{24}} \approx 156,71$$



1-сурет. Орташа ауытқу диаграммасы

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3)$$

$$V = \frac{156,71}{464,39} \times 100\% \approx 33,75\%$$

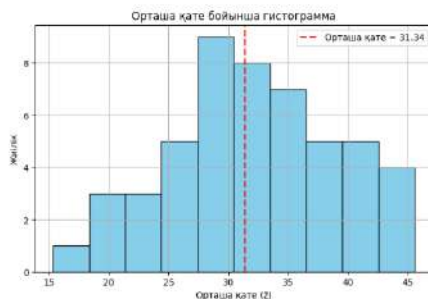


2-сурет. Вариация коэффициентінің шашырау диаграммасы

$$z_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$\sqrt{n} = \sqrt{25} = 5$$

$$z_{\bar{x}} = \frac{156,71}{5} \approx 31,34$$



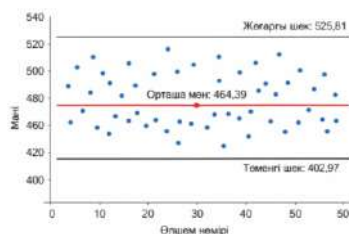
3-сурет. Орташа қате бойынша гистограмма

$$\bar{x} \pm t \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

$$\bar{x} \pm z \cdot z_{\bar{x}}$$

$$464,39 \pm 1,96 \cdot 31,34$$

$$464,39 \pm 61,42$$



4-сурет. Сенімділік интервалы

Сенімділік интервалы $[402,97; 525,81]$, бұл дегеніміз, 95% сенімділікпен тіс профилінің шынайы орташа мәні **402,97 мен 525,81 арасында** орналасады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Әбдіқадырова А.Ж. Математикалық статистика негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 256 б.
2. Нұрғалиев М.Н. Статистика және деректерді талдау: оқу құралы. – Астана: Фолиант, 2020. – 312 б.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ
ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

В машиностроительной практике применение цветных металлов обусловлено их высокими эксплуатационными характеристиками, включая теплопроводность, электропроводность и коррозионную стойкость. Наиболее востребованными являются медь и алюминий, однако их обработка и соединение связаны с технологическими трудностями, вызванными особенностями их теплофизических свойств.

Существенное влияние на свойства сварного соединения оказывает зона термического влияния (ЗТВ), в которой металл не плавится, но испытывает значительное тепловое воздействие. Это приводит к изменению структуры, формированию остаточных напряжений, изменению размера зерна и перераспределению фаз.

Лазерная сварка представляет собой процесс с использованием локализованного источника энергии высокой плотности. В отличие от дуговых методов, тепловое воздействие сосредоточено в ограниченной области, что позволяет уменьшить размеры зоны термического влияния. Формирование температурного поля определяется параметрами лазерного излучения и условиями взаимодействия луча с поверхностью металла.

К основным параметрам процесса относятся мощность излучения, скорость перемещения луча, параметры фокусировки и режим работы источника. Их сочетание определяет распределение температуры, условия нагрева и охлаждения металла, а также формирование структуры в зоне соединения.

Для оценки теплового воздействия при сварке используется показатель линейной энергии, характеризующий количество энергии, подводимой к единице длины сварного соединения. Данный параметр широко применяется при анализе тепловых процессов сварки и определяется как отношение мощности источника сварки к скорости его перемещения:

$$E = \frac{P}{v},$$

где

E - линейная энергия, Дж/мм;

P - мощность излучения, Вт;

v - скорость перемещения луча, мм/с.

Скорость сварки определяет длительность теплового воздействия: при её увеличении уменьшается время нагрева, что приводит к сужению

ЗТВ и формированию мелкозернистой структуры. Однако чрезмерная скорость может вызвать нестабильность процесса. Параметры фокусировки также существенно влияют на процесс. Уменьшение диаметра пятна повышает плотность энергии и локализует нагрев, тогда как его увеличение приводит к расширению зоны теплового воздействия и снижению эффективности сварки. Импульсный режим позволяет управлять тепловыми процессами за счёт подачи энергии в заданные интервалы, регулируя кристаллизацию металла и снижая вероятность дефектов. Свойства материала также играют важную роль: высокая теплопроводность меди способствует быстрому отводу тепла, а наличие оксидной пленки у алюминия влияет на условия взаимодействия излучения с металлом.

Таблица 1. Влияние параметров лазерной сварки на формирование зоны термического влияния

Параметр	Влияние на ЗТВ	Особенности
Мощность излучения	Увеличивает размеры ЗТВ	При избытке энергии укрупнение структуры
Скорость сварки	Снижает ширину ЗТВ при увеличении	Влияет на скорость охлаждения
Диаметр луча	Уменьшает ЗТВ при снижении	Повышает плотность теплового потока
Режим работы	Импульсный режим уменьшает ЗТВ	Обеспечивает контроль кристаллизации
Теплопроводность	Увеличивает теплоотвод	Требует корректировки режимов

Анализ показывает, что размеры и структура зоны термического влияния зависят от параметров процесса и свойств материала. Регулирование режимов лазерной сварки позволяет управлять тепловым воздействием и структурой металла. Лазерная сварка обеспечивает высокую точность соединений, минимальные деформации и стабильные свойства, а использование цифровых систем управления повышает воспроизводимость процесса.

На основании изложенных данных можно сделать следующие выводы:

1. Формирование ЗТВ определяет структуру и свойства сварных соединений цветных металлов.
2. Параметры лазерной сварки оказывают комплексное влияние на размеры и характеристики ЗТВ.
3. Регулирование линейной энергии позволяет управлять тепловыми процессами и структурой металла.
4. Оптимизация режимов сварки способствует снижению дефектности.
5. Лазерная сварка является эффективным инструментом повышения качества машиностроительных изделий.

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

В условиях глобальной цифровой трансформации и перехода к парадигме Индустрии 4.0 внедрение интеллектуальных систем технического контроля становится критическим фактором обеспечения конкурентоспособности машиностроительного производства. Механическая обработка деталей на станках с ЧПУ требует прецизионной точности и высокой скорости оценки параметров в режиме реального времени. Переход от дискретного контактного контроля к непрерывному оптическому мониторингу (in-process control) позволяет реализовать концепцию «умной фабрики» и минимизировать влияние субъективных факторов на качество выходной продукции [1].

Традиционные методы технического контроля, основанные на ручном визуальном осмотре и применении микрометрических инструментов, демонстрируют низкую эффективность в условиях высокоскоростных производственных циклов. Исследования показывают, что точность ручного контроля редко превышает 80–87%, что обусловлено когнитивной усталостью операторов и ограниченной скоростью обработки визуальных данных. Экономические потери от брака могут достигать 20% от общего объема выручки предприятия, при этом стоимость исправления дефекта возрастает в десять раз на каждом последующем этапе обработки (правило десятикратных затрат), что диктует необходимость внедрения систем со 100% охватом инспекции [2].

Предлагаемая система интеграции машинного зрения (CV) базируется на трехуровневой архитектуре, включающей прецизионное аппаратное обеспечение, алгоритмы глубокого обучения и интеграцию в MES-систему предприятия. Аппаратная часть включает промышленные камеры с КМОП-сенсорами глобального затвора (Global Shutter) разрешением от 5 до 31 Мп, что исключает геометрические искажения при контроле движущихся объектов. Для устранения бликов на металлических поверхностях применяются схемы коаксиального освещения и телецентрические объективы, обеспечивающие постоянство масштаба изображения независимо от дистанции до заготовки [3].

Программная реализация основана на применении сверточных нейронных сетей (CNN) семейства YOLOv8, работающих на вычислительных модулях Edge AI (например, NVIDIA Orin NX), что обеспечивает обработку кадров в субмиллисекундном диапазоне. Математическая модель системы позволяет достигать средней точности детекции (mAP) выше 0,957 для классификации дефектов типа

микротрещин, задиров и отклонений шероховатости. Использование гибридных архитектур CNN-LSTM позволяет дополнительно анализировать динамику формирования стружки и прогнозировать критический износ режущего инструмента с полнотой детекции (recall) на уровне 0,95 [4].

Интеграция интеллектуальных оптических систем обеспечивает комплексный экономический и технологический эффект. Применение автоматизированной видеоинспекции позволяет снизить уровень производственного лома (scrap reduction) на 50–90% и повысить общую пропускную способность линий на 25–35% за счет ликвидации «узких мест» на этапе контроля. Согласно прогнозным моделям, инвестиции в новые технологии обеспечивают эластичность эффективности производства на уровне 0,152, что при снижении прямых трудозатрат на контроль качества позволяет достичь экономии до 691 200 долларов в год на одну производственную линию [4].

Перспективным направлением является использование технологий «граничных вычислений» (Edge Computing) для первичной фильтрации данных, что снижает нагрузку на заводскую локальную сеть на 75–85% и повышает киберустойчивость производственной ячейки. Математическое моделирование показывает, что переход к мультисенсорным системам, сочетающим классическое машинное зрение с лазерным сканированием, повышает достоверность контроля сложнопрофильных поверхностей корпусных деталей до 99,8%. Таким образом, синергия прецизионной оптики, нейросетевых алгоритмов и современных протоколов передачи данных формирует единый цифровой контур управления качеством, способный адаптироваться к изменяющимся условиям мелкосерийного и многономенклатурного производства.

Внедрение систем машинного зрения является фундаментом для перехода к стандартам Индустрии 5.0, где синергия человека и искусственного интеллекта обеспечивает выпуск персонализированной продукции с нулевым уровнем дефектов. Применение технологий Vision Pipelines и граничных вычислений позволяет трансформировать контроль качества из пассивного инструмента отбраковки в активное ядро адаптивного управления станками с ЧПУ. Дальнейшее развитие исследования связано с использованием генеративно-состязательных сетей (GAN) для синтеза обучающих выборок редких дефектов и повышением отказоустойчивости систем в условиях агрессивных цеховых сред [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Patrashko, D. Y., & Gurau, V. Machine Learning-Powered Vision for Robotic Inspection in Manufacturing: A Review. // *Sensors (Basel)*, 2026. – Vol. 26(3). – P. 788.
2. Tzampazaki, M., et al. Machine Vision—Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0. // *Applied Sciences*, 2024. – Vol. 14(4). – 1471.
3. Overview.ai. 100% Accuracy AI Vision: The Real Cost of Manufacturing Defects. [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://www.overview.ai/blog/100-percent-accuracy-ai-vision>
4. Bokenchin, K., et al. Investigation of the impact of technological innovations in mechanical engineering on production efficiency. // *Economic Annals-XXI*, 2024. – Vol. 207(1-2). – P. 16-28.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ
ГИДРОЦИЛИНДРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Гидроцилиндры являются одними из ключевых исполнительных элементов гидравлических приводов, широко применяемых в машиностроении, строительной, горнодобывающей и сельскохозяйственной технике. Принцип их действия основан на преобразовании энергии рабочей жидкости, находящейся под давлением, в возвратно-поступательное механическое движение штока или поршня. Высокая удельная мощность, плавность хода и способность развивать значительные усилия при компактных габаритах делают гидроцилиндры незаменимыми в условиях, где электрические или пневматические приводы уступают по эффективности [1, с. 12]. Вместе с тем надёжность и долговечность гидроцилиндров во многом определяются качеством уплотнительных систем и точностью изготовления основных деталей — гильзы, поршня и штока.

Конструкция гидроцилиндра включает гильзу, поршень с уплотнениями, шток, переднюю и заднюю крышки. Соединение крышек с гильзой может осуществляться сваркой, резьбой или шпильками; последний вариант предпочтителен в условиях промышленной эксплуатации, поскольку обеспечивает возможность технического обслуживания и замены уплотнений без полной замены цилиндра [2].

Одним из наиболее ответственных узлов гидроцилиндра является уплотнительная система. Для герметизации подвижных соединений штока и поршня применяются манжеты, изготовленные из полиуретана, нитрильного каучука (NBR) или политетрафторэтилена (PTFE). Выбор материала уплотнения определяется рабочим давлением, температурным диапазоном и характером нагружения. Исследования показывают, что профиль уплотнения оказывает решающее влияние на упругую деформацию контактных кромок: при недостаточном прижимном усилии масляная плёнка между кромкой и металлической поверхностью становится слишком толстой, что приводит к утечкам рабочей жидкости [3, с. 65]. Для защиты штока от внешних загрязнений на переднюю крышку устанавливаются грязесъёмники из полимерных материалов, отличающихся повышенной стойкостью к абразивным средам.

Существенное влияние на ресурс гидроцилиндра оказывает качество поверхности штока. Шток работает в условиях циклических нагрузок, перепадов давления и контакта с уплотнением, что предъявляет высокие требования к шероховатости, твёрдости и коррозионной стойкости его

поверхности. В качестве основного материала штоков применяется сталь марок СК45 и 42CrMo4 с закалкой ТВЧ и хромированием рабочей поверхности. Исследования в области обеспечения качества изготовления штоков гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин показывают, что микрогеометрия поверхности штока напрямую влияет на характер контакта с уплотнением и является одним из определяющих факторов ресурса узла в целом [4, с. 38].

Расчётное обоснование выбора уплотнений для цилиндропоршневых групп является важным этапом проектирования гидроцилиндров. Анализ применения различных типов поршневых уплотнений — манжет, колец и лабиринтных уплотнений — в насосных агрегатах показывает, что каждый тип имеет характерный диапазон рабочих параметров по давлению и температуре [5, с. 67]. При высоких рабочих давлениях (свыше 25 МПа) наиболее эффективны комбинированные уплотнения типа PSE, включающие основной каучуковый элемент, армированный поддерживающий элемент и защитное кольцо из полиацетала. Деформации стенок гильзы под нагрузкой влияют на величину действительных зазоров в цилиндропоршневой группе, что необходимо учитывать при проектировании уплотнительного узла [5, с. 68].

Важным направлением повышения ресурса гидроцилиндров является применение современных защитных покрытий и упрочняющих технологий. Наряду с традиционным хромированием штоков всё шире используются методы плазменного напыления и твёрдого анодирования, обеспечивающие повышенную стойкость к механическим повреждениям и коррозии. Применение метода алмазного выравнивания позволяет значительно снизить шероховатость поверхности штока и обеспечить упрочнение поверхностного слоя, что положительно сказывается на ресурсе уплотнений [4, с. 40]. Перспективным является также использование нитридных покрытий на основе нитрида хрома (CrN) и нитрида титана (TiN), обеспечивающих высокую твёрдость поверхности при сохранении достаточной вязкости основного материала штока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Гидроцилиндр [Электронный ресурс] // Википедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроцилиндр> (дата обращения: 19.03.2026).
2. Стенд и методика ресурсных испытаний гидроцилиндров [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stend-i-metodika-resursnyh-ispytaniy-gidrotsilindrov> (дата обращения: 19.03.2026).
3. Гаркунов Д. Н. Триботехника. — М.: Машиностроение, 1985. — 424 с.
4. Севагин С. В., Вержанский А. П. Обеспечение требуемого качества изготовления штоков гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 5. — С. 35–44.
5. Титов Д. С., Бусаров С. С., Аустов И. П., Вансович К. А. Анализ эффективности применения поршневых уплотнений в тихоходных насосных агрегатах на основе анализа деформированного состояния цилиндрической части камеры сжатия // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. — 2020. — Т. 4, № 2. — С. 64–71.

ПРЕОДОЛЕНИЕ ДЕФФЕКТОВ ТЕРМООБРАБОТКИ: ВЛИЯНИЕ МНОГОЧАСТНОЙ ТВЧ-ЗАКАЛКИ НА ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И РЕСУРС ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ВНУТРЕННИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

Долговечность и надёжность зубчатых передач, работающих в условиях высоких циклических нагрузок, напрямую зависят от их усталостной прочности. Особое значение это имеет для зубчатых колёс с внутренним зацеплением, которые широко применяются в узлах тяжёлой техники, авиации и специального оборудования благодаря компактности и высокой нагрузочной способности [1,2]. При этом обеспечение достаточного ресурса работы таких деталей является одной из ключевых задач машиностроения. Статистика отказов показывает, что до 40% преждевременных разрушений связано с дефектами термической обработки, среди которых значительную роль играют неравномерность распределения свойств и высокие остаточные напряжения [1,2]. В связи с этим остаточные напряжения, возникающие при индукционной закалке, следует рассматривать не только как побочный эффект, но и как важный технологический параметр, определяющий долговечность изделия.

Для зубчатых колёс характерно сложное напряжённое состояние. Контактные напряжения максимальны в зоне взаимодействия эвольвентных профилей зубьев, тогда как изгибные напряжения достигают наибольших значений в основании зуба. Поэтому распределение остаточных напряжений в этих областях оказывает существенное влияние на работоспособность передачи. Традиционные методы термообработки, такие как цементация или объёмная закалка, часто приводят к образованию растягивающих напряжений, способствующих зарождению усталостных трещин. Индукционная закалка позволяет локализовать нагрев и частично управлять этим процессом, однако эффективность такого управления зависит от выбранных режимов обработки.

Исследования показывают, что величина и знак остаточных напряжений в основании зуба оказывают решающее влияние на его изгибную выносливость, поскольку именно эта зона является наиболее вероятным местом зарождения усталостных трещин. В связи с этим одной из важнейших задач современной термической обработки является формирование глубокого слоя с преобладанием сжимающих остаточных напряжений. При этом долговечность детали определяется не только напряжениями, но и глубиной закалённого слоя, распределением твёрдости и характером перехода от упрочнённого слоя к вязкой сердцевине.

Недостаточная глубина закалки или резкий переход свойств могут значительно снизить ресурс детали даже при благоприятном напряжённом состоянии. Следовательно, необходимо комплексное управление всеми указанными параметрами.

В рамках данного исследования разработана многочастотная технология индукционной закалки, направленная на формирование благоприятного поля остаточных напряжений. Теоретические расчёты и численное моделирование показывают, что использование комбинации токов средней и высокой частоты позволяет обеспечить более равномерное распределение температуры по высоте зуба. Такой подход снижает температурные градиенты, которые являются основной причиной возникновения растягивающих напряжений. Предполагается, что последующее охлаждение при таком режиме нагрева приводит к формированию преимущественно сжимающих остаточных напряжений по всему профилю зуба. Экспериментальная проверка этой гипотезы осуществляется с использованием рентгеноструктурного анализа, позволяющего количественно оценить распределение остаточных напряжений.

Суть технологии заключается в разделении функций нагрева. На первом этапе деталь нагревается током средней частоты (например, 10–30 кГц). Благодаря большей глубине проникновения, этот импульс обеспечивает прогрев всего сечения зуба, выравнивая температурное поле и доводя основание зуба до нужной температуры [3]. После этого следует второй импульс — нагрев током высокой частоты (например, 100–400 кГц), который, не проникая глубоко, мгновенно доводит рабочие поверхности зубьев до закалочной температуры. Такой двухступенчатый или одновременный синхронизированный нагрев позволяет сформировать практически изотермическое поле по всей высоте эвольвенты, исключая зоны недогрева и пережога. Полученные в ходе разработки технологии данные удобно представлять в виде таблиц, наглядно демонстрирующих преимущества новой технологии (Таблица 1).

№ п/п	Технология обработки	Частота (кГц)	Мощность (кВт)	Время нагрева (с)	Res. Stress (Поверх- ность) (МПа)	Res. Stress (Основани- е) (МПа)	Hardne- ss (Поверх- ность) (HV)	Cycles to Failure (Контакт)	Cycles to Failure (Изгиб)
1	Традиционна- я (Одночастот- ная)	200	50	5.0	+150	-400	680	1.2 x 10 ⁶	8.5 x 10 ⁵
2	Новая (Многочастот- ная)	MF: 30 / HF: 200	P_MF: 30 / P_HF: 20	4.0	-500	-700	690	2.5 x 10 ⁶	1.8 x 10 ⁶

3	Новая (Оптимизированная)	MF: 40 / HF: 250	P_MF: 35 / P_HF: 25	3.5	-600	-800	685	3.1 x 10 ⁶	2.4 x 10 ⁶

Экспериментальные результаты показывают, что применение многочастотной технологии существенно изменяет характер остаточных напряжений. В традиционном методе в основании зуба формируются значительные растягивающие напряжения, тогда как при многочастотном нагреве наблюдается формирование благоприятных сжимающих напряжений. Твёрдость поверхности в обоих случаях достигает значений около 680–690 HV, что соответствует мартенситной структуре. Однако в основании зуба при многочастотной обработке твёрдость возрастает до 620–640 HV, тогда как при одночастотной закалке она составляет около 350 HV. Это свидетельствует о более равномерном прогреве всего объёма зуба.

Результаты стендовых испытаний подтверждают значительное повышение долговечности зубчатых колёс. Контактная выносливость увеличивается в среднем в 2,1–2,6 раза, а изгибная выносливость — в 2,1–2,8 раза. Такой рост ресурса объясняется формированием благоприятного распределения остаточных напряжений и более равномерной структурой материала по всему сечению зуба.

Таким образом, проведённые исследования подтверждают, что оптимизация режимов ТВЧ-закалки с использованием многочастотного нагрева позволяет сформировать равномерное температурное поле и создать благоприятное распределение сжимающих остаточных напряжений. Это приводит к значительному повышению долговечности зубчатых колёс с внутренним зацеплением и подтверждает эффективность предложенной технологии для применения в современном машиностроении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. A Comparative Study on the Contact Fatigue Failure Mechanisms of ... <https://www.mdpi.com/2079-6412/15/12/1452> (Дата доступа 12.03.2026);
2. Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV - Springer Link <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-77823-1.pdf> (Дата доступа 12.03.2026);
3. Rudnev, V. Handbook of Induction Heating / V. Rudnev, D. Loveless, R. Cook. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2017. — 850 p.

МЕТОД FMEA В РАМКАХ ВНЕДРЕНИЯ УЧАСТКА ЧПУ ГИБКИ ТРУБ

Метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) представляет собой систематический инструмент анализа потенциальных отказов изделия, процесса или системы, а также их причин и последствий. Основная цель метода заключается в предотвращении возникновения дефектов и отказов на ранних этапах проектирования и внедрения технологических процессов. Данный метод позволяет выявить потенциальные риски, оценить их значимость и разработать мероприятия по их предотвращению.

Основные этапы FMEA:

1. Идентификация потенциальных видов отказов (Failure Modes)

Определяются все возможные проблемы или сбои, которые могут произойти на этапе производства, эксплуатации или внедрения технологии.

Например, для ЧПУ-гибки труб:

- некорректная программа станка;
- отклонение от заданного угла гибки;
- поломка гидравлического привода.

2. Определение причин отказов

Для каждого вида отказа выявляются возможные причины.

Пример: неправильная настройка ЧПУ, износ инструментов, ошибка оператора.

3. Определение последствий отказов (Effects)

Описываются последствия каждого отказа для процесса, качества продукции, безопасности и финансов.

Пример: бракованные детали, простой оборудования, увеличение затрат.

4. Оценка рисков

Для каждого риска оцениваются три параметра:

- Вероятность возникновения (O, Occurrence) – как часто может произойти отказ (1–5 или 1–10).
- Серьезность последствий (S, Severity) – насколько серьезны последствия отказа (1–5 или 1–10).
- Вероятность обнаружения (D, Detection) – насколько легко обнаружить проблему до того, как она нанесет ущерб (1–5 или 1–10).

Расчет показателя приоритета риска (RPN):

$$RPN=O\times S\times D$$

где:

O (Occurrence) – вероятность возникновения риска (1–10)

S (Severity) – степень воздействия/последствия (1–10)

D (Detection) – вероятность обнаружения риска до его реализации (1–10)

Чем выше RPN, тем более критичен риск и тем важнее принять меры по его снижению.

5. Разработка мер по снижению рисков

Для наиболее критичных RPN разрабатываются корректирующие действия:

- улучшение контроля процессов;
- обучение персонала;
- регулярное техобслуживание оборудования;
- автоматизация проверки качества.

6. Пересмотр после внедрения мер

После реализации мер RPN пересчитывается, чтобы оценить эффективность принятых действий.

Метод FMEA позволяет системно выявлять потенциальные виды отказов, оценивать их последствия и приоритетность, а также разрабатывать меры по снижению рисков до их реализации.

В таблице 3 рассмотрим пример заполнения реестра внедрения ЧПУ-гибки труб.

Таблица 3

Пример применения FMEA к ЧПУ-гибке труб

№	Процесс Элемент	Потенциаль ный отказ	Последствие отказа	Причины отказа	O	S	D	RPN	Меры по снижению риска
1	Настройка ЧПУ	Ошибка программи рования	Бракованная продукция, простой оборудования	Ошибки оператора, некорректны е данные	6	8	5	240	Обучение персонала, проверка программ, внедрение автоматиче ского контроля
2	Обработка труб	Несоответст вие размеров	Отходы, увеличение себестоимости	Износ инструмента , неправильна я калибровка	5	7	6	210	Плановое ТО станка, контроль калибровки, использова ние шаблонов

3	Подача материала	Застревание трубы	Простой линии, повреждение станка	Дефект трубы, неправильная подача	4	6	5	120	Предварительный контроль материала, автоматическая подача
4	Электропитание	Перебои в сети	Остановка производства	Нестабильное напряжение	3	8	4	96	Источник бесперебойного питания, защита оборудования
5	Контроль качества	Пропуск дефектной детали	Клиентский рекламационный случай	Недостаточный контроль, человеческий фактор	5	9	7	315	Внедрение автоматической проверки размеров, инспекция оператором

Приоритетные риски: те, у которых $RPN > 200$, требуют первоочередного внимания.

Меры по снижению риска: обучение персонала, контроль программ, автоматизация, плановое техническое обслуживание.

Регулярный пересмотр: RPN пересматривается после внедрения мер для оценки эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 31000:2018. Risk Management – Guidelines. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
2. Ильенкова С. Д. Управление качеством. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2019.
- 3 Кане М. М., Иванов Б. В. Системы, методы и инструменты менеджмента качества. – Москва: Инфра-М, 2020.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ АСПЕКТОВ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Машиностроение традиционно занимает ключевое место в структуре обрабатывающей промышленности Казахстана, определяя технологический уровень развития экономики и обеспечивая промышленный суверенитет страны. В условиях объявленного Года цифровизации и искусственного интеллекта вопросы модернизации машиностроительного комплекса приобретают особую актуальность. Как отмечает академик А.С. Сагинов в своих фундаментальных трудах по основам машиностроения, именно эта отрасль является базовой для технического перевооружения всех сфер народного хозяйства, а ее развитие напрямую связано с внедрением передовых технологий и повышением квалификации инженерных кадров.

Теоретические основы современного машиностроения. В работе А.С. Сагинова «Основы машиностроения» подчеркивается, что эффективное развитие отрасли невозможно без глубокого понимания фундаментальных принципов проектирования, производства и эксплуатации машин и оборудования. Автор акцентирует внимание на необходимости системного подхода к организации машиностроительного производства, что особенно важно в условиях цифровой трансформации. Труды А. С. Сагинова, основателя Карагандинского технического университета, продолжают оставаться актуальными для подготовки инженерных кадров и разработки стратегических направлений развития отрасли.

Цифровизация как ключевой фактор модернизации. В работе В.П. Иванова «Цифровизация производства» подробно рассматриваются процессы внедрения цифровых технологий в промышленности. Автор выделяет основные направления цифровой трансформации машиностроения: автоматизация проектирования и технологической подготовки производства, внедрение систем управления производственными процессами на базе искусственного интеллекта, создание цифровых двойников оборудования и производственных линий. Иванов подчеркивает, что цифровизация позволяет не только повысить производительность труда, но и существенно сократить издержки производства, улучшить качество выпускаемой продукции и сократить время вывода новых изделий на рынок.

Особое значение в условиях Года цифровизации и искусственного интеллекта приобретает использование современных информационных технологий в управлении машиностроительными предприятиями. Внедрение систем ERP, MES и IoT позволяет создавать единое информационное пространство, объединяющее все стадии

производственного цикла – от разработки конструкторской документации до послепродажного обслуживания готовой продукции.

Технологии Индустрии 4.0 в машиностроении. В учебном пособии «Технологии Индустрии 4.0», изданном в Карагандинском техническом университете имени Абылкаса Сагинова, детально рассматриваются современные подходы к организации машиностроительного производства. Пособие, подготовленное коллективом авторов КарТУ, охватывает широкий спектр вопросов: от применения аддитивных технологий и роботизации производственных процессов до использования больших данных и искусственного интеллекта в управлении качеством продукции.

Авторы пособия подчеркивают, что концепция Индустрии 4.0 предполагает создание «умных» заводов, где оборудование и производственные системы способны обмениваться информацией в реальном времени, самостоятельно принимать решения и адаптироваться к изменяющимся условиям производства. В казахстанском машиностроении элементы Индустрии 4.0 уже находят практическое применение. В частности, на предприятиях автомобилестроения внедряются системы автоматизированного управления производством, используются промышленные роботы для выполнения сборочных и сварочных операций, создаются цифровые платформы для взаимодействия с поставщиками и потребителями.

Роботизация машиностроительного производства. Под редакцией А.А. Петрова вышло фундаментальное исследование «Промышленные роботы в СНГ», в котором проанализированы тенденции развития роботизации на постсоветском пространстве. В работе отмечается, что уровень роботизации машиностроения в странах СНГ значительно отстает от развитых стран, где на 10 тысяч работников приходится в среднем 150-200 промышленных роботов, тогда как в Казахстане этот показатель составляет менее 10 единиц.

Вместе с тем, авторы исследования указывают на положительные сдвиги, наблюдающиеся в последние годы. В Казахстане реализуются проекты по созданию роботизированных производственных участков, внедрению коллаборативных роботов, способных работать совместно с человеком без ограждений, и разработке отечественных систем управления промышленными роботами. Особое внимание уделяется подготовке кадров для работы с роботизированными системами, что является важным условием успешной автоматизации машиностроительного производства.

Научные исследования в области машиностроения. В материалах научной конференции «Сагиновские чтения», ежегодно проводимой КарТУ имени Абылкаса Сагинова, находят отражение актуальные результаты научных исследований в области машиностроения. В сборнике трудов конференции 2025 года представлены работы, посвященные разработке новых конструкционных материалов, совершенствованию технологий

механической обработки, созданию цифровых систем управления оборудованием, а также вопросам повышения надежности и долговечности машин.

Особый интерес представляют исследования, направленные на импортозамещение и развитие отечественного машиностроения. Казахские ученые и производственники работают над созданием конкурентоспособных образцов техники, адаптированных к условиям эксплуатации в Казахстане, и разработкой технологий, позволяющих снизить зависимость от импорта комплектующих и запасных частей.

Важную роль в развитии отрасли играет подготовка инженерных кадров. Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, являясь ведущим техническим вузом региона, готовит специалистов по машиностроительным специальностям с учетом современных требований цифровой экономики. В учебный процесс внедряются курсы по цифровому проектированию, аддитивным технологиям, промышленной робототехнике и искусственному интеллекту, что позволяет выпускникам быть востребованными на рынке труда.

Анализ современных аспектов развития машиностроения в Казахстане позволяет сделать вывод о том, что отрасль находится на этапе активной модернизации, ключевыми факторами которой выступают цифровизация, внедрение технологий Индустрии 4.0, роботизация производства и подготовка квалифицированных кадров. Теоретические основы, заложенные в трудах А.С. Сагинова, исследования В.П. Иванова по цифровизации производства, разработки ученых КарТУ в области технологий Индустрии 4.0. В условиях Года цифровизации и искусственного интеллекта особое значение приобретает интеграция образования, науки и производства, что является главной целью «Сагиновских чтений» и залогом успешного развития машиностроительного комплекса Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Сагинов А.С. Основы машиностроения. — Алматы, 2020.
2. Иванов В.П. Цифровизация производства. — Астана, 2023.
3. Технологии Индустрии 4.0: Учебное пособие. — Караганда: КарТУ, 2024.
4. Промышленные роботы в СНГ / под ред. Петрова А.А. — М., 2022.
5. Научные труды конференции «Сагиновские чтения». — Караганда, 2025.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ БАЛКИ КОНСОЛЬНО – ПОРТАЛЬНОГО СТАНКА С ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

Современный этап развития станкостроения характеризуется переходом к высокоскоростной и высокоточной обработке, что предъявляет повышенные требования к динамической жесткости и виброустойчивости базовых деталей. Традиционные материалы обладают значительной массой, что увеличивает инерционность и ограничивает производительность. Перспективным решением является применение минерального литья в сочетании с принципами топологической оптимизации.

Актуальность работы продиктована необходимостью создания отечественного высокотехнологичного оборудования для прецизионной обработки крупноформатных материалов, способного заменить импортные аналоги. Научная новизна заключается в выявлении эффекта компенсации: возможности достижения жесткости, превышающей показатели традиционных конструкций в 4 и выше раз, даже при использовании материалов с модулем упругости в 1,5 раза ниже, чем у алюминия или иных материалов, за счет рациональной спиральной топологии.

Целью работы является сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния традиционной коробчатой балки и балки с внутренней спиральной структурой. Объектом исследования выступает несущая конструкция - поперечная балка портального станка длиной 2490 мм, работающая в условиях статических и динамических нагрузок.

Выбран композит на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и армирующего наполнителя - карбида кремния (SiC) [1, с. 51].

- Плотность: 1800 кг/м³, что снижает инерционные нагрузки.
- Демпфирование: Полимерная матрица обладает высокими виброгасящими свойствами, обеспечивая чистоту обработки.
- Модуль упругости: 45 ГПа (против 69 ГПа у алюминия).

Исследование проводилось в среде SOLIDWORKS Simulation. Сравнивались две модели:

1. Базовая: Полая коробчатая балка из алюминия AISI 1060 (рис.1).
2. Модернизированная: Композитная балка с внутренним спиральным каркасом переменного шага (рис.2).

Параметры нагружения: Расчетная нагрузка на свободном конце балки составила 600 Н имитируя массу шпиндельного узла. Для точности

использовалась объемная сетка (Solid Mesh) на основе алгоритма Blended curvature-based.

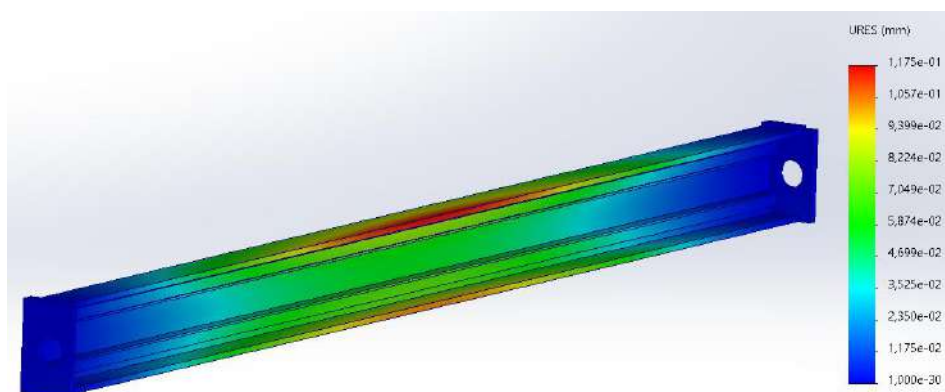


Рисунок 1 – Анализ НДС коробчатой балки из алюминия по эпюре суммарных перемещений

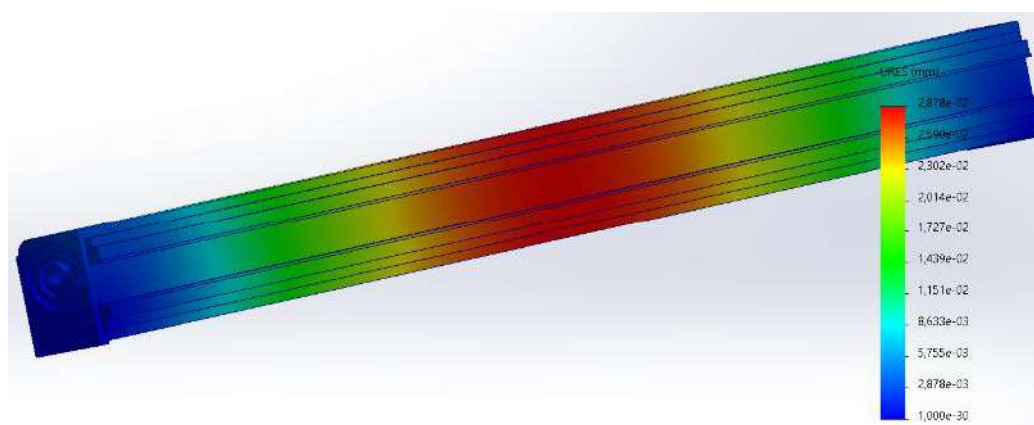


Рисунок 2 – Анализ НДС балки со спиральной структурой из полимера по эпюре суммарных перемещений

В ходе моделирования были получены следующие данные (табл. 3):

Таблица 3

Сводные результаты сравнительного анализа моделей

Параметр	Коробчатая балка	Спиральная балка	Результат сравнения
Материал	Алюминиевый сплав	Полимеркомпозит	Снижение плотности на 33%
Модуль упругости (E), ГПа	69	45	Снижение в 1,5 раза
Макс. перемещение, мм	0,117	0,028	Снижение в 4,17 раза
Макс. напряжения, МПа	$5,32 \times 10^6$	2×10^7	Снижение в 3,75 раз
Характер распределения нагрузки	Оболочечный	Объемный	Равномерное НДС

Анализ результатов:

- Эффективность геометрии: Спиральная структура переменного шага работает как пространственная ферма, включая в работу весь внутренний объем детали.

- Градиентная жесткость: Плотное расположение витков у основания заделки эффективно компенсирует максимальные изгибающие моменты.

- Точность: Снижение прогиба до 0,028 мм гарантирует прецизионную точность при обработке листов более 2 метров, что недостижимо для стандартных «коробок».

Исследование математически доказывает преимущество перехода от стандартных профилей к композитным структурам со встроенным спиральным каркасом. Предложенное решение позволяет:

1. Увеличить статическую жесткость в 4,17 раза при одновременном снижении веса на 33%.

2. Обеспечить равномерное распределение напряжений, исключая риск усталостного разрушения.

3. Повысить динамическую точность за счет низкого момента инерции и высоких демпфирующих свойств композита.

Результаты подтверждают, что топологическая оптимизация является наиболее перспективным направлением развития современного станкостроения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Берг, А. С. Исследование и разработка технологического оснащения для обработки длинномерных цилиндрических поверхностей : дис. ... доктора философии (PhD) : 8D07101 / А. С. Берг ; науч. консультанты: В. В. Юрченко, В. Турла. – Караганда : НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», 2023. – 135 с.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 920 с.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Машиностроение является одной из важнейших отраслей промышленности, оказывающей существенное влияние на развитие экономики государства. От уровня развития машиностроения зависит техническое оснащение предприятий, производительность труда, уровень научно-технического прогресса и конкурентоспособность продукции на мировом рынке. В современных условиях особую актуальность приобретает внедрение инновационных технологий, направленных на повышение эффективности производства, снижение затрат и улучшение качества продукции [3].

Развитие машиностроения характеризуется активным внедрением цифровых технологий, автоматизированных систем управления, робототехнических комплексов и новых конструкционных материалов. Эти изменения обусловлены необходимостью повышения точности обработки, увеличения производительности оборудования и оптимизации технологических процессов. В условиях глобализации предприятия стремятся к модернизации производства с целью повышения своей конкурентоспособности. Современный этап развития машиностроительной отрасли тесно связан с концепцией «Индустрия 4.0», которая предполагает интеграцию цифровых технологий в производственные процессы [2]. Одним из ключевых направлений является автоматизация производства с применением станков с числовым программным управлением (ЧПУ), промышленных роботов и гибких производственных систем. Использование автоматизированных линий позволяет значительно повысить точность изготовления деталей, сократить время обработки и минимизировать влияние человеческого фактора [2].

Другим важным аспектом является применение систем автоматизированного проектирования (CAD), автоматизированных систем технологической подготовки производства (CAM) и систем управления жизненным циклом изделия (PLM). Эти технологии обеспечивают возможность создания виртуальных моделей деталей и узлов, проведения инженерных расчётов и оптимизации конструкций на этапе проектирования. Это позволяет сократить сроки разработки продукции и уменьшить вероятность возникновения ошибок [3].

Большое значение приобретает внедрение аддитивных технологий, таких как 3D-печать, позволяющих создавать изделия сложной формы с минимальными затратами материала. Применение аддитивного производства особенно актуально при изготовлении прототипов, опытных образцов и деталей сложной геометрии. Это направление способствует ускорению инновационных процессов и снижению себестоимости производства [3].

Одним из важных направлений развития машиностроения является применение новых конструкционных материалов, обладающих повышенной прочностью, износостойкостью и устойчивостью к воздействию внешних факторов. К таким материалам относятся композиционные материалы, высокопрочные сплавы, полимеры и керамика. Использование современных материалов позволяет повысить надёжность и долговечность машин и механизмов [1].

Особое внимание уделяется повышению качества продукции и внедрению систем менеджмента качества. Применение современных методов контроля, включая координатно-измерительные машины, лазерное сканирование и неразрушающий контроль, обеспечивает высокую точность измерений и своевременное выявление дефектов. Это способствует снижению количества брака и повышению конкурентоспособности продукции [1].

Перспективы развития машиностроения связаны с дальнейшей цифровизацией производства, развитием искусственного интеллекта и внедрением интеллектуальных систем управления. Использование технологий Интернета вещей (IoT) позволяет осуществлять мониторинг состояния оборудования в режиме реального времени, прогнозировать возможные неисправности и своевременно проводить техническое обслуживание. Важным направлением является развитие экологически чистых технологий, направленных на снижение негативного воздействия производства на окружающую среду [3].

Таким образом, современное машиностроение развивается в направлении повышения автоматизации, внедрения инноваций и совершенствования технологических процессов. Это позволяет повысить качество продукции, снизить себестоимость и обеспечить конкурентоспособность предприятий на мировом рынке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гуревич Ю.Г. *Технология машиностроения*. – М.: Машиностроение, 2020. – 480 с.
2. Кудрявцев Е.М. *Основы автоматизации машиностроительного производства*. – М.: Академия, 2019. – 256 с.
3. Петров А.А. *Инновационные технологии в машиностроении*. – СПб.: Питер, 2022. – 288 с..

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Машиностроение традиционно считается одной из базовых отраслей промышленности, поскольку именно оно обеспечивает другие сферы экономики оборудованием, станками, транспортом и различными техническими системами. От уровня его развития во многом зависят строительство, энергетика, добывающая промышленность и сельское хозяйство. Сегодня эта отрасль меняется особенно быстро: предприятия вынуждены одновременно повышать качество продукции, снижать издержки и быстрее реагировать на запросы рынка. Поэтому современное машиностроение все реже опирается только на традиционные методы обработки и сборки и все активнее использует цифровые решения, автоматизацию и интеллектуальные системы управления производством [1].

В последние годы все чаще говорят о переходе от «Индустрии 4.0» к «Индустрии 5.0». Если раньше основное внимание уделялось автоматизации, датчикам, обмену данными и объединению оборудования в единую цифровую среду, то теперь акцент смещается еще и на устойчивость, гибкость и роль человека в производственном процессе. Иными словами, современное предприятие должно быть не только технологичным, но и безопасным, экологичным, а также устойчивым к внешним сбоям. На практике это означает, что цифровые технологии рассматриваются не как полная замена инженера, а как инструмент, который помогает ему принимать более точные и обоснованные решения [1].



Рисунок 1 - Демонстрация технологического процесса из индустрии 5.0

Одним из наиболее заметных направлений стало внедрение цифровых двойников. Под цифровым двойником обычно понимают виртуальную

модель станка, детали, производственной линии или даже целого предприятия, которая связана с реальным объектом и получает данные с датчиков в режиме реального времени. За счет этого инженер может заранее проверить режимы работы оборудования, оценить износ отдельных узлов, увидеть возможные отклонения и подобрать более эффективные параметры обработки. Такая технология особенно полезна при запуске новых изделий, так как позволяет сократить число ошибок, снизить риск простоев и уменьшить возможные производственные потери [2].



Рисунок 2 - Пример применения цифрового двойника при изготовлении электродвигателя

Отдельно следует отметить устойчивое расширение роботизации промышленности. По состоянию на начало 2026 года последние опубликованные и верифицированные данные Международной федерации робототехники относятся к 2024 году: в мире было установлено 542 076 промышленных роботов, а общий мировой парк достиг 4 663 698 единиц. Средняя плотность роботизации в обрабатывающей промышленности составила 177 роботов на 10 000 работников. Для машиностроения показательно, что сектор metal and machinery сохранил статус одного из крупнейших потребителей робототехники, достигнув 88 777 установок в 2024 году. Это подтверждает, что роботизация выступает уже не как точечная инновация, а как системный механизм технологической модернизации производства [4].

Заметную роль в развитии отрасли играет и аддитивное производство, то есть 3D-печать. Если раньше такие технологии в основном использовались для изготовления прототипов, то сейчас их все чаще применяют для выпуска сложных деталей, опытных образцов, технологической оснастки и малосерийной продукции. Главное преимущество аддитивных технологий состоит в том, что они дают большую геометрическую свободу, позволяют экономить материал и ускоряют переход от цифровой модели к готовому изделию [3].

Современное машиностроение меняется не только с технической, но и с организационной точки зрения. Предприятиям все чаще нужны специалисты, которые разбираются не только в механике и материалах, но

и в автоматизации, программировании, анализе данных, метрологии и цифровом проектировании. По этой причине возрастает значение инженерного образования и постоянного повышения квалификации кадров. Одновременно усиливается внимание к кибербезопасности, поскольку подключенное оборудование, датчики и цифровые платформы должны быть защищены от сбоев и внешнего вмешательства. Без подготовленного персонала и надежной цифровой инфраструктуры даже самое современное оборудование не сможет дать ожидаемый результат [1, 2].

Таким образом, современные тенденции развития машиностроительной отрасли можно свести к нескольким взаимосвязанным направлениям: цифровизации производственных процессов, внедрению цифровых двойников, предиктивному обслуживанию, роботизации, развитию аддитивных технологий, повышению экологичности и усилению роли квалифицированного специалиста. Все эти изменения направлены на повышение производительности, качества и гибкости производства. Для Казахстана и других стран, заинтересованных в модернизации промышленности, учет таких тенденций имеет стратегическое значение, поскольку именно машиностроение формирует технологическую основу экономического развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ghobakhloo M., Mahdiraji H.A., Iranmanesh M., Jafari-Sadeghi V. *From Industry 4.0 Digital Manufacturing to Industry 5.0 Digital Society: a Roadmap Toward Human-Centric, Sustainable, and Resilient Production* // *Information Systems Frontiers*. 2024. DOI: 10.1007/s10796-024-10476-z.
2. Javaid M., Haleem A., Suman R. *Digital Twin applications toward Industry 4.0: A Review* // *Cognitive Robotics*. 2023. Vol. 3. P. 71-92. DOI: 10.1016/j.cogr.2023.04.003.
3. Hegab H., Khanna N., Monib N., Salem A. *Design for sustainable additive manufacturing: A review* // *Sustainable Materials and Technologies*. 2023. Vol. 35. e00576. DOI: 10.1016/j.susmat.2023.e00576.
4. Müller C. *World Robotics 2024 – Industrial Robots*. Frankfurt am Main: IFR Statistical Department, VDMA Services GmbH, 2024.

Маздубай А.В. (Павлодар, НАО «Торайгыров университет»)

Доненбаев Б.С. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)

Қуанов И.С. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)

ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ФРЕЗЕРЛЕУ ЖАҒДАЙЫНДА HARDOX БОЛАТЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ӨНДЕУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта машинажасау саласында жоғары беріктікке ие және ерекше физикалық-механикалық қасиеттерімен сипатталатын материалдар кеңінен қолданылуда. Осындай материалдардың бірі – HARDOX тозуға төзімді болаты.

Бұл материалдың басты артықшылықтарының бірі – сапасының тұрақтылығы, соның арқасында бұйымдардың қызмет ету мерзімін дәл болжауға болады. Сонымен қатар, HARDOX болатының салыстырмалы түрде жеңіл болуы конструкция салмағын азайтып, жабдықтың техникалық және өндірістік көрсеткіштерін жақсартады.

HARDOX болаты қаттылық, тұтқырлық және жоғары беріктік қасиеттерінің үйлесімімен ерекшеленеді. Осыған байланысты жұқа табақтан да жүк көтергіштігі жоғары құрылымдар жасауға мүмкіндік береді. Мұндай бұйымдар жеңіл болғанымен, үлкен жүктемелерге төтеп беріп, пайдалану шығындарын азайтады.

Материал арнайы технологиялық беріктендіру арқылы алынады және жоғары қаттылық пен тұтқырлық қасиеттеріне ие. Бұл қасиеттер ауыр жүктемелер мен жоғары температура жағдайында да сақталады.

HARDOX 400 маркасы тозуға төзімділігі бойынша ұқсас легіріленген болаттардан (мысалы, 30XГСА) бірнеше есе тиімді. Ол шамамен HB 400 қаттылығымен, жоғары тұтқырлықпен, жақсы иілімділікпен және дәнекерлеуге қолайлылығымен ерекшеленеді. Негізгі сипаттамалары 1-кестеде берілген.

1 – кесте - HARDOX 400 болатының сипаттамасы

Бринелль бойынша қаттылық HB	Тұтқырлық KJV 400C-та	Ағу шегі	Беріктілік шегі Rm	Қалыңдық ауқымы мм	Қалыңдығы бойынша көміртек баламасы 20mm
370 - 430	45	1000 N/mm ²	1250 N/mm ²	4 - 130	0.38

HARDOX 400 материалы әртүрлі өндірістік және көлік техникасының бөлшектерін дайындауда кеңінен қолданылады. Атап айтқанда, ол жүктеу механизмдерінде, кескіш жиектері бар құралдарда, конвейерлік жүйелерде, тісті және шынжырлы берілістерде, өзі аударғыш жүк машиналарында, жүктегіштерде, электрокарларда, сондай-ақ бульдозерлер мен экскаваторлар сияқты ауыр техника элементтерінде пайдаланылады.

Сонымен қатар, бұл материал бұрандалы конвейерлер мен нығыздағыш құрылғылардың бөлшектерін жасауға да тиімді қолданыс табады [2].

1-суретте HARDOX 400 болатынан дайындалған табақша тәрізді дайындамалар бейнеленген.



1-сурет - HARDOX 400 болатынан жасалған табақша пішіндес дайындамалар

HARDOX 400 болатының химиялық құрамы 2 кестеде көрсетілген.

2- кесте - HARDOX 400 болатының химиялық құрамы

Материал қалың. мм	C макс %	Si макс %	Mn макс %	P макс %	S макс %	Cr макс %	Ni макс %	Mo макс %	B макс %	CEV тип. мәні
(3)-10	0,14	0,70	1,60	0,025	0,010	0,30	0,25	0,25	0,004	0,33
(10)-20	0,14	0,70	1,60	0,025	0,010	0,50	0,25	0,25	0,004	0,37
(20)- 32	0,18	0,70	1,60	0,025	0,010	1,00	0,25	0,25	0,004	0,48
(32)- 45	0,22	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	0,50	0,60	0,004	0,57
(45)- 51	0,22	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	0,50	0,60	0,004	0,57
(51)- 80	0,27	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,00	0,60	0,004	0,65
(80)- 130	0,32	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,50	0,60	0,004	0,73

ЖШС «Жибек» және БӨ «БарусанМакина» кәсіпорындарында аталған материал негізінде әртүрлі бөлшектер дайындалады. Солардың қатарында құрылыс-жол техникасына арналған ковш элементтері бар. Мұндай бөлшектерді өндіру барысында кесу, фрезерлеу және дәнекерлеу операциялары жүзеге асырылады.

HARDOX материалын өңдеу, әсіресе кесу және фрезерлеу процестері, жоғары күрделілігімен ерекшеленеді және қажетті дәлдік пен сапаны қамтамасыз ету маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Осыған байланысты тиімді шешім ретінде термофрикциялық кесу және фрезерлеу технологияларын қолдану ұсынылды [3,4].

Ұсынылған технологияларды тәжірибелік тұрғыда зерттеу мақсатында аталған кәсіпорындар тарапынан арнайы HARDOX 400 материалы берілді. Сонымен қатар, материалды өңдеу үшін сұр шойыннан (СШ15) арнайы кесуші диск әзірленді. Осы материалдан жасалған үйкеліс типті кесуші фрезаның көрінісі 2-суретте көрсетілген.



а)

б)

в)

г)

а, б - HARDOX материалынан жасалған кесуші үйкеліс фрезасы; в, г - сұр шойыннан (СШ 15) жасалған кесуші диск

2 сурет - HARDOX материалынан жасалған кесуші құралдар

HARDOX материалынан жасалған кесуші дискпен HARDOX материалын 3- сурет (үлгі материал) өңдеу бойынша жүргізілген алғашқы тәжірибелер, ұсынылған термофрикциялық өңдеу әдісінің жарамды екенін көрсетті 4 сурет. Сондай-ақ, шойыннан жасалған кесуші дискпен де өңдеу мүмкіндігі зерттелуде. Ғылыми зерттеу тәжірибелік жұмыстарын одан әрі қарай жалғастыру мақсатқа сай екендігіне көз жеткізілді.



3 сурет - HARDOX материалының үлгісі



4 сурет - HARDOX материалын фрезерлеу процесі

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. <http://xn---7sbozac4badf.xn--p1ai/hardox.php>
2. Надежность и ремонт машин. Под ред В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
3. Sherov, K.T., Ainabekova, S.S., Tusupova, S.O., Sagitov A.A., Imanbaev E.B. Thermofrictional Cutting with Pulsed Cooling. / Russ. Engin. Res. 40, 926–929 (2020). <https://doi.org/10.3103/S1068798X20110179>
4. Sherov K.T., Sikhimbaev M.R. Sherov A.K., Mazdubai A.V., Rakishev A.K. and etc. Matematical modeling of thermofrictional milling process using ANSYS WB software / . Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47 No. 2 (2017) pp. 24-33. <https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0008>

ФУНКЦИОНАЛДЫ-ГРАДИЕНТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУДАҒЫ АДДИТИВТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Технологияның дамуымен материалдарға да, өндірістік процестерге де талаптар жыл сайын артып келеді. Өнімдер мен материалдарды алудың заманауи әдістерінің бірі- қол жетімді және әртүрлі салаларда қолдану мүмкіндіктері кең аддитивті технологиялар. Аддитивті технологияның кең мүмкіндіктерінің бірі - функционалды градиент материалдарын алу.

Әдеби дереккөздерде функционалды-градиенттік материалдардың (ФГМ) бірыңғай әмбебап анықтамасы келтірілмейді; әдетте, олардың сипаттамалары мен ерекшеліктері қарастырылады. Осыған сүйене отырып, функционалды градиент материалдарын бір немесе бірнеше бағытта (ұзындығы, қалыңдығы немесе көлемі бойынша) химиялық құрамын, микроқұрылымын, фазалық немесе атомдық ретін мақсатты түрде өзгерту арқылы физикалық, химиялық және механикалық қасиеттердің үздіксіз немесе сатылы өзгеруін қамтамасыз ететін арнайы физикалық және химиялық қасиеттері бар композициялық материалдар ретінде анықтауға болады [1, 2].

Градиенттің болуы компоненттердің артықшылықтарын біріктіріп, өнімнің жалпы өнімділігін арттыруды қамтамасыз ете отырып, пайдалану жағдайларына сәйкес материалдың жергілікті өнімділігін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

ФГМ -ды дәстүрлі өндіріс әдістері арқылы алуға болады: бу фазасынан тұндыру, термиялық бұрку, ұнтақ металлургия, ұшқындық плазмалық күйеженіктеу және центрден тепкіш құю. Бірақ бұл әдістердің кең таралуына қарамастан, кемшіліктері мен шектеулері бар. Жабдықтың жоғары құны, өнімнің өлшемдері мен пішін шектелуі, дайындамада градиенті бақылаудың күрделілігі, кеуектілігі және құрылымдық ақаулар, бұл бақыланатын қасиеттері бар үлкен көлемді функционалды градиентті материалдарды алуды қиындатады. Барлық шектеулер ФГМ алудың басқа әдістерін қарастыруға итермелейді.

Заманауи зерттеулер көрсеткендей, аддитивті технологиялардың материалдың құрамы мен микроқұрылымын қабаттар бойынша бақылауға мүмкіндік беруі, қасиеттердің үздіксіз градиентін қалыптастыруы функционалды градиентті материалдарды алудың ең перспективалы әдістерінің бірі.

ISO/ASTM 52900:2021 стандартына сәйкес аддитивті технологиялар жеті санатқа бөлінеді, бірақ барлық санаттар бойынша ФГМ алу мүмкіндігі жоқ.

Дереккөздерде [3,4] аддитивті өндірістің бағытталған энергетикалық тұндыру және ұнтақ қабатын балқыту түрлері арқылы ФГМ алу мүмкіндіктері бар.

Бағытталған энергетикалық тұндыру технологияларында сым доғалық аддитивті өндірісті (СДАӨ) қарастыруға болады.

СДАӨ бағытталған энергетикалық тұндыру технологиясына кіріп, жылу көзі ретінде электр доғасын, арнайы СББ білдектері немесе роботты қолмен негізге қабат-қабат қалыптастыру үшін шикізат ретінде металл сымын пайдаланады.

Металдарды аддитивті өндіру әдістері технологиялық артықшылықтарға ие және дәлдікке, материалдың құрылымына, экономикалық тиімділікке қойылатын талаптарға байланысты тандалып қолданылады. СДАӨ қабаттарды қалыптастырудағы жоғары жылдамдығына, жабдықтың салыстырмалы түрде төмен құнына және үлкен құрылымдарды жасау мүмкіндігіне байланысты ерекше қызығушылық тудырады [5]. Бұл машина жасау саласында үлкен артықшылық.

Зерттеулерде СДАӨ технологиясы бөлшектерде градиенттің әртүрлі түрлерімен, әр қабатта компоненттері біркелкі таралатын функционалды-градиентті материалдарды алу үшін қолдануға болатындығын көруге болады [2].

СДАӨ аддитивті өндірістің басқа түрлері сияқты бірқатар кемшіліктері бар, олар негізінен жоғары температураға байланысты болатын ішкі кернеулермен байланысты. Бұл кернеулер тек соңғы өнімде, дайындамада немесе бөлікте ғана емес, сонымен қатар металл тұндырылған негізде де пайда болады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. M. Mohammadi et al. *Functionally graded materials (FGMs): A review of classifications, fabrication methods and their applications*// *Processing and Application of Ceramics*. – 2021. – T. 15. – № 4. – Б. 319–343. – DOI: 10.2298/PAC2104319M.
2. Zhang R., Jiang F., Xue L., Yu J. *Review of Additive Manufacturing Techniques for Large-Scale Metal Functionally Graded Materials* // *Crystals*. – 2022. – T. 12. – № 6. – Б. 858. – DOI: 10.3390/cryst12060858.
3. Veres C., Tănase M. *A bibliometric review of 3D-printed functionally graded materials, focusing on mechanical properties* // *Machines*. – 2025. – T. 13. – № 3. – Б. 232. – DOI: 10.3390/machines13030232.
4. Silva R. F., Coelho P. G., Gustavo C. V. et al. *Functionally graded materials and structures: unified approach by optimal design, metal additive manufacturing, and image-based characterization* // *Materials*. – 2024. – T. 17. – № 18. – Б. 4545. – DOI: 10.3390/ma17184545
5. Kokare S., Shen J., Fonseca P. P. et al. *Wire arc additive manufacturing of a high-strength low-alloy steel part: environmental impacts, costs, and mechanical properties* // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2024. – Vol. 134. – P. 453–475. – DOI: 10.1007/s00170-024-14144-z.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

В современных условиях развития машиностроения и промышленного производства обеспечение надежности и безопасности эксплуатации машин и механизмов является одной из важнейших производственных задач. Рост требований к эффективности работы оборудования, снижению эксплуатационных затрат и повышению уровня промышленной безопасности обуславливает необходимость совершенствования методов контроля и диагностики технического состояния машин и механизмов [1].

Одним из ключевых факторов, определяющих надежность и долговечность машин, является своевременное выявление дефектов и неисправностей в процессе их эксплуатации. Методы технической диагностики позволяют определить фактическое состояние оборудования, выявить начальные стадии повреждений и предотвратить развитие аварийных ситуаций. Применение современных диагностических технологий способствует повышению эффективности технического обслуживания, сокращению времени простоев оборудования и снижению затрат на ремонт [2].

В процессе эксплуатации машины и механизмы подвергаются воздействию различных нагрузок, вибраций, температурных и динамических факторов, что приводит к постепенному износу их элементов. Наиболее распространёнными видами повреждений являются износ подшипниковых узлов, деформация деталей, появление трещин, нарушение геометрии сопряжённых поверхностей и ослабление крепёжных соединений [3]. Данные процессы могут существенно снижать работоспособность оборудования и приводить к его преждевременному выходу из строя.

Особую роль в обеспечении надежной эксплуатации машин играет применение современных методов диагностики технического состояния. К наиболее распространённым методам относятся вибрационная диагностика, акустическая диагностика, термографический контроль, анализ смазочных материалов и методы неразрушающего контроля. Использование данных методов позволяет выявлять скрытые дефекты оборудования без его остановки и разборки, что значительно повышает эффективность эксплуатации и обслуживания машин [4].

В условиях внедрения автоматизированных систем управления производством, цифровых технологий и промышленного мониторинга

возрастает значение интеллектуальных систем диагностики оборудования. Современные системы технической диагностики позволяют в режиме реального времени контролировать параметры работы машин, анализировать полученные данные и прогнозировать возможные отказы оборудования. Это способствует повышению надежности технологических процессов и увеличению срока службы машин и механизмов.

Таким образом, применение современных методов диагностики технического состояния машин и механизмов является важным направлением повышения надежности и эффективности промышленного оборудования. Развитие диагностических технологий позволяет своевременно выявлять неисправности, предотвращать аварии и оптимизировать процессы технического обслуживания и ремонта [5].

В результате анализа научных статей, монографий и технической литературы установлено, что диагностика технического состояния машин представляет собой сложный комплекс методов и средств контроля, направленных на определение фактического состояния оборудования и прогнозирование его дальнейшей работоспособности. Эффективное применение диагностических методов позволяет значительно повысить надежность машин, сократить эксплуатационные затраты и обеспечить безопасную работу технологических систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Equbal A., et al. A recent review on advancements in dimensional accuracy of FDM-based 3D printed parts // AIMS Materials Science. — 2024. DOI: 10.3934/materci.2024046.
2. Chen J. R., Yu Y., Li H. Analysis of three-dimensional printing accuracy for medical applications // Journal of Medical Imaging. — 2023. DOI: 10.1117/1.JMI.10.2.026501.
3. Wei X., Liu Y., Chen Z. Geometric accuracy and dimensional precision in FDM-based gear manufacturing // Polymers. — 2025. DOI: 10.3390/polym17030416.
4. Georgiev B., Karadzhov T. Comparative analysis of geometric deviations in contact and non-contact measurements of 3D printed parts // Engineering for Rural Development. — 2023.
5. Arnold C., Hey J., Schweyen R. Dimensional accuracy of different three-dimensional printing models produced by DLP and SLA technologies // Materials. — 2024. DOI: 10.3390/ma17143616.

Оразбеков А.Б. (КарТУ имени Абылкаса Сагинова)
Жетесова Г. С. (КарТУ имени Абылкаса Сагинова)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В современных условиях цифровизации и усложнения производственных систем особое значение приобретает эффективное управление материальными потоками. Оптимизация параметров потоков позволяет повысить производительность, снизить издержки и обеспечить устойчивость предприятия к внешним изменениям. Целью данного исследования является разработка методики оптимизации параметров материальных потоков производственного процесса на основе многокритериального анализа структурных элементов. В процессе исследования проведён анализ существующих подходов к управлению материальными потоками и выявлены основные факторы, влияющие на эффективность производственного процесса. Определены ключевые структурные элементы системы, включающие оборудование, транспортные средства, запасы, маршруты и временные параметры. Для оценки оптимальности использованы критерии времени, стоимости, загрузки оборудования и надёжности поставок. В качестве методологической основы применены методы многокритериального анализа: метод анализа иерархий (МАИ), метод взвешенных коэффициентов и элементы математического программирования. Предложен алгоритм, позволяющий моделировать влияние изменения параметров материальных потоков на общую эффективность производственного процесса. Результаты исследования позволили разработать методику, обеспечивающую рациональное распределение ресурсов и повышение уровня согласованности между структурными элементами системы. Практическая реализация предложенной методики способствует сокращению времени производственного цикла, уменьшению запасов и повышению общей эффективности функционирования предприятия. Таким образом, интеграция анализа макро- и микроуровня обеспечивает системный эффект и повышает общую эффективность производственного процесса. На микроуровне анализ позволяет выявить узкие места в процессе обработки, повысить эффективность использования оборудования и снизить потери времени. —

организация рабочего пространства. – время обработки деталей; – рабочие приёмы и операции; – инструмент и оснастка; – станок и его технические характеристики; Микроуровень (рабочее место, например, рабочее место токаря): На данном уровне анализ направлен на оптимизацию потоков между элементами системы, сокращение межоперационных простоев и синхронизацию работы участков. – маршруты движения материальных потоков. – склады и буферные зоны; – внутрипроизводственный транспорт; – технологические линии; – производственные участки; Макроуровень (участок, цех): Для повышения точности анализа структурные элементы системы целесообразно рассматривать на двух уровнях: Обоснование выбора данных критериев заключается в том, что они охватывают ключевые аспекты функционирования производственной системы: время, ресурсы, устойчивость и адаптивность. Их совместное использование позволяет избежать односторонней оптимизации и обеспечивает сбалансированное управление материальными потоками. – гибкость системы (способность адаптироваться к изменению объёмов и номенклатуры продукции). – надёжные критерии (вероятность сбоев, устойчивость к внешним воздействиям, стабильность поставок); – логистические критерии (уровень запасов, оборачиваемость, равномерность потоков); – производственные критерии (загрузка оборудования, производительность, коэффициент использования мощностей); – стоимостные критерии (затраты на производство, транспортировку, хранение, простои оборудования); – временные критерии (длительность производственного цикла, время транспортировки, время ожидания); Критерии многокритериального анализа формируются с учётом необходимости комплексной оценки эффективности материальных потоков и включают: В рамках развития предложенной методики целесообразно уточнить критерии, лежащие в основе многокритериального анализа, а также структурировать рассматриваемые элементы производственной системы по уровням управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Сергеев В. И. Корпоративная логистика: 300 ответов на вопросы профессионалов. — М.: 2005. — 976 с.
2. Шепелёва А. Ю. Логистика производственных процессов и распределения. — 2005.
3. Воронков А. Н. Логистика: основы операционной деятельности. Учебное пособие. — [Электрон. ресурс].
4. Мыльников Л. А., Краузе Б. и др. Интеллектуальный анализ данных в управлении производственными системами (подходы и методы). — 2017.
5. «Multi-Criteria Decision Analysis: Case Studies in Engineering and the Environment» / Б. И. Яцало et al. — CRC Press, 2020.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ГОРНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ТОО «KAZMINERALS BOZSHAKOL»

Современные горнодобывающие предприятия характеризуются высокой степенью механизации производственных процессов и использованием большого парка карьерной техники. В условиях интенсивной эксплуатации горных машин особое значение приобретает надежность работы их основных функциональных систем, среди которых ключевую роль играют гидравлические приводы. Именно гидросистемы обеспечивают работу исполнительных механизмов экскаваторов, буровых установок, погрузчиков и другой карьерной техники.

На предприятиях ТОО «Kazminerals Bozshakol» эксплуатация техники осуществляется в тяжелых условиях: значительные динамические нагрузки, запыленность окружающей среды, перепады температур и высокая интенсивность производственного цикла. Эти факторы приводят к ускоренному износу элементов гидравлических систем, что может вызывать снижение эффективности работы оборудования и возникновение внеплановых простоев. Одной из актуальных задач повышения надежности горных машин является внедрение современных систем диагностики и мониторинга технического состояния гидравлических приводов. Использование интеллектуальных методов анализа эксплуатационных данных позволяет своевременно выявлять отклонения в работе оборудования и предотвращать развитие аварийных ситуаций.

Традиционные методы технического обслуживания оборудования, основанные на планово-предупредительных ремонтах или устранении отказов по факту их возникновения, имеют ряд существенных ограничений [1]. Такие методы не позволяют в полной мере учитывать фактическое техническое состояние оборудования и динамику его изменения в процессе эксплуатации. В результате часть отказов происходит неожиданно, что приводит к остановке техники и дополнительным затратам на восстановление работоспособности узлов и агрегатов. В последние годы все большее распространение получают системы интеллектуального мониторинга, основанные на применении методов анализа больших данных и алгоритмов машинного обучения. Использование подобных технологий позволяет осуществлять непрерывный контроль параметров работы гидравлических приводов, включая давление рабочей жидкости, температуру, расход, уровень вибраций и другие диагностические показатели. На основе анализа поступающих данных формируется

цифровая модель нормального функционирования оборудования. Сравнение текущих параметров с эталонными значениями позволяет выявлять отклонения, которые могут свидетельствовать о начале процессов износа или повреждения элементов гидравлической системы. Интеллектуальная система диагностики выполняет несколько ключевых функций. На первом этапе осуществляется выявление аномалий в работе гидравлических приводов, что позволяет фиксировать даже незначительные изменения параметров, которые могут быть незаметны при традиционных методах контроля. Далее выполняется классификация выявленных отклонений и определение возможных причин их возникновения. На заключительном этапе производится прогнозирование остаточного ресурса элементов системы, что позволяет оценить вероятность отказа оборудования в будущем. Внедрение интеллектуальных систем диагностики и мониторинга гидравлических приводов горных машин позволит повысить надежность эксплуатации карьерной техники, сократить количество внеплановых простоев и оптимизировать систему технического обслуживания оборудования [2]. Кроме того, использование предиктивных методов анализа способствует более эффективному планированию ремонтных работ и снижению затрат на эксплуатацию техники (рисунок 1).



Рисунок 1 – Функции интеллектуальной системы диагностики

Таким образом, развитие и внедрение интеллектуальных систем мониторинга является перспективным направлением повышения эффективности эксплуатации горных машин и обеспечения устойчивой работы горнодобывающих предприятий, в том числе в условиях ТОО «Kazminerals Bozshakol».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Харазов А.М. *Техническая диагностика гидроприводов горных машин*. М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.
2. Павлов А.И., Лощёнов П.Ю., Тарбеев А.А. *Диагностирование гидроприводов транспортно-технологических машин и оборудования*. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 204 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ГИДРОЦИЛИНДРА

Гидроцилиндры являются основными исполнительными механизмами гидравлических систем горного, строительного и транспортного машиностроения. Их надежность и долговечность непосредственно определяются техническим состоянием внутренней поверхности гильзы, которая обеспечивает герметичность поршневой пары и стабильность рабочих характеристик. В процессе длительной эксплуатации под воздействием высоких давлений, абразивных частиц и циклических нагрузок на внутренней поверхности гильз формируются такие дефекты, как овальность, конусность, продольные риски, задиры и коррозионные повреждения. Это приводит к увеличению внутренних утечек рабочей жидкости, снижению объемного КПД, падению развиваемого усилия и, в конечном итоге, к отказу гидроцилиндра.

Традиционные методы восстановления, основанные на расточке изношенной поверхности под ремонтный размер с последующим хонингованием, имеют существенные недостатки. Они сопровождаются необратимым съемом металла, уменьшением толщины стенки гильзы, снижением ее жесткости и несущей способности. Кроме того, данный подход требует поддержания номенклатуры поршней и уплотнений ремонтных размеров, что усложняет снабжение и увеличивает стоимость ремонта. В связи с этим актуальной задачей является разработка технологий, позволяющих возвращать изношенным гильзам номинальные размеры без удаления основного металла.

Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является применение методов газотермического и холодного газодинамического напыления металлических покрытий. Сущность технологии заключается в нанесении на изношенную поверхность слоя порошкового материала, ускоренного высокоскоростным газовым потоком до скоростей 300–1200 м/с. В отличие от наплавки, процесс напыления не сопровождается расплавлением основы, что исключает термические деформации тонкостенных гильз и структурные изменения в материале. В качестве напыляемых материалов используются порошки на основе железа, никеля, алюминия, меди, а также композиционные смеси, обеспечивающие высокую износостойкость и антифрикционные свойства.

Ключевым преимуществом напыления является возможность локального восстановления только изношенных участков без обработки всей поверхности, что снижает расход материалов и трудоемкость процесса.

Сформированное покрытие обладает мелкодисперсной структурой, низкой пористостью и высокой твердостью, что позволяет в последующем производить механическую обработку до номинального размера с обеспечением требуемых параметров шероховатости. Исследования показывают, что при оптимальных режимах напыления адгезионная прочность покрытий к чугунной и стальной основе достигает значений, достаточных для эксплуатации в условиях гидроцилиндров.

Таким образом, разработка метода восстановления внутренней поверхности гильз гидроцилиндров напылением металлических покрытий позволяет решать комплекс задач: компенсация износа без удаления основного металла, восстановление номинальных геометрических размеров, обеспечение требуемых физико-механических свойств поверхностного слоя. Внедрение данной технологии в ремонтное производство обеспечивает увеличение ресурса гидроцилиндров, сокращение расхода запасных частей и снижение эксплуатационных затрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Балдаев Л.Х. Газотермическое напыление: учебное пособие. – М.: Маришрут, 2006.
2. Ильиных С.А., Коньшев П.В., Полухин В.А. Восстановление гильз гидроцилиндров методом плазменного напыления. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000.
3. Коган Б.И., Егоров А.В. Гидроцилиндры горных машин. Технологии восстановления. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – №4. – С. 73–79.
4. Чавдаров А.В., Катаев Ю.В., Мамедов А.А., Попов Н.А. Исследование адгезионной прочности напыленного покрытия для ремонта рабочей поверхности гильз цилиндров. // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, №6. – С. 63–70.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Машиностроение является одной из ключевых отраслей промышленности, обеспечивающей развитие экономики и технологического потенциала государства. В условиях Четвёртой промышленной революции (Индустрия 4.0) цифровизация производственных процессов становится не просто конкурентным преимуществом, но необходимым условием выживания предприятий на современном рынке. Актуальность данного исследования обусловлена активной реализацией государственной программы «Казахстан-2050» и задачами технологической модернизации отечественного машиностроительного комплекса.

Основной задачей является анализ направлений и инструментов цифровизации в машиностроении, а также оценка их практической значимости для повышения производительности и качества выпускаемой продукции.

Основу цифровизации в машиностроении составляют следующие технологии:

1. CAD/CAM/CAE-системы. Системы автоматизированного проектирования (CAD), технологической подготовки производства (CAM) и инженерного анализа (CAE) позволяют сократить цикл разработки изделия в 2–4 раза. Применение таких систем, как Siemens NX, CATIA, Autodesk Fusion 360, обеспечивает точное моделирование деталей и оптимизацию конструкции до начала физического производства [1].

2. Цифровые двойники (Digital Twin). Технология цифрового двойника предполагает создание виртуальной копии физического объекта или производственного процесса в режиме реального времени. Это позволяет прогнозировать износ оборудования, моделировать технологические режимы и снижать простои оборудования на 20–30% [2]. Компании Siemens и General Electric активно применяют данный подход на своих производственных предприятиях.

3. Промышленный интернет вещей (IIoT). Внедрение датчиков и сетевых модулей на производственное оборудование обеспечивает сбор и передачу данных в режиме реального времени. На основе этих данных формируются системы мониторинга, предиктивного технического обслуживания и управления качеством. По данным McKinsey, IIoT-решения в машиностроении позволяют снизить затраты на техническое

обслуживание до 25% и увеличить время безотказной работы оборудования на 10–20% [3].

4. Роботизация и станки с числовым программным управлением. Современные обрабатывающие центры с ЧПУ, интегрированные в единую информационную среду предприятия, обеспечивают высокую точность обработки (до $\pm 0,001$ мм) и гибкость переналадки. Роботизированные ячейки позволяют перейти к мелкосерийному гибкому производству без значительных потерь производительности.

5. Аддитивные технологии (3D-печать). Применение технологий прямого лазерного спекания (DMLS), FDM и SLA-печати в машиностроении позволяет изготавливать прототипы, оснастку и отдельные серийные детали со сложной геометрией, недостижимой традиционными методами. В литейном производстве 3D-печать применяется для изготовления литейных моделей методом литья по газифицируемым моделям, что сокращает затраты на оснастку в 3–5 раз [4].

Анализ отечественных предприятий машиностроительного комплекса Казахстана показывает, что уровень цифровизации остаётся невысоким: большинство предприятий находятся на начальных этапах внедрения цифровых инструментов (CAD-системы, базовые ERP). Основными барьерами являются недостаток квалифицированных кадров, высокая стоимость оборудования и программного обеспечения.

Тем не менее реализация государственных программ «Цифровой Казахстан» и «Казахстан-2050» создаёт необходимые институциональные условия для ускорения этого процесса. В частности, предусматривается субсидирование затрат на внедрение цифровых решений для предприятий обрабатывающей промышленности.

Таким образом, цифровизация производственных процессов в машиностроении включает комплекс взаимосвязанных технологических решений: CAD/CAM-системы, цифровые двойники, IoT, роботизацию и аддитивные технологии. Их системное внедрение позволяет повысить производительность труда, снизить себестоимость продукции и обеспечить конкурентоспособность предприятий в условиях цифровой экономики. Практическое применение этих технологий на предприятиях Казахстана является перспективным направлением дальнейших исследований [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Grigoriev S.N., Masterenko D.A. CAD/CAM systems in mechanical engineering // *Journal of Engineering and Technology*. – 2022. – Vol. 14, No. 2. – P. 45–52.
2. Tao F., Cheng J., Qi Q. et al. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2018. – Vol. 94. – P. 3563–3576.
3. McKinsey Global Institute. *Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation*. – New York: McKinsey & Company, 2021. – 148 p.
4. Шинский О.И., Могилатенко В.Г. *Литьё по газифицируемым моделям: технология, оснастка, перспективы*. – Киев: Наукова думка, 2020. – 256 с.
5. Государственная программа «Цифровой Казахстан» на 2018–2022 годы: утв. Постановлением Правительства РК № 827 от 12.12.2017.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАНИПУЛЯТОРОВ В ЗОНАХ
СИНГУЛЯРНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

В современной машиностроительной отрасли наблюдается стремительный переход к полной автоматизации производственных циклов, где ключевым звеном выступают многозвенные манипуляционные системы. Повышение требований к точности, скорости и надежности таких систем заставляет исследователей обращаться к фундаментальным проблемам механики роботов. Одной из наиболее критических проблем при проектировании и эксплуатации промышленных роботов является наличие особых конфигураций, известных как зоны кинематической сингулярности или вырожденные состояния. В этих положениях манипулятор теряет одну или несколько степеней свободы, что делает невозможным управление движением по определенным направлениям в рабочем пространстве.

Теоретический фундамент кинематического анализа базируется на исследовании матрицы Якоби, которая устанавливает дифференциальную связь между скоростями в обобщенных координатах сочленений и скоростями рабочего органа в декартовой системе координат. Состояние сингулярности определяется математическим условием, при котором определитель матрицы Якоби равен нулю. В этот момент матрица становится вырожденной, и обратная задача кинематики не имеет единственного решения. С точки зрения физики процесса, приближение к сингулярности вызывает экспоненциальный рост требуемых скоростей в приводах. Даже для незначительного перемещения инструмента в декартовом пространстве система управления может потребовать от двигателей мгновенного поворота на огромные углы, что технически неосуществимо.

Для типичных шестиосевых антропоморфных манипуляторов, наиболее распространенных в машиностроении, принято выделять три основных типа сингулярных зон. Первая сингулярность запястья, возникающая при коллинеарности осей четвертого и шестого суставов. Вторая локтевая сингулярность, проявляющаяся при полном выпрямлении руки робота, когда центр запястья оказывается на границе рабочей зоны. Третья сингулярность в основании, когда центр запястья проецируется на вертикальную ось первого сустава. Каждое из этих состояний несет специфические риски для технологического процесса: от кратковременной

потери точности до полной остановки автоматизированной линии из-за срабатывания защиты по току в приводах.

Влияние зон сингулярности на производственные показатели в машиностроении крайне велико. При выполнении таких операций, как лазерная или плазменная резка, дуговая сварка и нанесение адгезивов, критически важно поддерживать постоянную линейную скорость инструмента. Попадание в зону сингулярности вызывает рывки и неконтролируемые отклонения от траектории, что ведет к неисправимому браку изделий. Более того, возникающие динамические удары приводят к ускоренному износу прецизионных редукторов и подшипниковых узлов, существенно сокращая межремонтный интервал дорогостоящего оборудования. Это делает задачу идентификации и обхода сингулярностей одной из приоритетных при разработке систем управления.

Современные подходы к решению данной проблемы в рамках автоматизированных систем включают в себя как геометрические, так и алгоритмические методы. К геометрическим методам относится тщательное планирование компоновки робототехнической ячейки, при которой критические зоны выносятся за пределы траектории движения инструмента. Однако в условиях гибкого производства это не всегда возможно. В таких случаях применяются алгоритмы численной регуляризации, такие как метод демпфированных наименьших квадратов. Данный метод позволяет системе управления сглаживать прохождение через сингулярность, допуская минимальную ошибку в позиционировании ради сохранения непрерывности и плавности движения.

Перспективным направлением развития машиностроительных систем является внедрение манипуляторов с избыточной кинематикой. Наличие дополнительной оси позволяет роботу изменять свою конфигурацию, не меняя положения рабочего органа, тем самым активно избегая вырожденных состояний. В совокупности с интеллектуальными алгоритмами прогнозирования, способными анализировать близость к сингулярности в реальном времени, это позволяет создавать по-настоящему автономные и надежные производственные комплексы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- 1.Зенкевич, С. Л. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов / С. Л. Зенкевич, А. С. Юценко. – 2-е изд. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 480 с.
- 2.Воротников, С. А. Информационные устройства робототехнических систем: учебное пособие / С. А. Воротников. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 384 с.
- 3.Craig, J. J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control / J. J. Craig. – 4th ed. – Boston: Pearson Education, 2017. – 400 p.
- 4.Springer Handbook of Robotics / editors: B. Siciliano, O. Khatib. – 2nd ed. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2016. – 2227 p.
- 5.Шахинпур, М. Курс робототехники: перевод с английского / М. Шахинпур ; под редакцией В. Г. Градецкого. – Москва: Мир, 1990. – 527 с.

Седов Н.С. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
Ракишев А.К. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
Абеков У.Е. (Караганда, ТОО “Maker (Мэйкер)”))

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ 3D ПЕЧАТИ

Технология 3D печати является актуальным для машиностроения, поскольку позволяет быстро изготовить детали сложной геометрии без применения дорогой оснастки и методов производства. Аддитивные методы дают возможность ускорить процесс разработки и производства изделий в разы, и снизить расход материалов. Благодаря послойному формированию изделий, появляется возможность создания конструкций с внутренними каналами и облегченными структурами, что трудно реализовать при использовании традиционных методов обработки.

3D печать бывает разных видов, наплавление пластиковой нити FDM/FFF, печать верх ногами в ванной с жидкой смолой лазером SLA/DLP/LCD и сплавление металлического порошка лазером SLS/SLM/DMLS[1]. В каждом из методов есть свои дополнительные факторы, влияющие на точность получаемых изделий.

В FDM/FFF типах печати:

- толщина слоя;
- температура экструдирования материала;
- тип используемого материала;
- скорость печати [2];
- усадка материала при охлаждении;
- ориентация модели при печати;
- наличие и расположение поддержек.

В SLA/DLP/LCD типах печати:

- толщина слоя при экспонировании;
- мощность и точность источника света;
- время экспозиции фотополимера;
- ориентация модели в рабочей камере;
- усадка фотополимерной смолы при полимеризации;
- пост-обработка.

В SLS/SLM/DMLS типах печати:

- толщина слоя порошка;
- мощность лазера;
- скорость сканирования лазера;
- диаметр лазерного пятна;
- размер и форма частиц порошка;
- распределение порошка по поверхности слоя;

- температура в камере печати [3].

Во всех случаях есть факторы, не связанные с определенным видом печати и повлиять на них очень тяжело, однако они влияют на точность печати:

- температура в помещении;
- влажность воздуха;
- температурные колебания во время печати;
- качество используемого материала;
- точность изготовления принтера [4];
- степень износа принтера [5].

На основе анализа научных работ, для повышения точности изделий рекомендуется оптимизировать параметры технологического процесса и учитывать особенности используемых материалов. Исследования показывают, что уменьшение толщины слоя, корректный выбор температуры печати и скорости формирования слоев позволяют снизить отклонения размеров деталей и улучшить качество поверхности изделий. Кроме того, важную роль играет правильная ориентация модели и оптимизация параметров печати, поскольку именно они оказывают значительное влияние на геометрическую точность и стабильность формирования слоев. Также рекомендуется учитывать свойства используемых материалов и проводить оптимизацию параметров процесса печати для конкретного типа аддитивной технологии, что позволяет повысить точность и надежность получаемых изделий.

Таким образом, точность изделий, получаемых методом 3D-печати, зависит от большого количества факторов, которые могут быть связаны как с параметрами самого процесса печати, так и с внешними условиями и состоянием оборудования. Для различных технологий аддитивного производства характерны свои специфические параметры, влияющие на точность формируемых деталей. Кроме того, значительное влияние оказывают общие факторы, такие как условия окружающей среды, свойства материалов и техническое состояние принтера. Учет и оптимизация данных факторов позволяют повысить точность и качество получаемых изделий при использовании аддитивных технологий в машиностроении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Бельсков Д.С., Пальмов С.В. 3D-печать CyberLeninka – 2018.
2. Beibit Zharylkassyn, Asma Perveen, Didier Talamona. Effect of process parameters and materials on the dimensional accuracy of FDM parts. *ScienceDirect MaterialsToday: proceedings* – 2021.
3. Tomaz Pepelnjak, Josip Stojic, Luka Sevsek, Dejan Movrin, Miadomir Millutinovic. Influence of Process Parameters on the Characteristics of Additively Manufactured Parts Made from Advanced Biopolymers. *MDPI Polymers* – 2023
4. Adrian Neacsu, Alin Dinita, Stefan Virgill Iacob. Can the Dimensional optimization of 3D FDM-Manufactured Parts Be a Solution for a Correct Design. *MDPI Materials* – 2025
5. Aditya K., Abhishek C., Abishek T., Christopher J., Harish K., Pawan K.A., Shahroz A.K. An investigation on wear characteristics of additive manufacturing materials. *ScienceDirect MaterialsToday: proceedings* – 2021.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Современное развитие машиностроения характеризуется внедрением инновационных технологий, направленных на повышение эффективности производства, снижение материалоемкости и расширение функциональных возможностей конструкций. Одним из наиболее перспективных направлений является использование аддитивных технологий, позволяющих формировать изделия послойным наращиванием материала на основе цифровой модели. Данный подход принципиально отличается от традиционных методов обработки, основанных на удалении материала, и открывает новые возможности в проектировании и изготовлении деталей.

Одним из ключевых преимуществ аддитивных технологий является возможность создания геометрически сложных конструкций, недостижимых при использовании традиционных методов. Это включает формирование внутренних каналов, ячеистых и топологически оптимизированных структур, обеспечивающих снижение массы при сохранении или даже увеличении прочностных характеристик. В машиностроении такие решения находят применение при изготовлении элементов станков, корпусных деталей, а также компонентов с повышенными требованиями к жесткости и виброустойчивости.

Целью работы является проведение сравнительного анализа напряженно-деформированного состояния традиционной стойки, изготовленной из алюминиевого сплава AISI 1060, и стойки с модифицированной внутренней геометрией, выполненной из композиционного материала. Объектом исследования служит несущая конструкция - стойка поперечной балки портального станка, функционирующая в условиях воздействия статических и динамических нагрузок.

В качестве исследуемого материала была принята композиционная система на основе эпоксидной смолы ЭД-20, армированной дисперсным наполнителем - карбидом кремния (SiC). Данный материал характеризуется сравнительно низкой плотностью (около 1800 кг/м³), что способствует снижению инерционных нагрузок в конструкции. Полимерная матрица обеспечивает повышенные демпфирующие свойства, что положительно влияет на снижение вибраций и повышение качества обработки. При этом модуль упругости композита составляет порядка 45 ГПа, что ниже

аналогичного показателя для алюминиевых сплавов (около 69 ГПа), однако компенсируется другими эксплуатационными преимуществами.

Численное исследование выполнялось с использованием программного комплекса SOLIDWORKS Simulation. В рамках анализа были рассмотрены две расчетные модели: первая представляла собой базовую конструкцию - полую стойку, изготовленную из алюминиевого сплава AISI 1060 (рис. 1); вторая - модернизированный вариант, выполненный из композиционного материала с развитой системой внутренних ребер жесткости (рис. 2).

Нагрузочные условия задавались исходя из эксплуатационных требований: на одну стойку прикладывалась расчетная сила величиной 880 Н, имитирующая воздействие массы поперечной балки и шпиндельного узла. Для повышения точности расчетов применялась объемная конечно-элементная сетка (Solid Mesh), сформированная с использованием алгоритма адаптивного сгущения по кривизне (Blended curvature-based), что позволило более корректно учитывать геометрические особенности моделей.

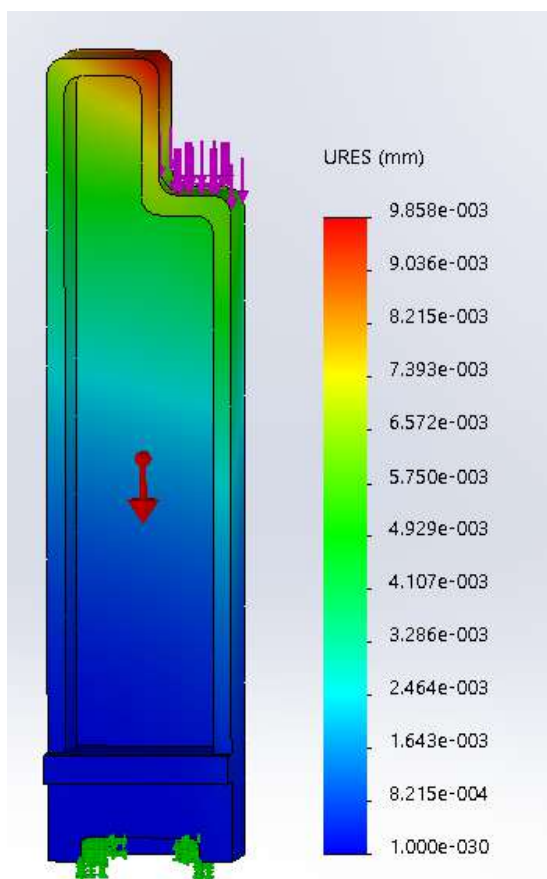


Рисунок 1 – Анализ стойки из алюминия по эпюре перемещений

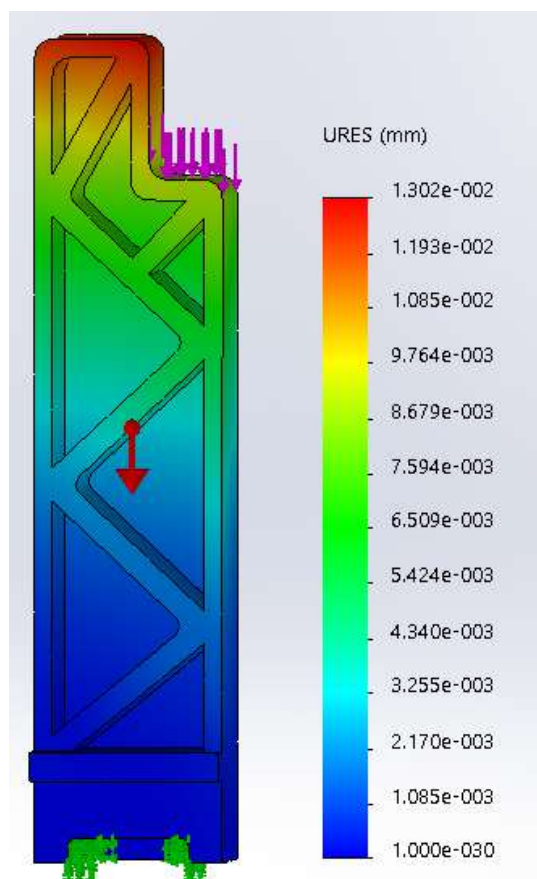


Рисунок 2 – Анализ стойки с модифицированной геометрией из полимера по эпюре перемещений

В ходе моделирования были получены следующие данные (табл. 3):

Таблица 3

Сводные результаты сравнительного анализа моделей

Параметр	Коробчатая балка	Спиральная балка	Результат сравнения
Материал	Алюминиевый сплав	Полимеркомпозит	Снижение плотности на 33%
Модуль упругости (E), ГПа	69	45	Снижение в 1,5 раза
Макс. перемещение, мм	0,5	0,18	Снижение в 2,7 раза
Макс. напряжения, Па	860	480	Снижение в 1.8 раз

Анализ полученных результатов показал, что применение внутренней структурной модификации в виде системы ребер жесткости способствует более равномерному перераспределению нагрузок по объему конструкции. Это, в свою очередь, положительно сказывается на ее деформационном поведении. В частности, зафиксировано снижение величины прогиба до уровня порядка 0,18 мм, что свидетельствует о повышении точностных характеристик узла.

Проведенное численное исследование подтверждает целесообразность перехода от традиционных металлических конструкций к композиционным решениям с адаптированной внутренней структурой. Реализация предложенного подхода позволяет добиться следующих результатов: увеличение статической жесткости конструкции в среднем в 2,7 раза; формирование более равномерного напряженного состояния, что снижает вероятность развития усталостных повреждений; а также повышение динамической точности за счет уменьшения инерционных параметров и выраженных демпфирующих свойств композиционного материала.

Полученные данные свидетельствуют о том, что оптимизация внутренней структуры элементов и переход к полимеркомпозитным материалам, реализуемые с применением аддитивных технологий, представляют собой одно из наиболее перспективных направлений развития современного станкостроения.

СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС

Karipov E.S. (Karaganda, KarTU named after A. Saginov)
Zhakylyna A.A. (Karaganda, KarTU named after A. Saginov)

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO REDUCE OPERATIONAL COSTS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Abstract

The article examines the possibilities of applying artificial intelligence technologies to reduce operational costs of buildings and structures. The main directions of implementing intelligent systems in building operation processes are analyzed, including the management of engineering systems, prediction of structural condition, and optimization of energy consumption. It is shown that the use of machine learning methods and data analysis significantly improves the efficiency of building operation, reduces maintenance costs, and increases the service life of buildings.

Keywords: artificial intelligence, building operation, energy efficiency, machine learning, digital technologies, building management.

Introduction

Operational costs of buildings and structures constitute a significant portion of total expenses throughout the entire life cycle of a facility. In the context of rising energy prices and the need to improve energy efficiency, the search for new approaches to building operation management becomes especially relevant.

One of the most promising directions is the use of artificial intelligence (AI) technologies, which make it possible to automate management processes, predict the technical condition of building elements, and optimize resource consumption. The implementation of intelligent systems enables a transition from reactive maintenance to proactive strategies, significantly reducing costs and increasing operational reliability.

The purpose of this article is to analyze the potential of artificial intelligence in reducing operational costs of buildings and structures.

Main Areas of Artificial Intelligence Application

Intelligent Control of Engineering Systems

One of the key sources of operational costs is the energy consumption of building engineering systems, including heating, ventilation, air conditioning, lighting, and water supply. The use of machine learning algorithms allows analyzing data on resource consumption, weather conditions, and building usage patterns.

Based on this data, intelligent systems can:

- automatically regulate equipment parameters;
- take into account actual occupancy levels;
- adapt to changing operating conditions.

As a result, significant energy savings can be achieved without compromising occupant comfort.

Prediction of Structural Condition

Traditional maintenance approaches are based on scheduled servicing or elimination of already occurred failures. This often leads either to excessive costs or to аварийные ситуации (emergency situations).

Artificial intelligence methods enable the implementation of predictive maintenance. Machine learning systems analyze sensor data, operational history, and external impacts, allowing to:

- predict structural wear and degradation;
- detect hidden defects;
- plan maintenance and repair activities in advance.

This reduces the likelihood of failures and minimizes capital repair costs.

Energy Consumption Optimization

Artificial intelligence is widely used to improve building energy efficiency. Data analysis systems help identify inefficient operating modes and optimize them.

Key tools include:

- energy consumption forecasting;
- automatic adjustment of system operation modes;
- anomaly detection in energy usage.

The application of such solutions can reduce energy consumption by 10–30%, significantly affecting overall operational expenses.

Use of Digital Twins

A modern approach is the creation of digital twins of buildings—virtual models that reflect the current state of a facility. The integration of AI into these models makes it possible to:

- simulate different operational scenarios;
- assess the impact of management decisions;
- optimize system performance.

Digital twins provide more accurate control over building operation and enable data-driven decision-making.

Advantages of Artificial Intelligence Implementation

The use of AI in building and structure operation provides several significant advantages:

- reduction of operational costs through resource optimization;
- increased reliability and safety of operation;
- extension of service life of structures;
- reduction of human factor influence in management;
- improvement of energy efficiency.

In addition, intelligent systems enable the accumulation and analysis of large volumes of data, contributing to continuous improvement of operational processes.

Limitations and Implementation Challenges

Despite the clear advantages, the implementation of artificial intelligence technologies faces several challenges:

- high initial investment costs;
- the need to develop data collection infrastructure (sensors, monitoring systems);
- shortage of qualified specialists;
- cybersecurity and data protection issues.

Another important factor is the need to adapt existing buildings to new technologies, which may require additional investments.

Conclusion

The application of artificial intelligence is an effective tool for reducing operational costs of buildings and structures. The use of intelligent management systems, predictive methods, and digital twins improves energy efficiency, reduces maintenance costs, and extends the service life of facilities.

Further development of AI technologies and their integration into the construction industry will contribute to the formation of “smart buildings” that ensure high levels of efficiency and sustainability in operation.

REFERENCES:

1. Stuart Russell, Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th ed. — Pearson, 2020.
2. International Energy Agency. *Energy Efficiency 2023*. — Paris: IEA Publications, 2023.
3. ASHRAE. *ASHRAE Handbook — HVAC Applications*. — Atlanta: ASHRAE, 2019.
4. Janusz Wojtaszek, Rafal Zimroz. *Application of Machine Learning Methods in Building Maintenance and Operation // Automation in Construction*. — 2021. — Vol. 129.

MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH VOIDED SLABS UNDER DIGITALIZATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Modern civil engineering is developing under the conditions of digital transformation and the active implementation of innovative technologies. One of the key objectives of the construction industry is to improve efficiency by reducing material consumption, shortening construction time, and enhancing the quality of building structures.

Monolithic reinforced concrete structures occupy a leading position due to their high strength, durability, and ability to withstand significant loads. In addition, such structures provide flexibility in architectural and planning solutions, which is especially important for civil buildings.

One of the most promising directions in monolithic construction is the use of slabs with plastic void formers. This technology allows rational redistribution of material within the structure by eliminating concrete from zones that do not participate in load-bearing, thereby reducing the overall weight without compromising strength characteristics.

At the same time, the development of digital technologies and artificial intelligence opens new opportunities for optimizing construction processes, improving quality control, and increasing overall efficiency.

Slabs with plastic void formers represent an innovative structural solution in which polymer elements are placed inside the reinforced concrete slab to create internal voids. These elements can have spherical, elliptical, or cylindrical shapes depending on the design requirements.

Table 1 – Comparison of solid and voided monolithic slabs

Parameter	Solid slab	Voided slab
Concrete consumption	100%	70–80%
Self-weight	High	Reduced by 15–25%
Load on foundation	High	Reduced
Span capability	Standard	Increased
Thermal insulation	Moderate	Improved
Material efficiency	Medium	High
Construction cost	Higher	Lower (due to savings)

The implementation of this approach offers multiple notable benefits. Firstly, concrete usage can be cut by approximately 20–30%, leading to a significant reduction in construction expenses. Secondly, the self-weight of slabs

decreases by 15–25%, thereby lessening the load imposed on structural elements and foundations.

This weight reduction enables longer slab spans without the need for additional reinforcement, providing greater architectural flexibility. Additionally, the inclusion of internal voids enhances both the thermal insulation and acoustic performance of buildings.

The construction sequence involves installing formwork, placing lower reinforcement, positioning void formers, installing upper reinforcement, pouring concrete, and curing. Careful placement of void formers is crucial, as it directly influences load distribution and structural reliability.

Digitalization plays a pivotal role in contemporary construction. Building Information Modeling (BIM) allows for the creation of detailed digital representations containing exhaustive data on structures, materials, and construction procedures. Using BIM for voided slab design enables:

- optimization of void former and reinforcement layouts;
- precise calculation of required materials;
- early identification of design conflicts;
- improved project coordination and reduced errors.

Artificial intelligence technologies further enhance construction processes. Machine learning systems can analyze extensive datasets to provide:

- forecasting of construction schedules;
- optimization of concrete mix designs;
- automated quality monitoring;
- early detection of potential defects.

Moreover, real-time monitoring tools track critical parameters such as temperature, humidity, and concrete strength development, ensuring superior quality control and minimizing the risk of structural failures.

Digital logistics platforms also optimize material supply, equipment deployment, and minimize downtime, significantly boosting project efficiency.

In conclusion, monolithic reinforced concrete structures with slabs incorporating plastic void formers represent a forward-looking solution in civil engineering. This method reduces material consumption, lowers structural weight, and enhances economic efficiency while preserving necessary strength properties.

Integrating digital tools and AI introduces a higher level of construction management, improving design precision, process efficiency, and quality assurance. Combining innovative materials, modern construction techniques, and digital solutions forms a foundation for sustainable and high-performance construction in the digital era.

REFERENCES:

1. Neville, A.M. *Properties of Concrete*. – 5th ed. – Pearson Education Limited, 2011.
2. ACI Committee 318. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)*. – American Concrete Institute, 2019.
3. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*. – 3rd ed. – Wiley, 2018.

ENSURING THE STABILITY OF THE ROADBED IN SECTIONS OF HIGHWAY WIDENING

The increasing demands for the reliability, stability, and strength of roadbeds and pavements are closely linked to the programs being implemented for the prospective development of the state economy and regional transport and engineering-communication infrastructure networks. In recent years, the road sector in Uzbekistan has also been developing rapidly. Accordingly, at present, it is necessary to reconstruct thousands of kilometers of our highways. In these widened sections, in order to ensure the strength of the pavement, the roadbed must also be strong and stable.

The reconstruction of a road depends on the improvement of its key parameters. These data are obtained through road diagnostics and then reassessed and compared with the required standards. If the road parameters exceed the permissible limits, it becomes necessary to repair or reconstruct the road. [1]

During road reconstruction, many elements of the road are subject to change. Taking into account the widening of the road, it becomes necessary to modify both underground and above-ground structures. In this process, bus stops, open and closed drainage systems, and other facilities may interfere with the execution of construction works.

One of the major challenges on such roads is the presence of existing electrical cables, various communication lines, and high-voltage cables installed prior to reconstruction. These may be damaged during the construction process. Information about such utilities must be included in the design documentation by the project engineer, and the contractor must pay special attention to them.

When reconstructing low-category roads into higher-category highways, it is considered preferable to construct a new road parallel to the existing one. The existing road is rehabilitated and designated for one-way traffic. This approach makes earthworks more convenient and helps ensure better road quality. The new road, in turn, is used for traffic in the opposite direction.

The widening of a highway can be carried out in two ways: one-sided widening and two-sided widening (Figure 1).

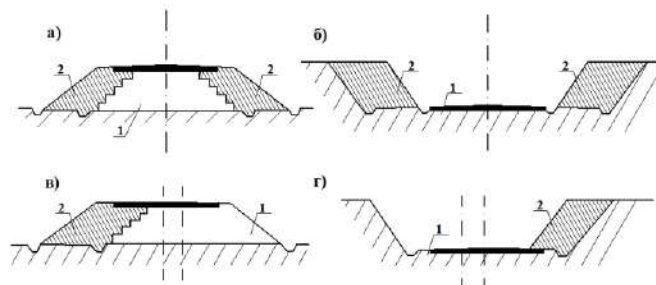


Figure 1: Scheme of Roadbed Widening:

a, b – symmetrical widening on raised and recessed sections; v, g – asymmetrical widening on raised and recessed sections;
1 – existing condition; 2 – widened section.

The roadbed is one of the main elements of a highway, as it ensures the stability, strength, and durability of the pavement and other structures. The roadbed differs from other elements of the highway in that, if it is properly designed and constructed, it serves significantly longer than the other components.

The methods for calculating the stability of the roadbed are based on the principles of soil mechanics. In this process, it is necessary to take into account the complex working conditions of the roadbed. The moisture condition of the soil within the roadbed varies, and it is also subjected to changing temperatures over time. As a result, the soil's resistance to loads differs across various seasons of the year and also varies from year to year due to changing weather conditions.

The regular changes in temperature and moisture at different points of the roadbed throughout the year are referred to as the hydrothermal regime. The hydrothermal regime depends not only on the characteristics of the road-climate region but also varies according to the road's location, the structure of the roadbed (whether on an embankment or in a cutting), the classification of atmospheric precipitation, the depth of freezing, and other factors.

In areas with seasonally freezing soils, the density and moisture content of the soils change during the period of road use. In general, this process consists of four main stages: swelling in autumn; maximum swelling due to freezing in winter; thawing in spring; and shrinkage during drying and settling in summer. When designing the working layer of the roadbed, which bears the load from the pavement, it is possible to construct it using soils that are non-swelling or low-swelling. In this case, the swelling of the soil does not need to be considered when determining its density, moisture content, and expansion due to freezing.

After widening a highway pavement, its resistance to freezing, as well as the stability and strength under settlement, should be tested for the following three design years [2]:

- The first year after the road has been widened;
- The year in which soil swelling in the widened section reaches its maximum due to freezing;
- The year in which the “unchanged effective” density of the soils in the widened section is determined.

Implementing measures to control the hydrothermal regime in the widened section of a road addresses tasks related to ensuring uniform freezing and settlement across the carriageway, as well as achieving consistent stability of the roadbed along the full width of the pavement.

In areas with seasonally freezing soils, the density and moisture content of the soils change during the period of road use. In general, this process consists of

four main stages: swelling in autumn; maximum swelling due to freezing in winter; thawing in spring; and shrinkage during drying and settling in summer.

During the summer months, the density of soils in the roadbed may decrease compared to the density achieved during construction. This reduction in soil density occurs when the combined effects of autumn swelling, winter expansion due to freezing, spring settlement during thawing, and summer shrinkage during drying exceed the initial compaction. The decrease in soil volume is typically observed over a period of approximately 5–10 years, after which the process stabilizes, resulting in an “unchanged effective” density during the summer months.

$$K_{u(b)} = K_{u(min)}/(1 - e_{usad}), \quad (1)$$

Here, $K_{u(b)}$ is the compaction coefficient corresponding to the “unchanged effective” density; $K_{u(min)}$ is the minimum value of the compaction coefficient after soil settlement in the summer months; e_{usad} is the relative reduction in soil volume during the summer months. [3]

It is clear that in the design and reconstruction of roads, the water-thermal regime must be carefully considered. Neglecting this factor can lead to the deterioration of other performance characteristics of the roadway. Regardless of how thoroughly the newly expanded section is compacted, its stability will gradually be compromised over the years due to the settlement and melting of the various constituent materials. Consequently, longitudinal cracks begin to develop in the pavement, resulting in roadway damage, a reduction in service life, and the need for maintenance and repairs. From an economic standpoint, this incurs substantial costs and may pose significant risks to the safety of road users.

REFERENCES:

1. Kayumov, A. D., Khudayqulov, R. M., & Maxmudova, D. A. (2021). *Water-thermal regime of roadbed in highways [Textbook]*. Tashkent: TDTU.
2. SHNQ 2.05.02-23. (2024). *Highways: Design requirements [Urban planning norms and regulations]*. Tashkent.
3. Ruvinsky, V. I. (1982). *Optimal earthwork designs*. Moscow: Transport.

Savchuk R.E. (Karaganda, KarTU named after A. Saginov)
Ryabkova M.P. (Karaganda, KarTU named after A. Saginov)

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ANALYSIS AND FORECASTING OF GEOTECHNICAL PROCESSES IN THE CONSTRUCTION OF FAST-ERECTED PREFABRICATED MONOLITHIC INDUSTRIAL BUILDINGS

The modern development of the construction industry is accompanied by the active implementation of digital technologies, among which artificial intelligence occupies a significant place. In the context of increasing volumes of industrial construction and the widespread use of fast-erected prefabricated monolithic systems, the need for accurate analysis and forecasting of geotechnical processes is growing. A geotechnical system represents a complex interaction between the soil base and structural elements, where calculation errors may lead to deformations and accidents. The use of artificial intelligence makes it possible to improve the accuracy of engineering calculations and reduce the influence of uncertainties associated with natural conditions.

Intelligent technologies are of particular importance at the stage of engineering and geological surveys and foundation design. Machine learning algorithms enable the processing of large volumes of data on soil properties, identification of hidden patterns, and generation of more accurate predictions of soil behavior under load. This is especially relevant for fast-erected prefabricated monolithic buildings, where limited construction time requires rapid decision-making. Artificial intelligence is capable of taking into account a complex set of factors, including soil heterogeneity, groundwater level, and climatic conditions, which increases the reliability of design solutions.

At the construction stage, the use of intelligent systems ensures real-time monitoring of the condition of soils and structures. The application of sensors and automated control systems, combined with data processing algorithms, allows timely detection of deviations from design parameters. This makes it possible to promptly adjust construction processes and prevent the development of dangerous deformations. Thus, the implementation of artificial intelligence contributes to improving construction safety and quality.

During the operation of buildings, systems for forecasting geotechnical risks play an important role. Artificial intelligence makes it possible to model various scenarios of processes occurring in the soil base, including settlement and

changes in bearing capacity. The use of digital twins provides the ability to monitor the condition of facilities throughout their entire life cycle and to make informed decisions regarding their operation and maintenance. This is especially important for industrial buildings, where structural reliability directly affects the efficiency of production processes.



Fig. 1. The process of training artificial neural networks.

Despite the obvious advantages, the implementation of artificial intelligence requires a high level of specialist training and its proper integration with traditional engineering approaches. Of particular importance is the correct interpretation of the results obtained using intelligent algorithms, as well as compliance with current regulatory requirements. The most effective approach is a comprehensive one that combines classical methods of geotechnical analysis with modern digital technologies, which makes it possible to improve the reliability and efficiency of design solutions.

Thus, the use of artificial intelligence in geotechnical design and construction of fast-erected prefabricated monolithic industrial buildings represents a promising direction for the development of the industry. It contributes to improving the accuracy of calculations, reducing risks, and ensuring the stability of engineering structures. Further development and implementation of these technologies will significantly enhance the quality and safety of construction.

REFERENCES

1. *Osnovy geotekhniki i mekhaniki gruntov*; Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov – Moscow, 2021. – 320 p.
2. Bondarik G. K. *Inzhenernaya geologiya*; Vysshaya shkola – Moscow, 2020. – 400 p.
3. Malinin N. N. *Osnovaniya i fundamenty zdaniy i sooruzheniy*; ASV – Moscow, 2022. – 280 p.
4. *Primenenie iskusstvennogo intellekta v stroitel'stve*; Stroyizdat – Moscow, 2023. – 256 p.

METHODS FOR CONNECTING COLUMNS TO BEAMS IN CIVIL BUILDINGS

Monolithic reinforced concrete construction in the Republic of Kazakhstan is one of the leading technologies for building construction due to its high strength, durability and adaptability to complex engineering, geological and seismic conditions [1]. Monolithic frame systems are most actively used in large cities, such as Almaty and Astana, where high-rise construction is developing [2]. The reliability of such systems is largely determined by the coupling points of beams with columns, which ensure the transmission of bending moments, transverse forces and normal stresses. At the same time, construction is carried out in a full cycle directly on the site—from the installation of foundations to the construction of the main load-bearing elements of the frame [3].

The main advantages of monolithic reinforced concrete include:

- spatial rigidity and stability of structures;
- ability to implement complex architectural forms;
- high earthquake resistance;
- uniform load distribution in the frame.

At the same time, the development of the industry is accompanied by the introduction of modern materials (high-strength concretes, A500C class rebar), as well as the improvement of formwork and concreting technologies.

Beam-column interfaces in monolithic reinforced concrete frames are the most important elements that determine the behavior of a building under static and dynamic loads.

In the modern practice of Kazakhstan, the following types of nodes are used:

1) Rigid monolithic nodes:

- they are made with continuous reinforcement of the beam and column;
- provide transmission of bending moments;
- they are used in frame systems with rigid nodes.

2) Prefabricated monolithic nodes:

- they are used in industrial construction.
- they include joint sealing and reinforcement anchoring.
- they allow you to speed up the pace of construction.

3) Earthquake-resistant components:

- designed with plasticity requirements in mind.
- provide for reinforced transverse reinforcement;
- they implement the "strong column — weak beam" principle.

Especially important in the conditions of Kazakhstan is the consideration of seismic impacts. Studies show that the operation of monolithic frame buildings should be analyzed taking into account the elastic-plastic properties of materials and dynamic loads[4].

The technology of constructing interface nodes includes the following stages:

- Installation of the reinforcement frame of the column and valve outlets;
- Installation of formwork beams and columns;
- Bundle of node reinforcement with anchoring;
- Concreting with mandatory vibration of the mixture;
- Concrete care and strength gain control.

An important aspect is the correct selection of the rebar diameter and class. For beams and columns, rods with a diameter of 12-20 mm are used, which provides the necessary load-bearing capacity and crack resistance of the structure[5].

Despite the widespread use of monolithic technologies, there are a number of problems:

- high labor intensity and dependence on workers' qualifications;
- the need for strict quality control of concreting;
- difficulty in ensuring uniform concrete hardening;
- risk of cracking in nodal areas.
- Promising areas of development include:
 - introduction of high-strength and self-compacting concretes;
 - application of digital modeling (BIM-technologies);
 - use of innovative nodes with increased energy intensity;
 - development of seismic isolation technologies.

Monolithic reinforced concrete construction in the Republic of Kazakhstan is at the stage of active development and modernization. Beam-column interfaces are key elements that determine the reliability and stability of buildings.

Current trends are aimed at improving the seismic resistance, durability and maintainability of structures. Further development of this area is associated with the introduction of innovative materials and technologies, as well as improving the regulatory framework.

LIST OF SOURCES USED

1. NTP RK 02-04-2011. *Design of precast, precast-monolithic and monolithic reinforced concrete structures*. Astana: Committee for Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Kazakhstan, 2011, 250 p.
2. SNiP of the Republic of Kazakhstan 5.04-23-2002. *Steel structures*. - Astana: Gosstroy of the Republic of Kazakhstan, 2002. - 180 p.
3. Moskalev N. S., Pronozin Ya. P. *Metallicheskie konstruksii [Metal structures]*. Moscow: ASV Publ., 2016, 344 p. (in Russian)
4. Tsats T. N. *Stroitel'nye konstruksii [Building structures]*. – Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2014, 368 p. (in Russian)
5. Pampanin S., Christopoulos C. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. – London: CRC Press, 2019. – 412 p.

INSTALLATION TECHNOLOGIES FOR MAIN REINFORCEMENT IN MONOLITHIC FLOOR SLABS

Modern civil and industrial construction is characterized by the extensive use of cast-in-place (monolithic) reinforced concrete. One of the most critical stages in the erection of a building's structural frame is the construction of floor slabs. The structural integrity and reliability of these elements depend directly on the precise adherence to the installation technology for the main reinforcement, which absorbs the primary tensile stresses.

Preparatory Stage. Prior to the commencement of reinforcement works, the formwork system must be fully assembled and accepted. The formwork surface is cleared of construction debris and treated with specialized release agents (lubricants) to prevent concrete adhesion to the deck [1]. Layout markings for the main bars and reinforcement zones are applied to the formwork surface in strict accordance with the design documentation.

Installation of Concrete Cover Spacers. Establishing a standardized concrete cover is a critical requirement for preventing reinforcement corrosion. To achieve this, plastic spacers (such as "chair" or "multi-level" types) are utilized. The spacing between the reinforcement spacers is determined to eliminate the deflection of rebar under the weight of personnel or during concrete placement. As a rule, at least 4–6 spacers are installed per square meter [2].

Reinforcement Mat Installation Technology. The reinforcement of slabs is most commonly executed in two layers (the bottom mat and the top mat).

- **Bottom Layer:** Bars are laid on spacers in two perpendicular directions. The main longitudinal reinforcement is installed first, followed by the distribution (secondary) reinforcement.

- **Top Layer:** To maintain the design effective depth between the bottom and top mats, supporting frames—known as "high chairs" (frogs) or "continuous high chairs" (snake spacers)—are employed. These components rigidly fix the top row of bars, preventing displacement during the pouring and vibration of the concrete [3].

Reinforcement Connection Methods. In modern construction, three primary methods are used for joining reinforcement bars:

- **Wire Tying:** The most prevalent method, providing the necessary framework flexibility during thermal expansion. Annealed steel wire with a diameter of 1.2–1.4 mm is typically used.

- Welding: Primarily used for the fabrication of flat or spatial cages in factory conditions. On-site arc welding requires stringent quality control to prevent "undercutting" of the base metal of the bar [4].

- Mechanical Connections: The use of mechanical couplers (threaded or crimped). This technology significantly reduces steel consumption (by eliminating lap splices) and accelerates the pace of installation.

Reinforcement of Critical Zones. Significant punching shear forces occur in the areas where the slab is supported by columns or walls. In these zones, additional transverse reinforcement is installed in the form of cages or individual stirrups, and the top zone of the slab is reinforced with additional mats over the supports. While the use of modern composite materials, such as carbon fiber, shows high efficiency during the strengthening of existing structures, rigid steel reinforcement remains the priority for new construction [5].

Quality Control. The acceptance of reinforcement works includes the verification of:

- Compliance of the steel grade and bar diameter with the design specifications;
- Reinforcement spacing (pitch) and the length of lap splices;
- The presence and correct installation of concrete cover spacers;
- The cleanliness of the reinforcement (absence of oil stains, flaking rust, or ice).

Adherence to the technological sequence of reinforcement installation in monolithic slabs is a guarantee of the building's design rigidity and seismic resistance. The automation of tying processes, the transition to mechanical couplers, and the use of high-quality components (spacers) allow for the minimization of human error and an increase in the overall production culture on the construction site.

REFERENCES:

1. Bondarenko, V. M., & Bakirov, R. O. (2017). *Reinforced Concrete and Masonry Structures: Textbook*. Moscow: Vysshaya Shkola. 887 p.
2. SP 70.13330.2012. *Load-bearing and Enclosing Structures. Updated edition of SNiP 3.03.01-87*. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2012.
3. Tikhonov, I. N. (2015). *Reinforcement of Elements of Monolithic Reinforced Concrete Buildings*. Moscow: NRC "Stroitelstvo". 192 p.
4. Golyshev, A. S., & Bachinsky, V. Ya. (2010). *Design of Reinforced Concrete Structures: A Reference Manual*. Kyiv: Budivelnik. 544 p.
5. Telichenko, V. I., & Terentyev, O. M. (2018). *Technology of Erecting Buildings and Structures*. Moscow: Vysshaya Shkola. 446 p.

PLASTIC VOID FORMER FOR CAST-IN-PLACE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

The plastic void former for cast-in-place (monolithic) reinforced concrete structures pertains to the field of civil engineering and is applicable in the manufacturing of reinforced concrete multi-void slab systems. These include foundations, floor and roof slabs, as well as load-bearing floor layers for industrial and civil buildings.

Currently, various void-forming modules are known, which utilize hollow, closed structural elements (void formers) of different geometries. These elements are typically secured using steel reinforcement cages [1, 2]. The primary disadvantage of such designs is the low efficiency of installation works due to the structural complexity of the assemblies.

The technical solution most closely related to the proposed invention, in terms of both the objective and the achieved technical result, is a void-forming module comprising a frame with integrated void formers. In this configuration, the frame consists of transverse bars bent into the shape of an isosceles trapezoid (excluding the larger base) and straight longitudinal bars. These longitudinal bars are fastened to the segments of the transverse bars corresponding to the smaller upper base and the free ends. The void formers are designed as hollow, closed plastic structural elements in the shape of a body of revolution, secured within the frame by abutting against the bars [3]. However, this design is also characterized by insufficient installation efficiency.

The technical objective of the proposed plastic void former design is to enhance the efficiency of installation works. This result is achieved through the following structural modifications: the frame is formed by plastic transverse bars equipped with integral fasteners designed for the attachment of fiberglass (GFRP) longitudinal bars.

The assembly and application of the plastic void formers for cast-in-place reinforced concrete structures are performed as follows:

- Nestable Design: The void formers are manufactured from plastic and consist of two interconnected identical hollow components (1) (Figure 1, a). This allows the parts to be nested during transportation, optimizing space and significantly reducing logistics costs.

- Geometry and Sealing: When assembled, the plastic void formers create a hermetically closed loop (preventing the ingress of concrete) and feature an ellipsoidal shape (ensuring optimal concrete flow and consolidation around the unit).

- **Frame Construction:** The frame is composed of plastic transverse bars (2) bent into an isosceles trapezoid and straight fiberglass longitudinal bars (3). These are secured to the transverse bars (2) via plastic locking fasteners (4) (Figure 1, b).

- **Fixation:** The plastic void formers (1) are fixed within the frame by abutting against the longitudinal bars (3) (Figure 1, b) [4].

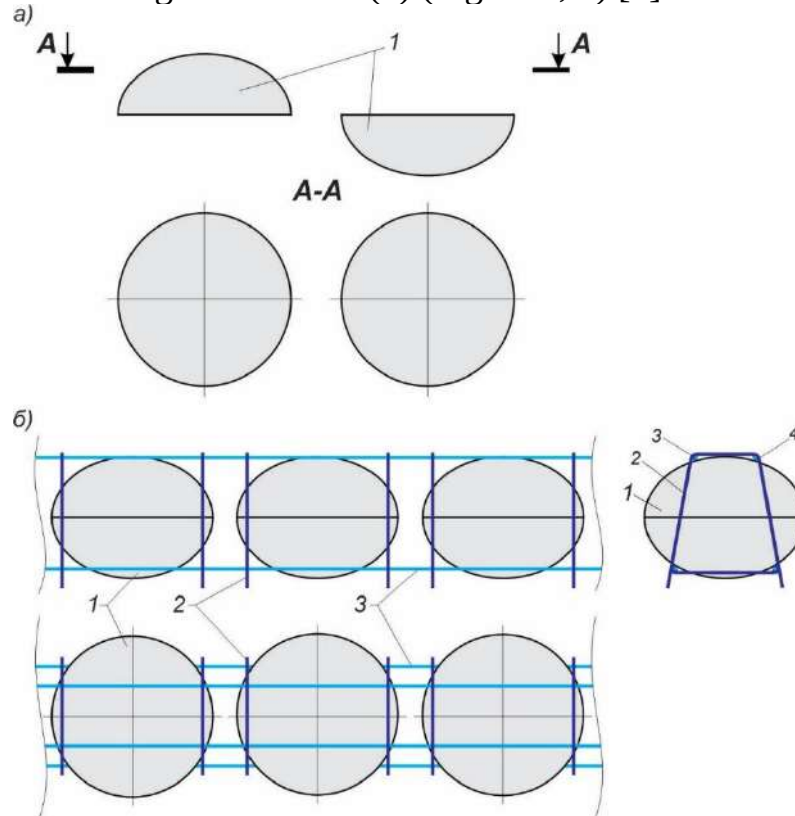


Figure 1 – Plastic void former

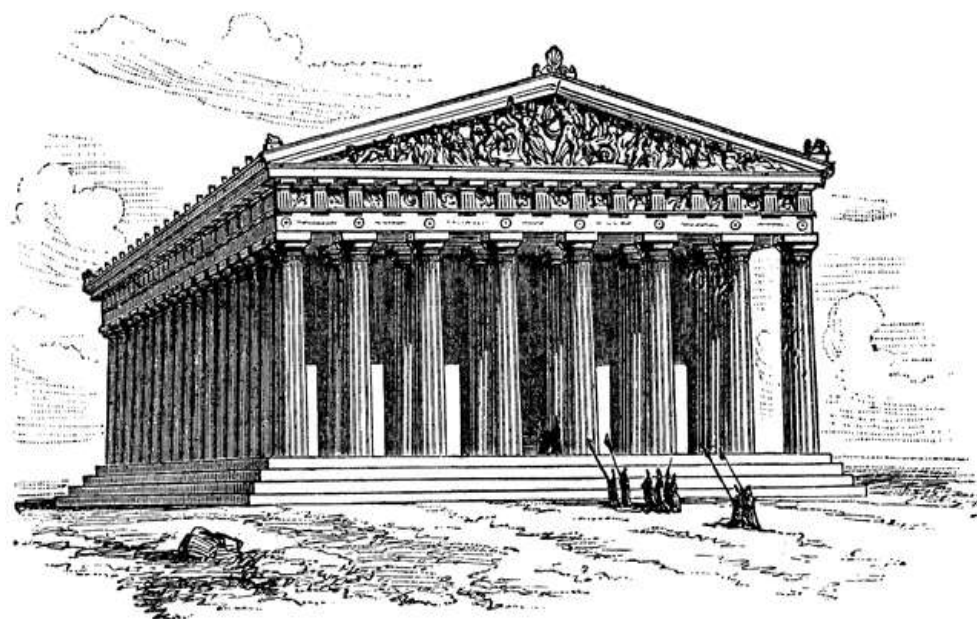
In conclusion, the proposed plastic void former for cast-in-place reinforced concrete structures facilitates a significant increase in the efficiency of installation and assembly operations.

REFERENCES

1. Republic of Belarus Patent. Void-forming module. BY 8418 U, August 30, 2012. Int. Cl. B28B 7/30.
2. Russian Federation Patent. Void former for reinforced concrete slabs. RU 2700353 C2, January 14, 2016. Int. Cl. E04B 5/32.
3. Russian Federation Patent. Void-forming module for the production of hollow-core slabs. RU 2724648 C1, December 12, 2019. Int. Cl. B28B 7/28, B28B 1/44.
4. Republic of Kazakhstan Utility Model Patent. Plastic void former for monolithic structures. KZ 10617, May 03, 2025. Int. Cl. B28B 7/28, B28B 1/44.

МОНУМЕНТТІ НЕМЕСЕ ДЕКОРАЦИЯЛЫҚ КЕСКІНДЕМЕ ҚАБЫЛДАУЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ

Монументалды өнер (лат. Monumentum- естелік, естелік, ескерткіш, мөнео- еске саламын)- пәндік- кеңістіктік, ең алдымен архитектуралық, қоршаған ортамен органикалық байланыста жасалған өнер. Бұл анықтама мағынаның қосарлануын жасырады. Бір жағынан, "монументалды"- архитектураға қатысты, екінші жағынан, сәйкес- үлкен, маңызды, керемет, мәңгілік дегенді білдіреді. Алайда, көркемдік теория мен практикадағы бұл мағыналар сәтті расталған, өйткені архитектуралық құрылымдар ғасырлар бойы қалыптасқан және тұрақты, маңызды мазмұнды білдіреді. Монументалды өнер туындылары- архитектуралық және мүсіндік композициялар, ландшафт және бақ-саябақ өнерінің элементтері, кескіндеме және мозаикалық панельдер, рельефтер, витраждар- қандай да бір жолмен ансамбльді құрайды.

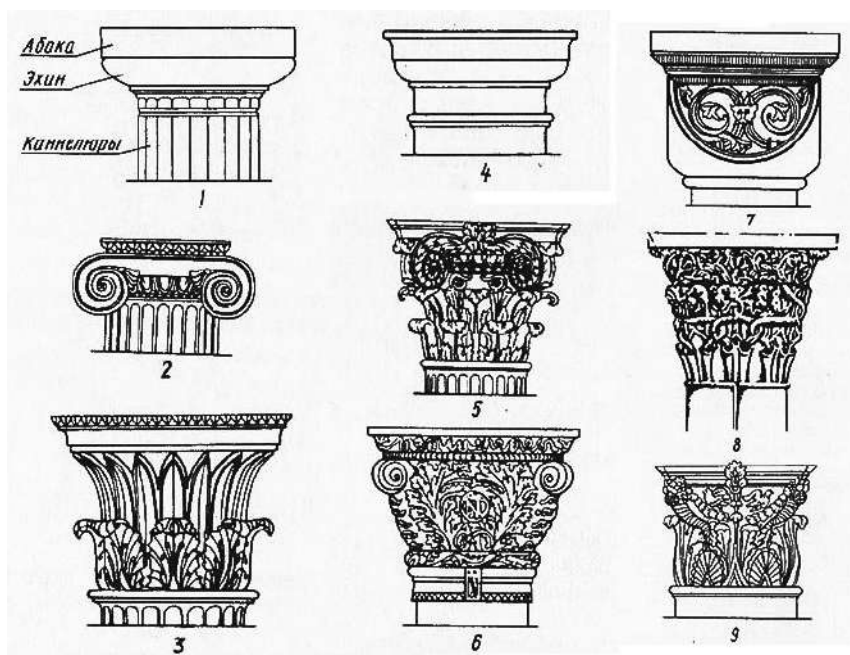


1-сурет-Монументалды архитектура

Сондықтан, атап айтқанда, архитектураның "жеке ғимараттарды біріктіруге арналған ауқымды жұмыс істейтін кешенді өнер" анықтамаларының бірі.

Өнертану, эстетика және философияның монументалдылығы, әдетте, өзінің сипаттамалары бойынша "жоғары" санатына жататын көркем образдың қасиеті деп аталады. Владимир Дальдың сөздігі монументалды-

"даңқты, әйгілі, ескерткіш түрінде болатын"сөзіне осындай анықтама береді. Монументалдылық ерекшеліктеріне ие шығармалар масштабты, мәнерлі, керемет пластикалық формада бейнеленген идеологиялық, әлеуметтік маңызды немесе саяси мазмұнмен ерекшеленеді. Монументалдылық бейнелеу өнерінің әртүрлі түрлері мен жанрларында кездеседі, бірақ оның қасиеттері монументалды өнердің туындылары үшін таптырмас болып саналады, онда ол көркемдіктің субстраты, көрерменге психологиялық әсердің басым бөлігі болып табылады. Сонымен қатар, монументалдылық ұғымын монументалды өнер туындыларының өздерімен сәйкестендіруге болмайды, өйткені бейнелеудің осы түрінің номиналды шектерінде жасалғанның бәрі де сәндік емес.



2-сурет- Монументалды архитектура элементтері

Монументалды өнердің бірқатар қалыптасқан түрлерінің белгілі бір функционалдық тәуелділігі, олардың көмекші рөлі, қабырғаларды, әртүрлі архитектуралық элементтерді, қасбеттер мен едендерді, бақша-саябақ ансамбльдерін немесе ландшафтты сәндік ұйымдастыру мәселелерін шешуде көрінеді, егер оған арналған туындыларға архитектуралық-сәндік қасиеттер немесе эстетикасының қасиеттері берілсе, оларды монументалды-сәндік өнер деп атайды. Дегенмен, монументалды өнердің бұл сорттары арасында оларды бір-бірінен ажырататын қатаң сызық жоқ. Монументалды өнердің негізгі ерекшеліктерінің бірі, аталған қасиеттерге, қатаң жалпыланған формаларға немесе мазмұнға сәйкес динамикаға ие. бұл көп жағдайда олар ұзаққа созылатын материалдардан жасалады

Дегенмен, монументалды өнердің бұл түрлерінің арасында бір-бірінен ажырататын қатаң шекара жоқ. Аталған қасиеттерге, қатаң жалпыланған

формаларға немесе мазмұнына сәйкес динамикаға ие монументалды өнердің негізгі ерекшеліктерінің бірі - олардың көбінесе ұзақ мерзімді материалдардан жасалуы.

Сонымен қатар, монументалды кинетикалық өнердің өнімді бағыттары бар, олар ландшафтта да, қазіргі заманғы сәулетте де орынды. Егер ескі қала ансамблінің мүсіндік талаптарынан бас тарту ақталса, онда суретші инсталляцияның композициялық аяқталған кеңістіктегі заңдылығына ғана емес, сонымен қалыптасқан көлемдік тұрақтылыққа да бағынуы керек. Бірақ шартты өнердің әртүрлі композициялары, пластикалық мазмұндылық пен сенімділік белгілеріне ие бола отырып, кез келген ансамбльде өмір сүруге құқық алады. Кез келген жүзеге асырылған және уақыт өте келе аяқталған, дамуы аяқталған стиль ортасына тіпті контрмәдениет өнімі де, тіпті антитеза ретінде де белсенді түрде кіріп, тіпті басып кіре алады, бірақ егер бұл шынымен де туынды және шынымен де монументалды өнер болса ғана. Өнер дәуірлердің өзгеруін болжайды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Карточки - задания по черчению: 9 кл.: ВВ . Степанова, Л.Н. Анисимова В.А. Гервер и др.; Под ред. В.В. Степаковой - М.: Просвещение, 2000- 64 с., ил.
2. Абдильдина Г.А.; Суреттің конструкциялық құрылымының шешімі
Оқу құралы Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті; - Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2019.- 50б.
3. Абдильдина Г.А. Станк кескіндеме негіздері: Оқу құралы
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті; - Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2014.- 50б.
4. Карточки- задания по черчению: 9 кл: В.В.Степанова, Л.Н.Анисимова, В.А. Гервер и др.; Под ред. В.В. Степаковой- М.: Просвещение, 2000- 64 с, ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МРАМОРНОЙ КРОШКИ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ.

Мраморная промышленность производит большие объемы отходов на этапах добычи и переработки. Эти отходы сбрасываются на открытые земли, что создает множество экологических проблем. Поэтому необходимо использовать этот отход в качестве строительного материала в производстве бетона.

В этом исследовании были выявлены возможности использования мраморных отходов в качестве заполнителя в бетоне. Натуральный крупный заполнитель был заменен мраморным заполнителем в разных процентах 0% - 100% в бетоне. Соотношение вода-цемент 0,55 оставалось постоянным для всех смесей.

Результаты испытаний показали, что обрабатываемость, прочность на сжатие и проницаемость увеличилась с увеличением замещения мраморного заполнителя.

Мрамор – один из крупнейших производимый природных камней в мире, и на его долю приходится 50% производства природного камня в мире. В последнее время мраморная горнодобывающая промышленность значительно выросла. Промышленность производит много отходов мрамора в форме порошка / суспензии и кусочки неправильной формы. Эти образующиеся отходы могут быть использованы в бетоне как частичная замена натурального заполнителя в бетоне.

Отходы, образующиеся в процессе разработки карьеров, в основном представлены в виде фрагментов породы. Обычно они сбрасываются в пустые ямы в лесной зоне; тем самым создавая огромные суммы отходов.

Нет абсолютно никакого метода систематического удаления отходов в карьере. Отходы и вскрышные работы сбрасываются в лесные угодья, дороги, русла рек, пастбищные угодья, что приводит к широкомасштабной деградации окружающей среды [1].

В исследовании Ханифи Бинчи и др. мраморные отходы использовались в качестве замены на 100% крупного и мелкого заполнителей по массе в бетоне. Речной песок и пескоструйный шлак (GBFS) использовался как мелкий заполнитель.

Непосредственно, прочность на сжатие, прочность на изгиб и модуль упругости бетона повышались с использованием в виде мелкого заполнителя мраморные отходы. Поскольку крупный заполнитель составлял 6,14%, 7,25%, 5,72% и 3,04% соответственно выше, чем у бетона с речным песком в виде мелкого заполнителя и мраморные отходы в качестве крупного заполнителя.

В исследовании, проведенном Диной М. Садеком и др., отходы образованный из блоков обработки мрамора, использовались как частичная замена обычного крупного и мелкого заполнителя в разных процентах (0% - 100%). Сообщалось, что прочность на сжатие бетонных блоков увеличивалась на 50%, когда мелкий заполнитель использовался в количестве 75% в виде мелкодисперсного мраморного порошка.

В исследовании Х. Хебхуба и др. обычный крупный заполнитель был заменен заполнителем из мраморных отходов с постоянным водоцементным соотношением 0,5. Результаты показали, что обрабатываемость уменьшилась по мере увеличения уровня замещения. Прочность на сжатие всех бетонных смесей, содержащих мраморный заполнитель, увеличилась до 75%.

В исследовании Антонио Андре и др. сообщалось, что при замене обычного заполнителя на мраморный, обрабатываемость бетонной смеси уменьшалась, но по мере увлечения уровня замещения увеличивалась.

Та же тенденция была отмечена Н. Hebhoub. Прочность на сжатие всех бетонных смесей показывает тенденцию к снижению с увеличением коэффициента включения, но это снижение можно считать почти несущественным с изменениями до 10,3%.

Во всех вышеупомянутых исследованиях сообщается, что свойства бетонных смесей с мраморным заполнителем улучшились.

Полученные отходы использовались в бетонной смеси в качестве замены обычного крупного заполнителя в количестве от 20% -100% по массе. Идея работы над бетонными смесями имела целью-максимальное использование мраморных отходов, приводящих к экономии природных ресурсов.

В марте 2017 года американскими учеными было проведено исследование.

Экспериментальное исследование было запланировано для получения бетонной смеси М15 с использованием мраморной крошки в качестве замены природного заполнителя.

Цемент, используемый в этом исследовании, был пуццолановый, также был использован природный речной песок.

В этой экспериментальной программе бетонные смеси М15 с постоянным водоцементным соотношением 0,55 и содержанием цемента 338 кг/м³ для образцов.

Бетон был подготовлен путем замены природного крупного заполнителя на мраморный заполнитель в разных процентах 20%, 40%, 60%, 80% и 100% по весу. Соотношения смеси представлены в таблице 2.5. Все бетонные смеси смешивали в течение 5 минут в лабораторном смесителе.

Для определения прочности на сжатие, были сделаны образцы куба размером 150 мм были. Образцы куба были формованы и испытаны согласно ГОСТ. Эти образцы были испытаны на 7, 28, 90 и 180 дни.Использование

мраморного заполнителя привело к увеличению прочности на сжатие. Это увеличение было заметным в течение 7 дней и 28 дней. Прочность на сжатие образцов С4, содержащих 80% мраморного заполнителя, была примерно на 50% выше в 7 дней и на 40% выше на 28 дней, чем на контрольном бетоне. Предельное снижение прочности на сжатие по сравнению с образцами С-4 наблюдалась в смесях, содержащих 100% мраморный заполнитель.

Кислотное сопротивление.

Образцы погружали в 5% -ный раствор серной кислоты на 28 и 60 дней, чтобы проверить сопротивление агрессивной среде. Прочность на сжатие всех бетонных образцов после 28-дневного контакта с кислотой снижается на 40% в смесях, содержащих 40% мрамора. Сокращение прочности было более заметно в бетонных смесях, имеющих большую долю мрамора. Аналогично прочность была снижена до 25% почти во всех смесях после 60 дней контакта с кислотой. Из-за воздействия серной кислоты бетонная матрица стала слабой, а размеры образцов уменьшились из-за потери цементной пасты. Это привело к снижению прочности на сжатие бетона.

Можно сделать вывод, что:

1. Работоспособность всех бетонных смесей, содержащих мраморный заполнитель, увеличилась по мере процентного содержания мраморного заполнителя.

2. Прочность на сжатие всех бетонных смесей, содержащих мраморный заполнитель равна 80%.

3. Проницаемость бетонных смесей повышалась как процентный уровень замедление естественного заполнителя с помощью мраморного заполнителя. Потому что большие поры присутствовали в бетонной смеси, содержащей мраморный заполнитель и частиц размером менее 10 мм. Бетонные смеси, содержащие мраморный заполнитель, показывают незначительное сокращение прочности на сжатие по сравнению с прочностью контрольного бетона под действием серной кислотой [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Марко Л.И. Сырье для декоративных бетонов. 2016 – 174 с.
2. Impact of marble waste as coarse aggregate on properties of lean cement concrete Sudarshan D. Kore*, A.K. Vyas Case Studies in Construction Materials 4 (2016) 85–92

НАЦИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ В АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ТРАДИЦИЙ К СОВРЕМЕННОСТИ

В условиях глобализации и унификации архитектурной среды проблема сохранения национальной идентичности становится одной из наиболее значимых для многих стран, в том числе для Казахстана. Города стремительно обретают черты интернациональной застройки, где локальная специфика нередко нивелируется. Однако именно архитектура является важнейшим носителем культурной памяти, формирующим эмоциональную связь человека с местом.

В этой связи перед архитектурным сообществом и системой образования встаёт задача не просто цитировать исторические формы, но и выработать современный язык, способный передать национальные коды в актуальных проектных решениях.

Понятие «архитектурный код» включает устойчивые, воспроизводимые элементы, которые идентифицируются культурным сообществом как «свой». Для казахской традиционной архитектуры такими элементами являются:

Пространственная организация. Юрта – не просто жилище, но модель мироздания, основанная на принципах трансформируемости, модульности, гармоничной связи с природным ландшафтом.

Тектоника и материалы. Каркасно-войлочная конструкция юрты демонстрирует рациональность, лёгкость, возможность быстрой сборки. Традиционное жилище казахов выработало идеальную модель адаптации к экстремальным климатическим условиям.

Символика и орнамент. Орнаментальные мотивы (рога барана – қошқар мүйіз, след птицы – құс ізі и др.) не только декорировали поверхность, но и выполняли охранную, коммуникативную функцию. Цветовая гамма (красный, синий, зелёный) также имела семантическое значение.

В архитектуре центрального Казахстана широко представлена казахская национальная символика, создающая неповторимый образ зданий и градостроительных ансамблей

Эти коды формируют ту самую идентичность, которую необходимо не музейно законсервировать, а переосмыслить в современных материалах и конструкциях.

Современная практика Казахстана демонстрирует разные подходы к использованию национального наследия. На начальном этапе (1990–2000-е гг.) преобладало прямое цитирование: купола, арки, башенки, которые зачастую выглядели эклектично и не соответствовали масштабу зданий.

Постепенно сложилось более глубокое понимание: идентичность может передаваться не через стилизацию, а через принципы.

Среди успешных примеров можно назвать объекты, где национальный код реализован через:

- *современную интерпретацию пространственной структуры* (атриумные пространства, напоминающие внутренний двор – «азан»);
- *применение локальных материалов* (камень, дерево, кирпич) в сочетании с высокими технологиями;
- *орнаментальную ритмику* в перфорации фасадов, светотеневых эффектах, решётках.

Такой подход позволяет сохранить узнаваемость, не вступая в противоречие с функциональными и экономическими требованиями.

Подготовка специалиста, способного работать с национальной идентичностью, требует системной работы на кафедре архитектуры. В учебном процессе целесообразно выделить несколько направлений:

Теоретическая база. В курсах «История архитектуры Казахстана», «Основы теории архитектуры» необходимо акцентировать не только фактологию, но и методологию выявления архитектурных кодов, их эволюцию. Важно дать студентам инструментарий для анализа традиционных объектов как систем, а не как набора декоративных деталей.

Проектные дисциплины. Задания по проектированию жилых и общественных зданий должны включать требование осмысленной работы с локальным контекстом. Например, разработка жилого комплекса с учётом традиционной организации внутреннего пространства, общественного центра с использованием принципов трансформируемости (как в юрте), благоустройство исторических территорий с включением элементов этнографического ландшафта.

Натурные исследования. Обмеры памятников архитектуры, фотофиксация, встречи с мастерами народных промыслов формируют у студентов эмпирический опыт и уважение к наследию. Это также способствует воспитанию ответственного гражданина, что созвучно концепции «Адал азамат» – честного, равнодушного профессионала.

Интеграция цифровых технологий. Использование BIM-моделирования, параметрического дизайна позволяет создавать современные формы, в которых заложены традиционные алгоритмы (например, модульность, иерархия, повторяемость элементов).

Национальная идентичность в архитектуре – не дань прошлому, а ресурс для создания устойчивой, эмоционально насыщенной и конкурентоспособной среды, формирующий переход от поверхностного цитирования к осмысленному использованию традиционных кодов требует пересмотра подходов к проектированию и образованию. Формирование у будущих архитекторов компетенций, позволяющих «читать» культурные

коды и переводить их на язык современной архитектуры, является важнейшей задачей кафедр архитектуры. Это не только способствует сохранению культурного наследия, но и воспитывает профессионалов, осознающих свою ответственность перед обществом – принцип, лежащий в основе концепции «Адал азамат». Только такой специалист способен создавать архитектуру, которая будет одновременно современной, функциональной и глубоко укоренённой в национальной почве.

Список литературы:

1. Токаев К.-Ж. Концепция «Адал азамат» – основа формирования нового качества нации // Выступление на заседании Национального курултая. – 2025.
2. Масимов С. Традиционное казахское жилище: конструкция, семантика, эволюция. – Алматы: Өнер, 2010.
3. Современная архитектура Казахстана: поиск национального стиля / под ред. А. Есеналиевой. – Алматы: КазГАСА, 2022.
4. Глаутдинов В.А. «Архитектура советского Казахстана» МСИ – 1987.

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ЭКОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

Трансформация современной архитектурно-строительной отрасли в условиях глобальной цифровизации и ужесточения экологических стандартов требует коренного пересмотра традиционных подходов к проектированию и возведению объектов. В последние десятилетия мы наблюдаем переход от разрозненных методов работы к единым высокотехнологичным экосистемам, где архитектурная форма перестает быть самоцелью и становится результатом глубокого инженерного анализа. Центральное место в этом процессе занимает технология информационного моделирования зданий, известная как BIM. В отличие от классического черчения, данный метод предполагает создание комплексного цифрового двойника объекта, который аккумулирует в себе информацию о каждой детали — от физических свойств материалов до графиков поставки оборудования и стоимости эксплуатации на десятилетия вперед [1].

Применение таких инструментов позволяет радикально изменить культуру взаимодействия между заказчиком, архитектором и подрядчиком. Одной из ключевых функций информационного моделирования является автоматизированное выявление пространственно-временных коллизий на ранних стадиях проекта, что эффективно реализуется в программной среде Autodesk Revit. Это означает, что любые пересечения инженерных сетей, ошибки в расчетах несущих конструкций или несоответствие архитектурных решений строительным нормам обнаруживаются в цифровой среде, а не на строительной площадке, что экономит колоссальные ресурсы [2].

В условиях строительного рынка Казахстана особую актуальность приобретает соблюдение государственных нормативов, таких как СП РК 1.03-101-2013, которые регламентируют правила формирования информационных моделей и обеспечивают единый стандарт качества на всех стадиях жизненного цикла объекта [3]. Использование специализированного софта, например, Navisworks для координации или Tekla Structures для детализации металлоконструкций, позволяет синхронизировать графики работ с четырехмерными моделями, что оптимизирует логистику и сокращает сроки возведения сложных комплексов в среднем на двадцать процентов. Наличие детальной модели также упрощает последующее техническое обслуживание здания, позволяя управляющим компаниям точно знать расположение и состояние всех скрытых коммуникаций.

Параллельно с цифровизацией важнейшим вектором развития отрасли становится концепция устойчивого развития и так называемое зеленое строительство. Сегодня архитектура обязана отвечать на вызовы изменения климата, что выражается в стремлении к минимизации углеродного следа на всех этапах проектирования [4]. Современный подход начинается с глубокого анализа участка, учета розы ветров и инсоляции, что позволяет максимально эффективно использовать естественное освещение и тепловую энергию солнца. Пассивные методы в сочетании с высокотехнологичными теплоизоляционными материалами позволяют создавать здания с практически нулевым энергопотреблением. Использование инерционных свойств массивных конструкций в комбинации с современными системами вентиляции обеспечивает комфортный микроклимат внутри помещений без избыточных затрат на активное кондиционирование или отопление. Особое внимание в современной практике уделяется жизненному циклу материалов и принципам циркулярной экономики. Применение композитов на основе вторичного сырья и материалов, пригодных для полной переработки после демонтажа здания, становится не просто трендом, а жестким требованием экологических регламентов [5]. Внедрение адаптивных или интеллектуальных фасадов, которые способны реагировать на изменение температуры и интенсивности солнечного света, представляет собой одно из наиболее перспективных направлений в застройке современных мегаполисов. Такие системы позволяют зданию буквально дышать, подстраиваясь под внешние условия и снижая нагрузку на городские электрические сети.

Технологический прогресс также затрагивает и методы непосредственного производства работ. Автоматизация контроля качества с помощью лазерного сканирования и использования беспилотных летательных аппаратов позволяет оперативно сверять фактически выполненные объемы с проектной моделью. Кроме того, в отрасль активно проникают аддитивные технологии. Широкое внедрение крупногабаритной трехмерной печати строительными смесями обещает революцию в создании сложных архитектурных форм, которые ранее были экономически нецелесообразны или технически невыполнимы. Использование промышленных роботов для кладки и монтажа конструкций не только повышает точность, но и существенно снижает риски производственного травматизма на объектах. Интеграция цифровых инструментов с принципами устойчивого развития формирует новую реальность, где безопасность и комфорт городской среды стоят на первом месте. Это требует от специалистов нового поколения не только эстетического видения, но и глубоких знаний в области информационных технологий, экологии и материаловедения. Будущее архитектуры и строительства неразрывно связано с развитием умных городов, где каждое здание является активным

узлом информационной и энергетической сети. Дальнейшее развитие отрасли будет направлено на достижение полной автономии зданий и создание архитектурных пространств, способных эволюционировать вместе с потребностями общества, сохраняя при этом хрупкий баланс с окружающей средой.

В заключение стоит подчеркнуть, что синергия цифровых инструментов и принципов экологической ответственности формирует принципиально новую парадигму в глобальной строительной индустрии. Переход к обязательному использованию информационного моделирования на государственном уровне в Казахстане свидетельствует о стратегическом понимании важности этих процессов для национальной экономики и безопасности городской среды. Внедрение BIM-технологий в связке с искусственным интеллектом и интернетом вещей позволяет не просто возводить стены, а создавать интеллектуальные активы, которые способны эффективно функционировать на протяжении всего жизненного цикла, адаптируясь к меняющимся климатическим и социальным условиям. Особая значимость этого процесса заключается в долгосрочном социально-экономическом эффекте: оптимизация ресурсов на этапе эксплуатации позволяет перенаправить сэкономленные бюджетные средства на развитие социальной инфраструктуры и улучшение качества городской среды. Таким образом, цифровизация перестает быть узкотехнической задачей, трансформируясь в инструмент устойчивого городского планирования и стратегического управления национальным жилищным фондом. Будущее отрасли за теми специалистами, которые смогут объединить в своей практике эстетическое архитектурное видение с глубоким анализом больших данных и ответственностью перед будущими поколениями. Важно понимать, что внедрение данных инноваций требует не только технического переоснащения, но и кардинального изменения мышления всех участников строительного процесса - от девелопера до конечного потребителя, формируя культуру ответственного созидания. Таким образом, дальнейшая цифровизация и экологизация строительства являются не просто техническим прогрессом, а необходимым условием для создания гармоничной, безопасной и устойчивой среды обитания человека в двадцать первом веке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Талапов, В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В. В. Талапов. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 392 с.
2. Сардаров, А. С. Архитектура: основы теории и проектирования / А. С. Сардаров. - Минск: БНТУ, 2021. — 254 с.
3. СПРК 1.03-101-2013. Информационное моделирование в строительстве. Основные положения. — Астана : Комитет по делам строительства и ЖКХ, 2013.
4. Kibert, C. J. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery / C. J. Kibert. 4th ed. - Wiley, 2016. - 608 p.
5. Теличенко, В. И. Зеленое строительство. Технологии проектирования, возведения и эксплуатации зданий / В. И. Теличенко, А. Д. Щербина. — М.: АСВ, 2017. - 428 с.

Ашимов Т.М. (Қарағанды, ӘК Аспап)
Касимов А.Т. (Қарағанды, Ә.Сагинов атындағы ҚарТУ)
Дуанбеков А.Б. (Қарағанды, Ә.Сагинов атындағы ҚарТУ)
Несіпбай А.Р. (Қарағанды, Ә.Сагинов атындағы ҚарТУ)

АЗАМАТТЫҚ ҒИМАРАТТАРДЫ МОДЕРНИЗАЦИЯЛАУ КЕЗІНІНДЕ ЖӨНДЕУ ӨНДІРІС ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Бұл хабарламада жөндеу-құрылыс өндірісінің тиімділігін арттыру бойынша энергия үнемдеуші технологияларды қолдану ерекшеліктерінің негізгі бағыттары қарастырылған. Ғимараттарды кешенді модернизациялау бойынша, күрделі жөндеу-құрылыс алаңдарында кездесетін кейбір айтарлықтай проблемаларын шешетін жөндеу технологиясының тиімді жолдары келтірілген.

Қазақстан және шет елдерінде жөндеу құрылыс жұмыстар туралы ғалымдардың еңбектерін зерттеуге сүйене отырып, энергия үнемдеуші технологияларды қолдану есебінен, жөндеу-құрылыс өндірісінің тиімділігін арттыру жолдары сиппаталған. Құрылыс индустриясында ғылыми зерттеулердің нәтижелерін, практикалық тәжірибе мен заманауи инновациялық технологиялар мен материалдарды пайдалану артықшылықтарын қорытындылауға жалпыла негізделген техникалық және технологиялық әзірлемелерді енгізу арқасында, жөндеу-құрылыс өндірісінің тиімділігін арттырып, ғимараттар мен күрделі құрылыс объектілерін пайдалануға беру сатыларының жеделдетілген қарқынын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Дегенмен, азаматтық ғимараттарды күрделі жөндеу-құрылыс өндірісінің тиімділігін арттыруда белгілі бір проблемалар әлі де бар екенін атап өткен жөн. Бұл проблемаларды шешу жолдарын атап айтсақ, энергия үнемдеуші технологиялар арқылы, энергияны үнемдеуге және кез келген ресурстарды барынша тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін кез келген тәсілдерді пайдалануға мүмкіндік беру. Бұл ғимараттарды жоспарлау ерекшеліктерін ескеру мен құрылыстағы белгілі бір тиімді инновациялық шешімдер туралы болуы мүмкін, олар жарық пен жылудың табиғи көздерін пайдалануға мүмкіндік беретін, сондай-ақ арнайы материалдар мен ұтымды, қызықты шешімдердің де болуын көздейді..

Жылуды жоғарғы деңгейде сақтауға мүмкіндік беретін құрылыс және әрлеу материалдарын пайдаланудың маңызы өте зор. Жылу жүйесі де, дәл осы көзді пайдаланған жағдайда, электр энергиясын үнемдеу арқылы, адамдардың өмір сүру сапасының төмендетпеу есебінен энергияны аз тұтынуға емес, қолда бар жылуды барынша сақтауға негізделген. Сондықтан, жылу инновациялық оқшаулағыш материалдар мұнда маңызды

рөл атқарады және оларды ғимарат түріне, оның салынған материалдарға, нақты міндеттерге сәйкес таңдау қажет.

Қазіргі заманауи энергия үнемдеуші технологиялар, түрлі балама көздерді – күн сәулесін, желдің күшін, суды және т. б. пайдалануға негізделген. Табиғи көздерден энергия алу үшін инновациялық арнайы жабдықты орнату қажет. Бұл күн жылу панельдері, жел тораптары – ресурсты сақтауға, содан кейін оны қажеттілігіне қарай пайдалануға мүмкіндік беретін энергияны сақтау және қайта өңдеуге арналған кез келген тиімді қондырғылар болуы мүмкін. Бағалары өте жоғары болғанына қарамастан, мұндай шешімдер экологияға шын мәнінде табиғи түрде қорғауға мүмкіндік жасауға және энергияны тиімді үнемдеуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жыл сайын экологиялық тұрғын ғимараттар мен энергия үнемдеу технологияларына қызығушылық артып келеді. Бұл, біртіндеп адамдар экологияға, тұратын тұрғын ғимараттарға назар аударудың барлық маңыздылығын түсінуіне байланысты. Бұдан басқа, көптеген адамдар табиғи ресурстарды үнемді пайдалануға және тұрғын ғимараттарды қамтамасыз етуге әлдеқайда аз қаражат жұмсауға мүмкіндік беретін энергия үнемдейтін технологияларды пайдаланудың барлық артықшылықтарын бағалауға мүмкіндік алды [3].

Ғимараттардағы барлық процестерді автоматты режимде бақылауға, ғимараттың тыныс-тіршілігін қамтамасыз ету жүйелеріне заманауи цифрлік шешімдерді енгізуге, барлық қондырғыларды автоматты реттеуге және орталықтандырылған цифрлік басқару мүмкіндіктерін барынша пайдалануға мүмкіндік беретін **есті тұрғын** жүйесі неғұрлым өзекті және танымал болып келеді.

Жеке тұрғын ғимараттарды жобалау мен тұрғызуда энергия үнемдеу мәселесі өте маңызды орын алады. Қазіргі заманауи азаматтық құрылыста, бұл үрдіс бірнеше он жыл бұрын пайда болды, егер ғимарат құрылысының бүкіл тарихымен салыстырсақ, жақында ғана пайда болды. Егер, бұрын барлық жылыту мәселелері жылыту қарқындылығын арттыру арқылы шешілсе, онда энергия тасымалдағыштарға бағаның қазіргі заманғы көтерілуі, адамдардың табиғи ресурстарға қатысты санасының өзгеруі, сәулетшілер мен құрылысшылардың жұмысында мүлдем басқа көзқарастарды талап етеді..

Үйдің іргетасын инновациялық әдістер арқылы жылыту, жөндеу-құрылыс өндірісінің тиімділігін арттыру жолдарының бірі, бірақ бұл жауапты шешім. Орналасуы бойынша, іргетас жер бетінің деңгейінен төмен болғандықтан, бұл жылылау қабатына ылғалға төзімділігі, механикалық беріктігі, топырақтың аязды ызғарына төзімділігі және одан негізгі қабырғаны қорғау бойынша қосымша бірнеше талаптарды орындауға тура келеді. Жылытудан оқшаулағыш, қолданылатын органикалық тиімді

материалдар ретінде, көбінесе қолданылатын: әртүрлі пенополистирол, пенополиуретан т.б.

Энергия тиімді ғимараттар, басқаша айтсақ, энергия үнемдейтін немесе пассивті деп аталады, олар жылыту, салқындату және басқа да қажеттіліктерге энергияны көп мөлшерде, салыстырмалы түрде қарасақ, кейде қарапайым технология бойынша салынған үйге қарағанда, ондаған есе аз тұтынатын ғимараттар деп атауға болады. Мұндай ғимараттар, нөлдік баланс ұғымдағы ғимараттар, олар сыртқы энергияға тәуелсіз қызмет атқара береді.

Мұндай, азаматтық ғимараттарды тұрғызудың бірнеше инновациялық тиімді технологиялары мен жабдықтау жоба-нұсқалары құрылыс саласында, қазірде кездеседі. Бірақ, бұл хабарлама мақалада біз жабдықтың нақты технологияларын, типтерін және үлгілерін емес, жеке ғимараттың энергия үнемдеу технологияларын пайдалану тәсіл жолдарын, ғимарат, -оның қоршаған инфрақұрылымымен және қаржылық мүмкіндіктерімен немесе қозғалмайтын мүлік иеленушінің қалауымен нақты ғимаратқа сай келетін қаржылық шама аралығында қарастыруды жөн көрдік [5].

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

- 1 Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы №541-IV «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру» туралы заңы.
- 2 Неліктен энергия тиімді ғимараттар салу тиімді? / Под ред. А. Белый. – Астана, 2015. – 24 с
3. Байнов В.Ф. Особенности определения экономической эффективности энергопотребления/ В.Ф. Байнов, Н.Ф. Дюдяев - Междун. науч.-практ. конф. Математические методы и компьютеры в экономике. - Пенза, 2014. - С. 208 – 21
- 4 Завадскас Э.К. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве/ - Вильнюс: Мокслас, 2015. - 210 с.
- 5 Судаков Г.В. Управление энергоснабжением и энергоэффективностью на промышленных предприятиях и в ЖКХ 1 Г.В. Судаков - Благовещенск Амурский гос. ун-т 2016- 159 с. ил., табл. 21 см

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ОПЫТА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Современные зарубежные подходы к проектированию промышленных зданий формируются под влиянием цифровой трансформации проектной деятельности, глобальных стандартов устойчивого развития, а также роста требований к качеству, безопасности и эффективности объектов промышленной инфраструктуры. На основе анализа зарубежной практики можно выделить ряд ключевых трендов, которые характеризуют современное состояние отрасли.

1. Анализ практики ведущих промышленных держав позволяет выделить пять доминирующих трендов, формирующих современный облик отрасли:

Интеграция BIM и цифровых двойников: Использование технологий информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла - от концепции до вывода из эксплуатации. Это позволяет синхронизировать работу архитекторов, конструкторов и инженеров, сводя к минимуму риск коллизий.

Фактор (Казахстан): разброс производств по территории, удалённость объектов от проектных центров, дефицит квалифицированных координационных практик. В Казахстане процесс цифровизации строительной отрасли получил мощный институциональный импульс через механизмы государственной экспертизы проектов. В 2024 году деятельность «Госэкспертизы» стала одним из ключевых инструментов финансовой оптимизации в масштабах всей страны.

Проблема: частые коллизии между архитектурой, конструкциями и МЕР, долгое согласование изменений, большие эксплуатационные затраты из-за отсутствия единой базы данных о сооружении. Несмотря на успехи в корректировке смет, промышленный сектор Казахстана страдает от глубокого разрыва между проектной документацией и фактическим состоянием объектов.

Эффект от применения метода: единая BIM-модель снижает количество строительных переделок и коллизий, ускоряет приёмку и ввод в эксплуатацию, даёт цифровую базу для обслуживания - меньше простоев, прогнозный техобслуживание, снижение затрат на эксплуатацию на десятки процентов в среднесрочной перспективе.

2. Модульность и префабрикация: Перенос значительной части строительных процессов со строительной площадки на завод. В Китае и

Малайзии использование предварительно собранных модулей позволяет сократить сроки возведения объектов на 40–50%.

Фактор (Казахстан): сезонные климатические ограничения (долгая зима в ряде регионов), удалённость площадок и недостаточно развитая логистика в некоторых районах. Казахстан характеризуется огромной территорией и резким континентальным климатом, что накладывает жесткие ограничения на сезонность строительных работ.

Проблема: затяжные сроки работ на площадке, высокая доля брака и потерь материалов при сборке в полевых условиях, сложность контроля качества при разбросанных стройках. Традиционное капитальное строительство промышленных объектов в удаленных регионах Казахстана сопряжено с колоссальными затратами на логистику материалов и содержание вахтовых поселков.

Эффект от применения метода: перенос ключевых работ на завод позволяет контролировать качество в цеховых условиях, уменьшить влияние погоды и локальных перебоев логистики; по зарубежному опыту - сокращение сроков строительства и монтажных циклов, уменьшение затрат на оплату временной рабочей силы и дефекты, повышение стандартизованности и повторяемости для серийных объектов.

3. Энергоэффективность и экологическая сертификация: Ориентация на стандарты LEED, BREEAM и немецкий DGNB. Современные заводы проектируются с учетом минимизации углеродного следа и использования возобновляемых источников энергии.

Фактор (Казахстан): высокая доля энергопотребления в промышленном секторе и растущие тарифы/ограничения на выбросы; государственный вектор на декарбонизацию. Европейский Союз является основным торговым партнером Казахстана, на который в 2024 году пришлось 37% всего экспорта (\$36,01 млрд).

Проблема: устаревшие теплотехнические решения, слабая практика верификации энергоэффективности и малая доступность прозрачных методик оценки жизненного цикла. Большинство действующих промышленных зданий в Казахстане были спроектированы в эпоху дешевых энергоресурсов и отсутствия экологических ограничений.

Эффект от применения метода: внедрение подходов по стандартам повышает энергоэффективность, уменьшает эксплуатационные расходы и углеродный след; сертификация облегчает доступ к международным инвестициям и экологическим грантам, даёт конкурентное преимущество при экспорте продукции и при участии в глобальных цепочках поставок.

4. Адаптивная сейсмозащита: Разработка конструкций, способных изменять свои динамические характеристики под воздействием нагрузок, что особенно актуально для Японии и западного побережья США.

Фактор (Казахстан): наличие сейсмически активных районов и чувствительность критической инфраструктуры. Алматинская область, город

Алматы, Восточно-Казахстанская и Мангистауская области характеризуются сейсмической активностью от 7 до 9 баллов и выше.

Проблема: традиционные проектные решения недостаточно гибки против современных динамических воздействий; высокая стоимость капитального ремонта и простоя при авариях. Традиционный подход к сейсмозащите в Казахстане часто сводится к чрезмерному усилению жесткости конструкций.

Эффект от применения метода: применение демпферов, сейсмоусиленных соединений и адаптивных систем повышает устойчивость сооружений, сокращает риск разрушений и экстренных простоев; экономия ОРЕХ и САРЕХ в долгосрочной перспективе за счёт уменьшения вероятности катастрофических отказов и более низкой страховой премии для объектов с улучшенной сейсмозащитой.

Анализ ключевых зарубежных трендов в контексте казахстанских реалий позволяет сделать вывод о том, что эти направления не являются изолированными. Напротив, они формируют единую технологическую экосистему. Цифровые двойники являются основой для расчета энергоэффективности и сейсмостойкости. Модульность позволяет интегрировать системы автоматизации еще на заводе, а вертикальная логистика оптимизирует использование дефицитных городских земель.

Для Республики Казахстан реализация этих трендов дает прямой экономический эффект, выраженный в:

1. Оптимизации государственных расходов: Продолжение практики экспертной корректировки смет (уже сэкономившей 4 трлн тенге в 2024 году) при массовом внедрении BIM станет еще более эффективным инструментом борьбы с коррупцией и нерациональным использованием бюджета.

2. Защите экспортного потенциала: Проектирование энергоэффективных заводов - единственный способ сохранить доступ к рынку ЕС объемом в \$36 млрд в условиях СВАМ.

3. Сохранении человеческого потенциала: Снижение производственного травматизма (в среднем на 4,5-7,5% ежегодно) за счет «умного» проектирования напрямую влияет на демографическую и социальную стабильность в промышленных регионах.

4. Технологическом рывке: Развитие собственного производства модульных конструкций создает новые высокотехнологичные рабочие места и стимулирует смежные отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Серебрякова С.И. Зарубежный опыт проектирования зданий с учётом требований инсоляции и солнцезащиты. // Вестник архитектуры и градостроительства. 2019. №4;
2. «Казахстан ускоряет внедрение BIM-технологий в строительстве» // DKNews.kz (источник: Mail.ru). 14.12.2025;
3. «Malaysia moving at pace with Prefabricated and Industrialised Building Systems» // Build Australia. 16.01.2026;
4. Национальный институт экономики и прогноза Республики Казахстан. "Анализ энергоэффективных технологий в строительстве." 2021.

Бауыржанқызы Р. (Қарағанды, А. Сағынов атындағы ҚарТУ)
Рахимова Г.М. (Қарағанды, А. Сағынов атындағы ҚарТУ)

БЕЛСЕНДІРІЛГЕН МИНЕРАЛДЫ ҰНТАҚТАРДЫ ӨНДІРУ ҮШІН ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ӨНЕРКӘСІПТІК ҚАЛДЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫ ТАЛДАУ: ШОЛУ

Қазақстан Республикасындағы заманауи жол саласы айналмалы экономика моделіне көшу қажеттілігіне байланысты трансформациядан өтуде. Негізгі мәселе асфальтбетонның адгезия қасиеттері мен беріктігін анықтайтын маңызды құрылымдық компоненті - жоғары сапалы минералды ұнтақтың тапшылығы болып қала береді.

Сонымен қатар, елдің өнеркәсіптік аймақтарында техногендік қалдықтардың орасан зор көлемі жинақталған: жылу электр станцияларының күлі мен қож қалдықтары, металлургиялық қож және химиялық өндірістің жанама өнімдері. Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексіне (2021) сәйкес, мұндай қалдықтарды қайта өңдеу мемлекеттік басымдық болып табылады [1]. Дегенмен, оларды жол құрылысында тікелей пайдалану көбінесе олардың құрамының тұрақсыздығымен және бөлшектер беттерінің физика-химиялық қасиеттерімен шектеледі.

Жол құрылысында қайта өңдеуді енгізудің тиімділігі шикізат көздерінің аумақтық қолжетімділігімен тікелей байланысты. Бұл шолу Қазақстан Республикасындағы өнеркәсіптік орталықтарды қалдықтардың пайда болу түрі мен жинақталу көлемі бойынша жүйелейді (1-кестені қараңыз).

1-кесте - Қазақстандағы техногендік кен орындарын локализациялау және жол қоспаларын өндірудегі олардың шикізат әлеуетін бағалау.

Қазақстан Республикасының экономикалық аймағы	Негізгі орталықтар (қалалар)	Өнеркәсіптік кәсіпорындар (дереккөздер)	Жасанды шикізаттың негізгі түрі
Солтүстік және Орталық	Екібастұз, Павлодар, Ақсу	1-ші мемлекеттік аудандық электр станциясы, 2-ші мемлекеттік аудандық электр станциясы, Ақсу жылу электр станциясы	Күл және қож қалдықтары

Орталық	Қарағанды, Теміртау	Қарағанды жылу электр станциялары, Қармет (бұрынғы ArcelorMittal)	Болат қорыту және домна пешінің қожы, жылу электр станциясының күлі
Шығыс	Өскемен, Риддер	«Казцинк» ЖШС, Өскемен ЖЭС	Түсті емес металлургияның металлургиялық қождары, күл
Оңтүстік	Тараз, Шымкент	«Қазфосфат» ЖШС, Шымкент жылу электр станциясы	Фосфатты шлактар, фосфогипс, отын шлактары
Батыс	Ақтөбе	Ақтөбе ферроқорытпа зауыты	Ферроқорытпа қождары

Бұл шолудың мақсаты - Қазақстандағы жасанды шикізаттың әлеуеті туралы ақпаратты жүйелеу және жылу электр станцияларынан шығатын ұшатын күлдің белсендірілген минералды ұнтақ өндірісінің негізгі компоненті ретінде жарамдылығын негіздеу.

Асфальтбетон - қасиеттері минералды агрегат пен битум байланыстырушысының өзара әрекеттесуімен анықталатын композициялық материал. Минералды агрегат тек ұсақ агрегат ретінде ғана емес, сонымен қатар белсенді құрылым түзуші агент ретінде де әрекет етеді. Жол төсемдерінің беріктігі мен пайдалану қасиеттері минералды агрегаттың қасиеттеріне байланысты. Өнеркәсіптік қалдықтарды пайдалану жер қойнауын ұтымды пайдалану мәселелерін шешуге және материалдық шығындарды азайтуға көмектеседі.

Зерттеулер көрсеткендей, қалдықтарды қосымша өңдеусіз пайдалану бөлшектер беттерінің құрамы мен физика-химиялық қасиеттерінің гетерогенділігіне байланысты шектеулі. МП тұрақты қасиеттерін қамтамасыз ету үшін механикалық және меанохимиялық белсендіру әдістері қолданылады [2,3].

Асфальтбетон қоспаларына арналған белсендірілген минералды ұнтақты әзірлеуде жоғары дисперсиялық, минералды белсенділіктегі және тұрақты химиялық және минералогиялық құрамы бар техногендік минералды қалдықтар үлкен қызығушылық тудырады. Мұндай материалдарға айтарлықтай көлемде түзілетін және ұтымды жоюды қажет ететін жылу электр станцияларынан (ЖЭС) шығатын ұшатын күл жатады.

Жылу электр станцияларынан шығатын ұшпа күл - қазандықтарда көмір жағу кезінде пайда болатын және электростатикалық шөгінділер мен газды тазарту жүйелерімен ұсталатын ұсақ дисперсті ұнтақ тәрізді материал. Қазақстан Республикасындағы ұшпа күлдің негізгі көздері - Екібастұз және Қарағанды көмірін пайдаланатын көмірмен жұмыс істейтін

жылу электр станциялары, бұл оның құрамы мен қасиеттерінің ерекше сипаттамаларын анықтайды.[4]

Екібастұз күлінің химиялық құрамы кремний мен алюминий оксидінің басым болуымен сипатталады, бұл оны жоғары глиноземді, қышқыл (F класы) күл ретінде жіктеуге мүмкіндік береді. 2-кестеде Нұрпейісова және т.б. (2023) егжей-тегжейлі химиялық талдау жүргізіп, негізгі анықталған макроэлементтерді тапты: Si, Al, Fe, O, Ca, Ti, Mg, S, K, Na. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ жоғары мөлшері (әдетте $>80\%$ біріктірілген) бұл күлді жоғары қышқыл етеді, өзін-өзі цементтеу қабілеті төмен, бірақ жоғары пуццоландық потенциалға ие - бұл активация стратегиялары үшін маңызды айырмашылық [5].

2-кесте – Екібастұздан шыққан күлдің химиялық құрамы

Оксид	Құрамы (салмақтық%)
SiO_2	55–62%
Al_2O_3	25–33%
Fe_2O_3	4–8%
CaO	1,5–3,5%
MgO	0,5–1,5%
TiO_2	0,8–1,5%
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0,5–1,5%
SO_3	0,2–0,8%
Тұтану кезіндегі шығын	2–8%

Ұшқыш күл жоғары меншікті беттік ауданымен және сфералық бөлшектер пішінімен сипатталады, өлшемдері әдетте 1-ден 100 мкм-ге дейін болады. Дегенмен, кеуектіліктің жоғарылауы және химиялық құрамның ықтимал өзгергіштігі битуммен тұрақты әрекеттесуді қамтамасыз ету үшін материалды қосымша белсендіруді немесе өзгертуді қажет етеді.

Осылайша, жасанды қалдықтарды минералды ұнтақ ретінде пайдалану - бұл шикізатты таңдаудың ғылыми негіздемесін және оларды өңдеу технологияларын әзірлеуді талап ететін техникалық және экономикалық тұрғыдан негізделген бағыт, бұл осы саладағы одан әрі зерттеулердің өзектілігін анықтайды.

Әдебиеттер тізімі:

1. 2021 жылғы 2 қаңтардағы Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі, № 400-VI ЗРК. — Нұр-Сұлтан: Ақорда, 2021.
2. СТ РК 1276-2004. Асфальтбетон және органоминалдық қоспаларға арналған минералды ұнтақ. Техникалық шарттар. — Астана: Мемстандарт, 2004. — 22 б.
3. ГОСТ 32761-2014. Жалпыға ортақ пайдаланылатын автомобиль жолдары. Минералды ұнтақ. Техникалық талаптар. Мәскеу: Стандартинформ, 2014.

ҒАЛАМДЫҚ НАВИГАЦИЯЛЫҚ СПУТНИКТИК ЖҮЙЕЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ДИНАМИКАЛЫҚ ОБЪЕКТІЛЕРДІ МОНИТОРИНГТЕУ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ

Қазіргі геодезиялық ғылым автоматтандырылған қашықтықтан мониторинг жүйелерін белсенді енгізу сатысында тұр, олардың арасында жаһандық навигациялық спутниктік жүйелер (GNSS) негізгі орындардың бірін алады. Динамикалық объектілердің жай-күйін бақылау үшін осы технологияларды қолдану деформациялық процестерді жедел анықтауға және инженерлік құрылыстарды пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерді (GNSS) қолдана отырып, динамикалық объектілерді мониторингтеудің қазіргі заманғы әдістемесі технологиялық жетілдіруге екі сатылы тәсілге негізделеді:

- далалық жұмыстарды оңтайландыру,
- деректерді камералдық өңдеу сапасын арттыру.

Координаталардың сантиметрлік дәлдігіне қол жеткізу үшін спутниктік сигналдың әртүрлі кезеңдерінде пайда болатын қателіктерді кешенді түрде жою қажет. Жетілдіру әдістемесі қатенің үш негізгі сегментімен жұмыс істеуді қамтиды:

- *Спутниктік сегмент және геометриялық факторлар:*
- Эфемеридтердің қателіктері: спутниктің орбитадағы координаттарын анықтау дәлдігі қабылдағыштың жердегі орнын есептеу дәлдігіне тікелей әсер етеді. Бұл қателіктері GNSS-тың ресми халықаралық қызметтер (IGS) ұсынатын нақтыланған (өзекті мәліметтер базасын пайдалану) эфемеридтерді пайдалану арқылы жойылады.

- Уақыт шкалаларының сәйкессіздігі: спутниктердің атомдық сағаттары мен қабылдағыштардың кварцтық генераторларының көрсеткіштері арасындағы айырмашылық әртүрлі бақылау әдістерін қолдану немесе жабдықты калибрлеу процесінде өлшеу теңдеулеріне қосымша параметрлерді енгізу арқылы жойылады.

- Геометриялық фактор (DOP) қабылдағыштың антеннасына қатысты жерсеріктердің орналасуымен анықталады және орналасу дәлдігіне әсер етеді. Оны арттыру үшін ең аз PDOP мәні бар (жоғары дәлдіктегі жұмыстар үшін 2-3 аспайтын) кезеңдерді таңдай отырып, альманахтар бойынша алдын ала жоспарлауды жүргізеді.

- *Сигнал тарату ортасының әсері:* Атмосфералық рефракция ионосфера мен тропосфера арқылы өту кезінде GNSS-сигналының кідіруін тудырады, бұл жалған ығысуларға әкелуі мүмкін; оның әсерін көп жиілікті қабылдағыштар мен тропосфералық кідіріс модельдері (мысалы,

Saastamoinen және Hopfield) арқылы азайтады. Беттерден сигналдардың шағылысуынан туындайтын көп сәулелілік әсері қорғаныш экрандары бар антенналарды (Choke Ring) және сигналдарды корреляциялық өңдеу алгоритмдерін қолданумен төмендетіледі.

- *Аппараттық сегмент және аспаптық қателер*: Аспаптық қателер антеннаның фазалық орталығының (PCV) тұрақтылығымен байланысты, ол оның геометриялық орталығымен сәйкес келмейді және спутниктің жоғарылау бұрышына байланысты болады; бұл ауытқуларды ескеру үшін антенналарды калибрлеу файлдары (ANTEX) қолданылады.

Далалық түсірілім процесін технологиялық жақсарту әдіснамасы классикалық статикалық өлшемдерден деректердің үздіксіздігін қамтамасыз ететін нақты уақыттағы динамикалық әдістерге көшуге негізделеді.

РТК режимін қолдану базалық станцияның түзетулерін пайдалана отырып, нысанның координаттарын бірден есептеуге мүмкіндік береді. Бұл процесті жетілдіру үшін:

- Тұрақты жұмыс істейтін базалық станциялар (CORS) желілерін пайдалану виртуалды референц-станцияларды (VRS) қалыптастыруға және базаға дейінгі қашықтыққа байланысты қателердің әсерін барынша азайтуға мүмкіндік береді.

- Ұялы байланыс арналары бойынша түзетулерді тұрақты беруді қамтамасыз ету үшін NTRIP хаттамасын қолдану.

- Өртүрлі деформацияларды (ширату, ию, шөгу) бекіту үшін объектінің неғұрлым тән тораптарына бірнеше ровер орнату есебінен өлшеудің артық болуын қамтамасыз ету.

Деректерді камералдық өңдеу сапасын арттыру кезеңі RINEX-файлдарды өңдеу және геодезиялық деректерді геоақпараттық жүйелерге (ГАЗ) интеграциялау үшін мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдануды қамтиды.

Өңдеуді оңтайландыру шу фонында пайдалы сигналды бөлу үшін деректерді спектралдық талдауды қамтиды.

Қорытынды визуализация деформациялық процестердің көрнекілігін қамтамасыз ете отырып, динамикада объектінің ауытқуын бейнелеуге мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы мониторинг деректерді далалық бақылаушылардан серверлерге автоматты түрде беруді көздейді, онда оларды Bernese GNSS Software немесе SGO мамандандырылған модульдері сияқты ғылыми бағдарламалық кешендерде кейінгі өңдеу орындалады. Нәтиже нақты уақытта жаңартылатын және деформациялық процестерді визуализациялау үшін ГАЗ-ға интеграцияланатын объектінің сандық моделі болып табылады.

Жүргізілген талдау келесі қорытындыларды жасауға мүмкіндік береді. Динамикалық объектілердің GNSS-мониторингінің дәлдігі

факторлардың жиынтығына: жабдықтың сапасына, спутниктердің геометриясына және сигналдарды өңдеу алгоритмдерінің тиімділігіне байланысты болады. Көп жиілікті қабылдағыштарды, көп сәулелі антенналарды және РТК сияқты дифференциалды әдістерді пайдалану деформацияларды жоғары дәлдікпен тіркеуді қамтамасыз етеді, ал деректерді интеллектуалды сүзу және өңдеуді автоматтандыру деформациялық процестерді анықтаудың сенімділігін арттырады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Zhusupbekov, A., Sarsembayeva, A., & Kaliakin, V. (Eds.). *Smart Geotechnics for Smart Societies*. London: Taylor & Francis, 2023.
2. Aukazhiyeva, Zh. M., Sattarov, S. S., Muratova, A. M., & Sariyeva, A. S. *Developing a methodology to improve GNSS monitoring of dynamic objects*. L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2023.
3. Kaftan, V. I., & Dokukin, P. A. *Determination of displacements and deformations according to satellite geodetic measurements* // *Geodesy and cartography*. 2007. No. 9. pp. 18-22.
4. Kalabin, E. V., & Lokhov, V. S. *Principles of conducting continuous monitoring on geodynamic objects* // *Geoprofi*. 2012. No. 2. pp. 58-61.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ТЕНСЕГРИТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Тенсегрити (от англ. *tensional integrity* — соединение путём натяжения) - представляет собой принцип построения конструкции с помощью тросов, которые работают только на растяжение, и стержней, которые работают только на сжатие, при этом вся конструкция имеет предварительное напряжение [1] (Рис.1.). Благодаря такой конструкции открывается большой потенциал во многих направлениях строительства. Одним из таких направлений является экологически рациональное проектирование.

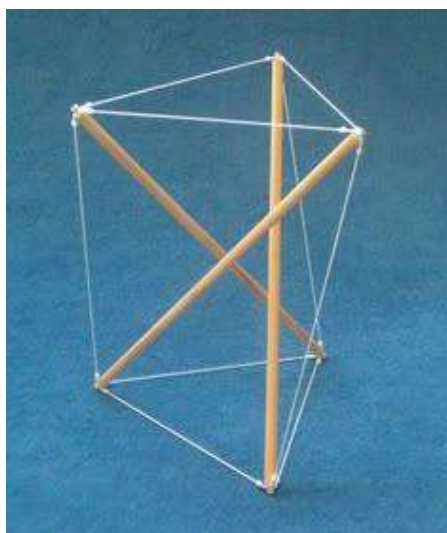


Рис. 1. Модель тенсегрити

<https://i.pinimg.com/236x/32/28/81/322881c287ed3c112abe8f4c6acc41a2.jpg>

Экологически рациональное (или «зелёное») проектирование, подразумевает под собой устойчивое развитие (англ. *sustainable development*) в сфере строительства [2]. Главные аспекты этого направления нацелены на создание зданий и сооружений, которые будут минимизировать негативное влияние на окружающую среду на всех жизненных циклах объектов строительства. Основные цели [3, 4]:

1. Рациональное природопользование
2. Снижение негативного воздействия на экосистемы
3. Снижение эксплуатационных расходов
4. Адаптивность и долговечность объектов

5. Интеграция в окружающую среду

Одним из вариантов достижения этих целей в строительстве, является применение принципа тенсегрити. За счёт своей конструктивной формы, объекты с применением принципа тенсегрити, имеют малый вес, за счёт чего значительно снижаются затраты на монтаж и ремонт. Ещё одна уникальная особенность - это малый расход материалов, т.к. элементы конструкции используют весь свой потенциал. Также немаловажным аспектом является их эстетическая привлекательность, вызванная бионическим подходом, благодаря которой они без проблем вписываются в городскую и природную среду (Рис. 2.).

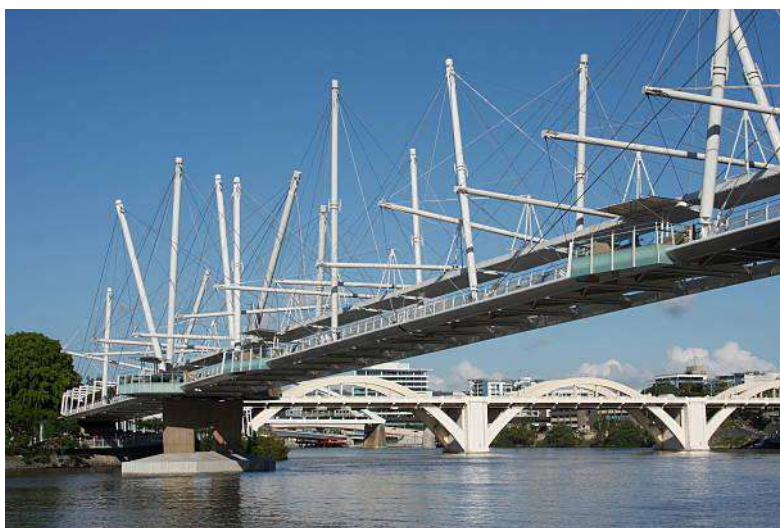


Рис. 2. Мост Курилпа Бридж (Брисбен, Австралия)

<https://www.istockphoto.com/ru/фото/kurilpa-мост-брисбене-gm131711110-11720155>

Принцип тенсегрити – перспективное направление для экологически рационального проектирования в строительстве, сочетающее в себе уникальность инженерной конструкции и минимизацию антропогенного воздействия на экосистемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Тенсегрити // Википедия URL: 1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тенсегрити> (дата обращения: 24.02.2026).
2. Устойчивое развитие // Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Устойчивое_развитие (дата обращения: 24.02.2026).
3. Что такое зеленое строительство? // Microsoft URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sustainability/learning-center/green-building> (дата обращения: 24.02.2026).
4. Что такое экологическое проектирование // Ханкс URL: <https://hanks.ru/articles/ekologicheskoe-proektirovanie.php> (дата обращения: 24.02.2026).

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ МЫШЛЕНИЯ И ОСВОЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Создание искусственного интеллекта (ИИ) расширяет горизонты возможностей и открывает перед человеком двери в новый пока неизученный мир. Сегодня влияние ИИ распространяется практически на все сферы профессиональной деятельности, но особенно спорным является его использование в индивидуальном творчестве, например, музыке, изобразительном искусстве или архитектуре. Здесь может возникнуть вопрос кто автор произведения? Также есть проблема нравственных и моральных границ – все это ставит определенные ограничения на использование ИИ в творческой деятельности.

Общие сведения. Для начала исследования следует отметить, что ИИ представляет собой обширную базу данных и алгоритм, который хранит и перерабатывает огромное количество цифровой информации. На основе этой информации создается необходимый контекст для воплощения идей. ИИ не обладает эмоциями и не может сопереживать, поэтому многие из его решений не учитывают духовное и этическое восприятие, например, изображение современной картины в стиле иконописи может выглядеть безнравственно. Для программного алгоритма, как и для развивающегося ребенка, существует еще много неизвестных моментов и непонятных запретов, которые интуитивно ясны человеку, но непонятны ИИ.

Этические вопросы. Обладая большим багажом материала, ИИ может генерировать действительно удивляющие по сложности и проработке изображения, можно заказать панно в стиле Кандинского В.В. или проект здания в стиле С. Калатрава, но кто действительный автор или соавтор идеи? Следует ли воспринимать ИИ как инструмент и как в этом случае решать вопрос плагиата? Всем известно выражение «Все новое это хорошо забытое старое», каждый архитектор и художник в своем творчестве опирается на работы известных мастеров и предшественников, иногда даже не осознавая этого, что-то комбинируя, что-то меняя, автор всегда стремится к индивидуальности и достигает ее, вырабатывая свой авторский подчёрк. Этот подчёрк и становится брэндом или визитной карточкой, по которой происходит узнавание автора и признание его таланта.

Искусственный интеллект обрабатывает множество информационных слоев согласно заданным ему условиям задачи и также воплощает творческий проект. Кто в этом случае будет автором? ИИ или человек составивший условия задачи? Возможен ли здесь авторский подчёрк? Или достижение индивидуальности в генерации изображений тоже будет

возможно с течением времени? На эти вопросы пока нет точного ответа. На данный момент достоверно известно, что программное обеспечение с использованием ИИ будет все больше применяться в профессиональной деятельности. Это утверждение неоспоримо, так как продуктивность, качество и скорость получаемых данных, значительно превосходят имеющиеся технологии, что является решающим в конкурентной экономике.

Творчество архитектора, в большинстве случаев, имеет более рациональную основу, где изначально должны соблюдаться определенные условия. Неизменной целью архитектурного проектирования является: Польза, Прочность, Красота. Польза как утилитарное качество выходит на первый план, а значит, для достижения оптимального результата необходимо проанализировать и сгенерировать множество вариантов.

Искусственный интеллект как инструмент архитектурного проектирования [1]. Сегодня генеративное проектирование с использованием ИИ может создать тысячи возможных решений на основе заданных параметров и ограничений. Генеративное проектирование это инструмент, позволяющий улучшать архитектурные решения согласно разнообразным критериям, например: функциональности, энергоэффективности, освещенности или пространственной организации.

Анализ научных публикаций последних лет демонстрирует, что большинство применений ИИ в архитектуре приходится на начальные стадии разработки проекта, включая концептуальное моделирование и визуализацию. ИИ может выполнять ряд функций в процессе проектирования: анализ градостроительного контекста и данных о территории; генерация концептуальных вариантов архитектурной формы; оптимизация планировочных решений; моделирование экологических и энергетических параметров зданий; визуализация и подготовка презентационных материалов.

Таким образом, искусственный интеллект становится инструментом расширения проектных возможностей архитектора, позволяя исследовать значительно большее количество вариантов, чем это возможно при традиционном подходе, но решающим остается выбор архитектора и его видение задачи.

Трансформация проектного мышления архитектора [2]. Внедрение искусственного интеллекта в архитектуру приводит к изменению роли архитектора в процессе проектирования. Если ранее основной задачей архитектора было создание конкретной формы здания, то в условиях цифровых технологий важным становится формирование системы параметров и правил, по которым алгоритмы генерируют проектные решения.

Это приводит к формированию нового типа проектного мышления, включающего следующие особенности: параметрическое мышление — проект рассматривается как система взаимосвязанных параметров;

алгоритмическое мышление — архитектор формулирует правила и ограничения для генерации проектных решений; аналитическое мышление — требуется оценка большого количества автоматически сгенерированных вариантов; междисциплинарный подход — взаимодействие архитектуры, программирования и анализа данных.

Использование искусственного интеллекта позволяет значительно сократить время разработки концептуальных решений, однако это не означает уменьшение роли архитектора. Напротив, его функции становятся более сложными и требуют более высокого уровня критического анализа и интерпретации результатов.

Ограничения и проблемы применения искусственного интеллекта.[3] Несмотря на значительный потенциал искусственного интеллекта, его внедрение в архитектурное проектирование сопровождается рядом проблем и ограничений.

Одной из основных проблем является так называемый эффект «черного ящика». Многие алгоритмы машинного обучения генерируют решения, логика которых не всегда понятна для пользователя, что может осложнять анализ и корректировку проектных решений.

Другой важной проблемой является качество данных для обучения алгоритмов. Архитектурная информация часто хранится в различных форматах и источниках, что затрудняет формирование единой базы данных для анализа [1].

Кроме того, существует риск чрезмерной автоматизации проектного процесса. Некоторые исследователи отмечают, что чрезмерная зависимость от алгоритмов может привести к снижению творческой роли архитектора и появлению типовых или шаблонных решений.

Заключение. Архитектура является не только технической, но и культурной дисциплиной, связанной с социальным контекстом, историей и художественными аспектами. Поэтому использование искусственного интеллекта должно рассматриваться как вспомогательный инструмент, а не как замена человеческого творческого процесса

Использование искусственного интеллекта требует критического подхода и тщательной проверки результатов и приводит к трансформации профессионального мышления архитектора, когда архитектор формулирует параметры, анализирует результаты и принимает окончательные решения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Yang Y., Li Y., Bai X., Zhang W., Chen S. Research Progress and Frontier Trends in Generative AI in Architectural Design. *Buildings*, 2026. URL: <https://www.mdpi.com/3685586>
2. Adeer Khan, Seongju Chang, Hojong Chang Generative AI in Architectural Design: Application, Data, and Evaluation Methods. *Automation in Construction*, 2025 URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106506>
3. Xinhui Xu, Zhengcheng He, Tinghao Feng Philip F. Yuan Generative AI in Architectural Design. *Springer Nature Conference Paper*, 2026. *Generative AI in Architectural Design. Springer Nature Conference Paper*, 2026. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-95-0974-4_1?utm_source=chatgpt.com

Ғабдулағлан З.М. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов
атындағы ҚарТУ)

Ахметжанов Т.Б. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов
атындағы ҚарТУ)

Бакирова Д.Г. (Астана, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық
университеті)

ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ ТОПЫРАҚТАРДАН АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫНЫҢ ТӨСЕМДЕРІН САЛУ САЛАСЫНДАҒЫ ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Қазіргі таңда автомобиль жолдарын салу және пайдалану саласында инженерлік-геологиялық жағдайлары күрделі аумақтарда жол құрылысының сенімділігін қамтамасыз ету өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Әсіресе ылғалдылығы жоғары топырақтар кең таралған аймақтарда автомобиль жолдарының негіздерін салу кезінде құрылымдық тұрақтылықты сақтау және ұзақ мерзімді пайдалану қабілетін қамтамасыз ету айрықша маңызға ие.

Ылғалдылығы жоғары топырақтар өзінің физика-механикалық қасиеттерінің тұрақсыздығымен, сығылғыштығының жоғары болуымен және жүк түскен кезде деформацияға бейімділігімен сипатталады. Мұндай топырақтардан салынған автомобиль жолдары пайдалану барысында отыру, жарықшақтану және жол жабындысының бұзылуы сияқты ақауларға жиі ұшырайды. Сондықтан жол төсемдерінің негізін жобалау кезінде топырақтың ылғалдылық режимін ескеру және оны реттеу жолдарын ғылыми тұрғыдан негіздеу қажеттілігі туындайды [1].

Ылғалдылығы жоғары топырақтар автомобиль жолдарының негізін жобалау және салу кезінде ерекше назар аударуды талап ететін инженерлік-геологиялық орта болып табылады. Бұл топырақтар көбінесе сазды, саздақ және шанды-сазды құрамда кездесіп, суға қанығу деңгейінің жоғары болуымен сипатталады. Олардың физика-механикалық қасиеттері топырақ құрамындағы су мөлшеріне тікелей тәуелді болып, ылғалдылықтың аз ғана өзгеруі де беріктік сипаттамаларының айтарлықтай төмендеуіне алып келеді.

Топырақтың негізгі физикалық көрсеткіштеріне табиғи ылғалдылық, тығыздық, кеуектілік және су өткізгіштік жатады. Ылғалдылығы жоғары топырақтарда табиғи ылғалдылық көрсеткіші шекті мәндерге жақын немесе одан жоғары болады, нәтижесінде кеуектілік коэффициенті артып, топырақтың құрылымдық байланысы әлсірейді. Су өткізгіштігінің төмен болуы салдарынан мұндай топырақтарда судың ұзақ уақыт сақталуы байқалады, бұл олардың табиғи кептіру процесін баяулатады.

Осылайша, ылғалдылығы жоғары топырақтардың физика-механикалық қасиеттері автомобиль жолы негіздерінің сенімділігіне тікелей әсер етеді. Сондықтан мұндай топырақтарды пайдалану кезінде олардың қасиеттерін жан-жақты зерттеп, ылғалдылықты төмендетуге немесе топырақ құрылымын жақсартуға бағытталған инженерлік шараларды ғылыми тұрғыдан негіздеу қажет.

Автомобиль жолдарының негізін салу барысында топырақтың ылғалдылық деңгейі жол конструкциясының беріктігі мен ұзақ мерзімді пайдалану сенімділігін айқындайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Ылғалдылықтың жоғары болуы топырақтың физика-механикалық қасиеттерін өзгертіп, жол төсемінің деформациялануына және көтергіш қабілетінің төмендеуіне әкеледі.

Топырақтағы судың шамадан тыс мөлшері оның құрылымдық байланыстарын әлсіретіп, бөлшектер арасындағы үйкеліс күштерін азайтады. Нәтижесінде ілінісу коэффициенті мен ішкі үйкеліс бұрышы төмендеп, топырақтың жүк көтеру қабілеті нашарлайды. Мұндай жағдайда автомобиль жолының негізі көлік жүктемесінің әсерінен пластикалық деформацияға ұшырап, біркелкі емес отырулар пайда болады.

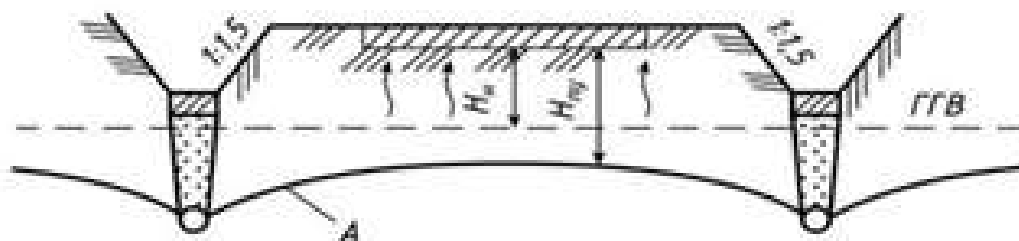
Автомобиль жолдары негіздерін салу кезінде топырақтың оңтайлы ылғалдылықта тығыздалуы аса маңызды болып табылады. Ылғалдылық оңтайлы мәннен жоғары болған жағдайда топырақ бөлшектері арасында су қабаты қалыптасып, тығыздау тиімділігі төмендейді. Бұл жол негізінің жобалық тығыздыққа жетпеуіне және кейінгі пайдалану кезеңінде қосымша отырулардың пайда болуына себеп болады [2,3].

Ылғалдылықтың әсері жол негізінің беріктігіне ғана емес, оның деформациялық қасиеттеріне де айтарлықтай ықпал етеді. Ылғалдылығы жоғары топырақтарда серпімділік модулі төмен болады, бұл жол конструкциясының жалпы қаттылығын азайтып, динамикалық жүктемелер әсерінен пайда болатын тербелістердің артуына әкеледі. Нәтижесінде жол жабындысында жарықшақтар, шұңқырлар және тегістіктің бұзылуы байқалады.

Сонымен қатар, ылғалдылық деңгейі жол негізінің маусымдық тұрақтылығына әсер етеді. Су мөлшері жоғары топырақтар мұздану кезінде көлемін ұлғайтып, кебу құбылысына ұшырайды, ал еріген кезеңде кері отыру процесі жүреді. Бұл қайталанбалы деформациялар жол төсемінің құрылымдық тұтастығын бұзып, жөндеу жұмыстарын жиі жүргізуді талап етеді.

Ылғалдылықтың автомобиль жолы негіздеріне теріс әсерін азайту мақсатында жобалау және құрылыс кезеңдерінде инженерлік шараларды қолдану қажет. Оларға жол төсемінің дренаж жүйесін ұйымдастыру, топырақты табиғи немесе жасанды кептіру, құрылыс мерзімін климаттық жағдайларға сәйкестендіру және топырақтың ылғалдылық режимін бақылау жатады (1-сурет). Бұл шараларды ғылыми тұрғыдан негіздеу жол

құрылысының сапасын арттырып, автомобиль жолдарының қызмет ету мерзімін ұлғайтуға мүмкіндік береді.



1-сурет – Дренаж арқылы жер асты суларының деңгейін төмендету

Автомобиль жолдарын жобалау және салу саласында ылғалдылығы жоғары топырақтар өзекті геотехникалық проблема ретінде қарастырылады. Мұндай топырақтардың табиғи күйіндегі ылғал сыйымдылығы жоғары, фильтрациялық және деформациялық қасиеттері тұрақсыз келеді. Бұл олардың жол төсемесі негізі ретінде пайдаланылуын шектейді. Осыған байланысты зерттеу жұмысы табиғи кептіру әдісі арқылы мұндай топырақтардың құрылымдық қасиеттерін жақсартуға бағытталды.

Жүргізілген теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижесінде табиғи кептірудің топырақтың тығыздығы мен су өткізгіштік қабілетіне әсері ғылыми негізде дәлелденді. Топырақ кепкен сайын оның көлемдік салмағы мен беріктігі артады, ал капиллярлық су қозғалысы тежеліп, шөгу және көтерілу процесі бәсеңдейді. Бұл жол төсемесінің тұрақтылығына оң әсерін тигізеді.

Эксперименттік сынақтар нәтижелері теориялық болжамдарды растады және табиғи кептірудің тиімділігі климаттық жағдайға, топырақ түріне және құрылыс мерзіміне тікелей байланысты екенін көрсетті. Сонымен қатар, табиғи кептіруді қолдану құрылыс шығындарын 15–25% дейін қысқартуға мүмкіндік беретіні дәлелденді, бұл экономикалық тұрғыдан да маңызды фактор болып табылады.

Жалпы, ұсынылған әдістер мен зерттеу нәтижелері еліміздің әртүрлі аймақтарындағы жол құрылысы тәжірибесінде пайдалануға жарамды және инженерлік практикада нақты қолдануға болады. Табиғи кептірудің геотехникалық негізделуі жол салу кезінде қауіпсіздік пен ұзақмерзімділікті қамтамасыз ететін сенімді құрал бола алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

- 1 Ахметов, А.Т. Автомобиль жолдарының конструкциялары және негіздерін жобалау. Алматы: Ғылым, 2018. – 256 б.
- 2 Бекмұхамедов, С.К. Ылғалдылығы жоғары топырақтар және жол құрылысы. Астана: Лингвист, 2020. – 184 б.
- 3 Куликов, В.П., Смирнов, Ю.В. Физико-механические свойства глинистых грунтов. Москва: Стройиздат, 2017. – 212 с.

Герман Ю.А.
(Караганда, ИП G-GROUP, КарТУ им. А. Сагинова)
Герман Р.А.
(Караганда, ИП G-GROUP, КарТУ им. А. Сагинова)

ИЗМЕНЕНИЕ БАЛАНСА НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ-АРХИТЕКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Стремительное развитие доступных рядовому пользователю инструментов искусственного интеллекта становится одним из основополагающих факторов трансформации архитектурной деятельности. Технологии нейросетей влияют не только на скорость процессов проектирования, но влияют на сам процесс формирования проектных решений. Даже внедрение САПР не затрагивало базовые процессы проектирования в такой степени.

В представленной статье мы рассмотрим потенциальные возможности ИИ, изменения в структуре профессиональной подготовки архитекторов, проблематику использования нейросетей, изменения самого баланса навыков студентов.

Применение нейросетевых инструментов имеет широкий диапазон: от использования базовых языковых моделей для обработки и генерации текстовых документов, анализа нормативной документации, до генерации планировочных решений, разработки фасадов, создания визуализаций и автоматизации расчетов.

В целом ИИ рассматривается как система из нескольких уровней:

- Данные (datasets) — основа обучения
- Модели (ML, DL, CNN, GNN, diffusion) — обработка и генерация
- Интеграция (wrappers) — связь с Revit, Rhino и др.
- Специализированные инструменты — например, Autodesk Forma

Внедрение искусственного интеллекта приводит к масштабным изменениям на рынке труда в целом, что подчеркивается в прогнозах известного американского экономиста Тайлера Коуэна «Конец среднего класса?»

По представленной диаграмме видна относительная «безопасность» проектной отрасли на текущем этапе развития инструментов ИИ, но также и наблюдается растущий потенциал использования нейросетей в этом направлении.

Использование вычислительного проектирования повышает эффективность и точность проектных решений, однако требует более высокого уровня профессиональной подготовки [3].

Существуют ограничения моделей ИИ:

- генерация при помощи ИИ — это не всегда конструктивная реализуемость
- тексты от ИИ могут быть неточными
- изображения, произведенные нейросетями не всегда архитектурно-корректны

Дополнительно исследователи отмечают моральные риски, связанные с автоматизацией творческих процессов и изменением роли архитектора [8]:

- Потеря глубины понимания у студентов (результат без процесса)
- Размывание авторства (человек против ИИ)
- Риски плагиата и нарушения авторских прав
- Зависимость от «чёрного ящика» (непрозрачность алгоритмов)
- Отсутствие полной юридической ясности по авторским правам
- Риски утечки данных при использовании облачных ИИ.

С одной стороны, внедрение искусственного интеллекта требует формирования компетенций, связанных с цифровым моделированием, BIM-технологиями и анализом данных. Применение нейросетей в профессиональном образовании рассматривается как необходимое условие повышения его эффективности [7].

С другой стороны, существует риск снижения уровня базовых навыков — рисунка, скетчинга и макетирования. Эти навыки формируют архитектурное мышление и способность к генерации проектной идеи.

Исследования показывают, что:

1. ИИ на базе GPT показал результаты, превосходящие 90% студентов.
2. ИИ не может оценить «уместность» идеи в сложном социокультурном контексте. Он выбирает вариант, который «статистически вероятен», а не тот, который «решает проблему города».
3. Эффект «Иллюзии компетентности»: студенты, использующие ИИ, часто показывают более красивые рендеры, но при детальном опросе выясняется, что они не понимают, как устроено их собственное здание.
4. Гибридный интеллект (Human-AI Collaboration): лучшие результаты в архитектурных конкурсах показывают не «чистые» люди и не «чистые» ИИ, а те, кто использует ИИ как инструмент быстрой проверки гипотез, сохраняя за собой право вето [3], [5].

Таким образом, необходима интеграция традиционных и цифровых подходов в единую образовательную систему. В условиях цифровизации сохраняется необходимость фундаментальной подготовки архитекторов.

Ручная графика играет ключевую роль в формировании проектного мышления и способности к генерации архитектурных решений.

В то же время цифровые технологии повышают эффективность обучения и вовлеченность студентов [4].

Искусственный интеллект сам по себе не упрощает профессию архитектора, но становится обязательным инструментом, что повышает требования к качеству подготовки специалистов и наполнению образовательных программ. Теоретически возможно выделение будущих выпускников в отдельную специализацию, ориентированную на приоритетное использование инструментов ИИ в проектной работе. Подобное решение может создать временную, но необходимую «касту» интеграторов нейросетей в проектных институтах.

Таким образом, формируется новая модель архитектора — специалиста, способного мыслить, анализировать и управлять цифровыми инструментами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркушев К.А. Анализ технических возможностей развития последовательно обучающихся нейронных сетей в проектировании промышленной архитектуры // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2025. Т. 15. № 1. С. 155–164.
2. Пичугов П.А., Шабиев С.Г. Методика использования *stable diffusion* для генерации вариантов фасадных решений на основе искусственного интеллекта // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2024. № 3(68). С. 327–338.
3. Акишов Э.А. Использование вычислительного проектирования и искусственного интеллекта при моделировании архитектурных объектов // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023. № 2(63). С. 298–315.
4. Филатова О.Н., Фролова Н.В., Себина Е.В. Применение технологии дополненной реальности в образовании.
5. Умуров О.Ф. Нейронные сети и образование // *Universum: технические науки*. 2024. № 3(120).

УДК: 625.731.

Гулямкадирова М.А. (Ташкент, ТГТУ)
Агзамова И.А. (Ташкент, ТГТУ им. И.Каримова)
Каюмов А.Д. (Ташкент, ТГТУ им. И. Каримова)

УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В последнее время в дорожном строительстве значительно увеличилось количество высоких откосов, вызванных необходимостью располагать земляное полотно в глубоких выемках или устраивать высокие насыпи. Глубины выемок и высота насыпей нередко достигает 30-40 м [1, 2].

Откосы земляных сооружений – одно из самых уязвимых мест дорожной конструкции, поскольку они испытывают различные воздействия погодно-климатических факторов, силовые, включая напряжения от собственного веса, а также влияние подземных и текучих вод [3].

Строительство традиционных противодеформационных сооружений для обеспечения устойчивости откосов земляного полотна требует больших материальных, трудовых затрат и времени. Применять их для прекращения деформаций на существующих дорогах затруднительно [4].

В связи с этим все более актуальной задачей становится разработка экономичных и надежных способов обеспечения общей и местной устойчивости откосов земляного полотна, которые могут применяться на эксплуатируемых дорогах. Одним из способов повышения устойчивости откосов является глубинное инъекционное закрепление грунтов откосов земляного полотна.

Анализ теоретических исследований и практического опыта применения методов глубинного закрепления грунтов в различных отраслях строительства показал, что для эффективного применения методов глубинного закрепления в качестве противооползневых устройств необходимо решить ряд специфических задач в области расчета, конструирования, технология производства работ [4].

Для обеспечения устойчивости откосов в объём случая необходимо либо уменьшить величины усилий сдвига в грунте, например, устройством удерживающих сооружений, либо увеличить сдвиговые характеристики грунтов, например, закреплением химическими реагентами. Глубинное закрепление дает комплексный эффект, выражающийся в увеличении сдвиговой прочности грунта в зоне скольжения, изменении напряженного состояния массива, предотвращении дополнительного водонасыщения грунтов в ослабленной зоне. Для достижения этого необходимо, чтобы конструктивно-технологические решения закреплений соответствовали типу и схеме развития оползневых деформации. Основными видами глубинного закрепления является сваишпоны, шпоны, монолиты, завеса

или экран из закрепленного грунта.

При устройстве конструкций с глубинным закреплением грунтов следует учитывать сцепчиические особенности их работы в земляном полотне. Для этого при обследовании неустойчивого участка откоса земляного полотна необходимо выделить зоны сезонного промерзания и оттаивания. Фиксированных поверхностей скольжения, слои со специфическими свойствами, необходимые для правильного подбора закрепляющего состава (коэффициент фильтрации, карбонатность, емкость поглощения, реакция рН среды). Определить направление, скорость течения и уровень грунтовых вод.

При ликвидации и предупреждении деформаций неустойчивых откосов путем сплошного упрочнения слоя, а также путем устройства инъекционных удерживающих свай-шпон из закрепленного грунта, одновременно с пропитыванием массива грунта происходит заполнение рабочим раствором трещин, каналов, пустот, рыхлых мест и т.д., которые образовались в результате сдвижки нестойчивой части откоса, действия погодно-климатических факторов и других причин. При инекции рабочего раствора в грунт одновременно с пропитыванием может происходить упрочнение с разрывами сплошности грунта. Причиной такого явления может быть несоблюдение заланного режима нагрнетания, неправильная отсыпка насыпи, бессистемное случайное переслаивание проницаемых и непроницаемых грунтов и пр.

Моделирование откоса эквивалентными материалами позволило оценить степень влияния инъекционных свай-шпон на его устойчивость и получить количественную картину поля напряжения в откосе из однородного грунта, которая характеризует степень его устойчивости до и после его закрепления. Было установлено. Что коэффициент запаса прочности откоса, рассчитанный с учетом особенностей и всех силовых воздействий плоского поля напряжений больше на 0,17, чем коэффициент запаса устойчивости, определенный традиционным способом (методом “круглоцилиндрических поверхностей скольженич”).

В результате сравнительного анализа напряженного состояния модели откоса до и после укрепления былоэкспериментально подтверждно, что укрепление откоса инекционным способом приводит к снижению касательных и максимальных касательных напряжений, к повышению удерживающих усилий и коэффициента запаса устойчивости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Braja M.Das. *Principles of Geotechnical Engineering*. 2010. United States. -470 p.
2. David George Price. *Enjineering Geology principles and practice*. 2009. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. -450 p.
3. Craig R.F. *Craig's soil mexanics*. London and New York, 2010. -446 p.
4. Добров Э.М. *Механика грунтов*. –М.: Изд. сентр “Академия”, 2008. -272 с.

Есенбаева Г.А.
(Караганда, КарМУ имени Е.Букетова)
Касимов А.Т., Шарипов К.Т., Гусейнов А.
(Караганда, КарТУ имени А.Сагинова)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЛОИСТЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ УТОЧНЕННОЙ ТЕОРИИ

Слоистые конструкции благодаря своей лёгкости и высокой прочности нашли широкое применение в современной механике. Одной из их характерных особенностей является наличие легких заполнителей и их слабая сопротивляемость сдвиговому деформации и сжатию.

Оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) таких систем является одной из сложных задач в строительной механике и не всегда позволяет получить их практические решения в замкнутом виде. В связи с этим, используя неклассическую теорию, возникает необходимость разработать и внедрить удобный и эффективный численный алгоритм, позволяющий идентифицировать и изучать компоненты НДС слоев пакета слоистых структур на уровне автоматизированного режима.

Автоматизированный анализ напряженно-деформированного состояния пластин проводится на основе дифференциальных уравнений варианта уточненной теории слоистых пластин [1], где учитываются поперечный сдвиг в пластинах, давление слоев друг на друга, нормальная деформация, ортотропия слоев, асимметрия структуры

$$\begin{aligned}\Delta_F^2 \phi + \Delta_{1S}^2 W - (\Delta_{2S}^2 - \Delta_{13}^2) \chi &= 0; \\ \Delta_{1S}^2 \phi + (\Delta_{3S}^2 - \Delta_D^2) W + (\Delta_P^2 - \Delta_{23}^2 - \Delta_{4S}^2) \chi &= -q; \\ \Delta_{2S}^2 \phi + (\Delta_{5S}^2 - \Delta_P^2) W + (\Delta_{P1}^2 - \Delta_{33}^2 - \Delta_{P3}^2) \chi &= 0.\end{aligned}\quad (1)$$

Система также учитывает поперечный сдвиг и давление слоёв. Неизвестными являются три функции координатной поверхности: функция усилий, прогиба и сдвига.

Уравнения (1) содержат дифференциальные операторы, 4 и 2 порядков, которые определяются через (2), в зависимости от жесткостей слоистой пластины относительно коэффициентов $A_j^* (j = 1, 2, 3)$, $B_i^* (i = 1, 2)$

$$\begin{aligned}\Delta_f^2 &= A_1^*(\square)_{,1111} + A_2^*(\square)_{,1122} + A_3^*(\square)_{,2222}; \\ \Delta_g &= B_1^*(\square)_{,11} + B_2^*(\square)_{,22}.\end{aligned}\quad (2)$$

Для разных значений f и g , коэффициенты операторов принимают разные значения

Для описания различных случаев закрепления краев пластины, граничные условия выражаются из контурного интеграла вариационного уравнения. Дискретизация системы решающих уравнений и соответствующих контурных условий произведена методом конечных разностей с использованием прямоугольной сетки [2].

Автоматизация численного расчета слоистых ортотропных пластин произвольной толщины - любой структуры реализуется пакетом программ на ПЭВМ. Последняя включает в себя главную программу и несколько подпрограмм, реализованных на языке Фортран.

Блок-схема основной программы состоит из нескольких блоков, каждый из которых является самостоятельным модулем и выполняет определенные, относящиеся к нему функции. Далее будут кратко описаны некоторые из этих блоков.

Блок 2. Ввод начальных параметров. Для удобства численного расчета все размерные величины задаются в безразмерной форме, удобной для расчета.

Блок 3. Определение характеристик жесткости слоистой пластины.

Блок 4. Построение и решение разрешающих системы уравнений равновесия слоистой пластины.

Блок 5. Определение напряженно-деформированного состояния слоистой пластины.

Таким образом, разработан автоматизированный расчет НДС слоистых ортотропных пластин произвольной толщины любой ее структуры, методика разработана на основе (МКР), реализована ПЭВМ и обладает высокой степенью универсальности и позволяет решать широкий спектр задач в рамках принятия различных широких параметров, как при различных краевых условиях, так и при изменении геометрических размеров пластин в плане, внешних нагрузок, толщины слоев и их упругих характеристик.

Используя методику численного расчета, основанную на метода конечных разностей [1,2], были получены компоненты НДС для трехслойных симметричных пластин средней толщины $a/h=5$ и тонкой $a/h=10$: для этих пластин, приняты следующие параметры слоев: $h_3=h_1=0,25 h$; $h_2=0,5 h$ и для несимметричной структуры: тогда $h_1=0,1 h$; $h_2=0,5 h$; $h_3=0,4 h$; а также для пятислойной несимметричной структуры: $h_1=h_3=0,17 h$; $h_2=h_4=0,25h$; $h_3=0,4h$. Для слоев пластины были приняты ортотропный материал.

Механические характеристики слоев следующие: $E_1=100E_2$;
 $E_2=10^5$ $G_{12}=G_{13}=0,1E_2$; $V_{12}=100$; $V_{21}=0,25$;
 $E_3=10^3E_2$; $G_{23}=0,04E_2$ $V_{23}=V_{13}=0$ (3)

Согласно разработанной методике, были рассчитаны симметричные по толщине, шарнирно-опертые, квадратные пластины с ортотропными слоями из углепластика: $E_1=25E_2$; $E_2=E_3$; $G_{12}=G_{13}=0,5E_2$; $V_{12}=V_{23}=V_{13}=V_{32}=0,25$; $V_{21}=V_{31}=0,01$; $G_{23}=0,2E_2$; $V_{23}=V_{13}=0$; : $h_3=h_1=0,5h$; $h_2=0,25h$;

В таблице 1 представлены значения максимальных прогибов ($W_{\max}$) срединной поверхности и нормальных напряжений $\sigma_{11}^{\max}$ (в наружном волокне нижнего слоя пластины) и $\sigma_{22}^{\max}$ (на границе внешнего и внутреннего слоев пластины) в центре пластины.

Согласно предложенной численной методике, результаты, полученные во всем диапазоне параметров a/h , показывают, что они хорошо согласуются с достаточной точностью с результатами трехмерных решений. Для рассматриваемых диапазоне вычислений, с точки зрения результатов точности, использование классической теории нецелесообразно.

Таблица 1

h/a	По классической теории	Точное решение		Решение в тригонометрических рядах		По МКР	
	$10^{-7} w$, м	$10^{-7} w$, м	$\frac{\sigma_{11}}{\sigma_{22}}$, МПа	$10^{-7} w$, м	$\frac{\sigma_{11}}{\sigma_{22}}$, МПа	$10^{-7} w$, м	$\frac{\sigma_{11}}{\sigma_{22}}$, МПа
1/20	690,00	820,41	$\frac{217,20}{123,48}$	821,51	$\frac{217,44}{123,48}$	840,56	$\frac{209,08}{118,23}$
1/10	43,12	73,70	$\frac{55,90}{40,10}$	73,93	$\frac{56,22}{40,26}$	75,85	$\frac{53,95}{38,46}$
1/5	2,70	-	-	9,25	$\frac{16,59}{15,01}$	9,56	$\frac{15,26}{14,85}$
1/4	1,10	4,96	$\frac{11,52}{10,61}$	5,00	$\frac{11,97}{10,96}$	5,21	$\frac{11,48}{10,19}$
1/2	0,07	0,81	$\frac{5,55}{3,34}$	0,80	$\frac{5,57}{3,39}$	0,85	$\frac{5,39}{3,28}$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Боженов А.Ш. Теория многослойных неоднородных пластин, ортотропных оболочек и пластин: дис...д-ра техн.наук/НИИЖТ.-Новосибирск,1990.-45с.
2. Касимов А.Т. Исследования НДС прямоугольных многослойных пластин методом конечных разностей. Труды университета вып.4, Караганда: КарГТУ,2002 Г.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Интенсивное развитие городских территорий и необходимость уплотнения застройки в крупных мегаполисах приводят к освоению участков с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями, характеризующимися наличием слабых водонасыщенных грунтов. Слабые грунты, к которым относятся мягкопластичные глины, илы, торфяники и насыщенные пылеватые грунты, обладают низкой несущей способностью, высокой сжимаемостью и склонностью к значительным и неравномерным осадкам под нагрузкой. Строительство многоэтажных зданий на таких основаниях в условиях плотной городской застройки осложняется необходимостью минимизации воздействия на существующие сооружения, ограничениями по применению вибрационных и ударных технологий, а также требованиями к сохранению исторических памятников и инфраструктуры [1], [2].

Традиционные подходы, основанные на применении массивных свайных полей или полной замене грунта, часто оказываются экономически неэффективными и технически сложно реализуемыми в стесненных городских условиях, что обуславливает необходимость разработки и внедрения современных комплексных решений, сочетающих различные методы укрепления грунтов, оптимизированные конструкции фундаментов и цифровые инструменты для проектирования и контроля [3].

В городских условиях применяются несколько основных подходов к усилению слабых грунтов, выбор которых зависит от типа грунта, ограничений по вибрации и близости соседних сооружений. Цементация и глубокое смешивание предполагают введение цементного или вяжущего состава в грунт для образования колонн или блоков с повышенной прочностью, при этом возможно армирование волокнами для повышения прочности и трещиностойкости грунтоцементных элементов, что особенно важно при работе с высокопластичными глинами и илами [4]. Данный метод позволяет создавать в массиве слабого грунта жесткие включения диаметром от четырехсот до восьмисот миллиметров, которые воспринимают значительную часть нагрузки от здания и существенно снижают общие и дифференциальные осадки основания. Инъекционные методы и буроинъекционные сваи используются для локального укрепления и герметизации грунтов путем введения микропескоцемента или микроцемента под давлением, что особенно эффективно для ремонта

фундаментов и укрепления оснований рядом стоящих памятников в стесненных условиях с минимальным воздействием на конструкции [5].

Низкоуглеродные и композитные методы формирования столбов, комбинирующие жесткие и гибкие элементы с предварительным отверждением и энергосберегающими технологиями, развиваются как энергоэффективная альтернатива классическим сваям в толстых слабых слоях и позволяют снизить углеродный след строительства при сохранении требуемых прочностных характеристик. Выбор конкретного метода улучшения грунтов определяется результатами инженерно-геологических изысканий, требованиями к несущей способности и осадкам, а также ограничениями, накладываемыми окружающей застройкой и экологическими нормами, при этом в практике часто применяется комбинирование нескольких методов для достижения оптимального технико-экономического эффекта.

Проекты глубоких котлованов в плотной городской застройке требуют комплексной системы ограждений, поэтапной поддерживающей конструкции и контроля несимметричных нагрузок. Системы ограждений включают шпунтовые стены, диафрагменные стены, буронабивные кольцевые стены и подпорные сваи с распорками или анкерами, при этом при котлованах у рек или дорог используют комбинации длинных и коротких свай с распорками или крупнодиаметными анкерными тросами для компенсации несимметричных нагрузок и деформаций. Численное моделирование и стадийное проектирование помогают предусмотреть перераспределение давлений и оптимизировать схему опор, при этом программные комплексы применяются для анализа напряженно-деформированного состояния при выемке и опирании конструкций [3].

Численное моделирование с использованием трехмерных методов конечных элементов применяется для имитации стадий строительства, учета взаимодействия грунт-конструкция и оценки влияния на соседние сооружения, при этом результаты моделирования регулярно сравнивают с мониторинговыми данными для калибровки моделей и выбора оптимальной схемы усиления или последовательности работ [3].

Интеграция численного моделирования и мониторинга обеспечивает информатизацию расчетов и контроля работ, что позволяет оперативно реагировать на отклонения от проектных параметров и минимизировать риски для окружающей застройки.

Комбинированный плитно-свайный фундамент для семидесятипятиметровой гостиницы во Франкфурте включал толстую треугольную плиту с тридцатью четырьмя крупнодиаметральными буронабивными сваями для достижения заданной доли распределения нагрузки, при этом моделирование стадий строительства и контроль смещений исторических сооружений обеспечили нормативные смещения не более тридцати миллиметров [3].

Применение длинных и коротких композитных свай для высотного здания позволило устранить риск ликвации и обеспечить несущую способность и сжимимость осадок для тридцатиэтажного объекта с подтверждением расчетов полевыми измерениями. Инъекционные методы и буроинъекционные сваи применялись для усиления фундаментов памятников с минимальным воздействием на конструкции, что подтверждено практикой восстановления и профилактики рядом с котлованами [5].

Современные технологии строительства многоэтажных зданий на слабых грунтах в условиях городской застройки основаны на комплексном подходе, сочетающем методы улучшения грунтов, оптимизированные конструкции фундаментов, бережные технологии устройства глубоких котлованов и цифровое моделирование с мониторингом в реальном времени. Применение комбинированных плитно-свайных фундаментов в сочетании с методами укрепления грунтов и цифровым контролем позволяет обеспечить безопасное строительство высотных объектов при минимальном воздействии на существующую застройку и снижении экономических затрат. Дальнейшее развитие технологий направлено на повышение энергоэффективности методов улучшения грунтов, совершенствование численных моделей взаимодействия грунт-конструкция и интеграцию систем мониторинга с цифровыми платформами управления строительством для обеспечения устойчивого развития городских территорий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Khirird S., Kale S., Gaikwad M., Gaikwad S., Gaikwad S. Hybrid Foundation A New Era in Load Bearing System i.e. Hybrid Foundation // *International Journal For Science Technology And Engineering*. 2025. DOI: 10.22214/ijraset.2025.67760.
2. Tan Y.C., Chow C.M., Gue S.S. Methodology for Design of Piled Raft for 5-Story Buildings on Very Soft Clay // 2006. DOI: 10.1061/40865(197)29.
3. Leppla S., Baitsch M., Stöckl S., Hartmann D. Design and Numerical Analysis of a Combined Pile–Raft Foundation for a High-Rise in a Sensitive Urban Environment // *Buildings*. 2025. DOI: 10.3390/buildings15162933.
4. Novytskyi O. Soil-cement piles fiber reinforced // 2021. DOI: 10.23939/JTBP2021.01.113.
5. Osokin A.I., Sokolov N.S., Kupchikova N.V. Contemporary geotechnical solutions for bases and foundations of emergency-deformed buildings-monuments on weak soils // *E3S web of conferences*. 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202337102003.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ

Звукоизоляция является важным аспектом в проектировании зданий, обеспечивающим комфорт и безопасность жильцов. Шумное воздействие, исходящее от внешней среды (транспорт, промышленность) или внутри здания (соседи, техника), может нарушать условия проживания и работы. Одним из способов улучшения звукоизоляции является использование ограждающих конструкций с ребрами жесткости, которые обеспечивают не только прочность и устойчивость конструкции, но и могут оказывать влияние на акустические характеристики здания.

Звукоизоляция – это способность материала или конструкции препятствовать распространению звуковых волн. Для эффективной защиты от шума важно учитывать различные факторы, такие как материал, толщина, плотность и конструктивные особенности ограждающих конструкций. В данном контексте рассматриваются конструкции с ребрами жесткости, которые используются для усиления ограждающих элементов (стен, перегородок) без значительного увеличения их массы.

Ребра жесткости – это элементы, обычно выполненные из того же материала, что и основная конструкция, но с различным геометрическим оформлением (например, в виде вертикальных или диагональных полос). Эти элементы увеличивают жесткость конструкции, улучшая ее механические свойства, что важно для предотвращения деформаций и повышения устойчивости к нагрузкам. Однако, их влияние на звукоизоляцию не всегда очевидно и требует дополнительного анализа. Звукоизоляция в ограждающих конструкциях зависит от их способности затухать звуковые волны. Основным механизмом является отражение, поглощение и рассеивание звуковых волн на различных поверхностях конструкции. Ребра жесткости могут оказывать влияние на эти процессы.

В случае вертикальных ребер жесткости они могут усиливать отражение звуковых волн, уменьшая проникновение звука в конструкцию. Это может улучшить звукоизоляцию, особенно в тех частях конструкции, которые находятся под воздействием вибраций. Однако, если ребра жесткости размещены неправильно, они могут привести к образованию резонансных частот, что может ухудшить звукоизоляционные свойства.

Ребра жесткости могут влиять на распределение массы в ограждающей конструкции. Увеличение плотности или общей толщины материала ограждения может привести к улучшению его звукоизоляционных

характеристик, поскольку более тяжелые и плотные материалы имеют более высокую способность блокировать звуковые волны.

Ребра жесткости могут изменять частотный отклик конструкции. Для этого требуется учитывать геометрические параметры ребер и их расположение. Неправильно подобранные размеры и форма ребер могут вызвать резонанс в определенных частотных диапазонах, что ухудшит звукоизоляцию. Поэтому важно проводить акустические расчеты для определения оптимальных характеристик ребер жесткости. Используемые материалы для ограждающих конструкций с ребрами жесткости также имеют большое значение. Например, бетонные конструкции с ребрами жесткости могут иметь другие звукоизоляционные свойства, чем аналогичные конструкции из кирпича или гипсокартона. В некоторых случаях использование специальных звукоизоляционных материалов в сочетании с ребрами жесткости может значительно улучшить акустические характеристики.

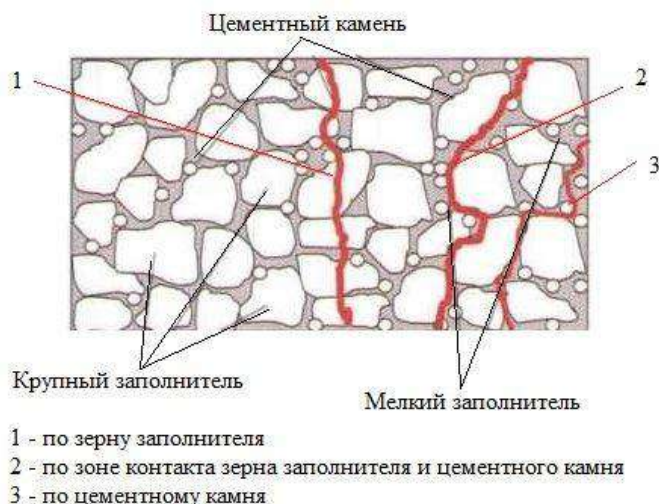


Рисунок 1 - Формирование жесткого каркаса бетона и схемы его разрушения

Для оценки влияния ребер жесткости на звукоизоляцию используются различные методы, включая:

Теоретические расчеты. Математические модели позволяют рассчитать акустические характеристики ограждающих конструкций, учитывая их геометрические параметры и механические свойства. Это позволяет предсказать эффективность различных конструктивных решений до начала строительства.

Экспериментальные исследования. Включают в себя лабораторные испытания, в ходе которых измеряется коэффициент звукоизоляции (например, по методике СНиП 23-03-2003 «Звукоизоляция зданий и сооружений») в условиях реальных конструкций с ребрами жесткости. Это

позволяет на практике оценить, как изменение конструкции влияет на звукоизоляционные свойства.

Моделирование в численных программах. Современные методы численного моделирования, такие как методы конечных элементов (МКЭ), позволяют точно оценить влияние ребер жесткости на распространение звука в различных частях конструкции.

Результаты исследования показали, что использование ребер жесткости может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на звукоизоляционные свойства ограждающих конструкций, в зависимости от их конфигурации, материала и точного расположения. В некоторых случаях, особенно при использовании ребер с большой поверхностью и в сочетании с звукопоглощающими материалами, можно достичь значительных улучшений в звукоизоляции.

Исследование звукоизоляционных свойств ограждающих конструкций с ребрами жесткости позволяет сделать вывод о том, что для повышения звукоизоляции важно учитывать не только механические характеристики материалов, но и геометрические особенности конструкции. Подход, при котором ребра жесткости интегрируются в конструкцию с учетом акустических свойств, может существенно повысить эффективность защиты от шума. Дальнейшие исследования и эксперименты позволят более точно определить оптимальные конфигурации ребер жесткости для различных типов зданий и условий эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 8267-93 Щебень из твердых пород для строительных работ.
2. Волков В. Г., Елиин И. М., Харин А. И., Кристалев М. Н. Обогащение и фракционирование природных песков для бетона.
3. ГОСТ 8269-0-97 Щебень из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Физико-механические методы испытаний.
4. Кравцов А.И., Макаева А.А. Новые стандарты и строительное образование [Электронный ресурс] // Университетский комплекс как региональный центр развития образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., 31 янв.–2 февр. 2018 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Оренбургский гос. ун-т. Оренбург, 2018. С. 262-265.

ӘӨЖ 624.13=512.122

Какенов К.С. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

Марал Н. Ж. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

Ахметов Б.Б. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

ШӨГІНДІ ТОПЫРАҚТАРДАҒЫ ҒИМАРАТТАРДЫҢ НЕГІЗДЕРІ МЕН ІРГЕТАСТАРЫН ЕСЕПТЕУДІҢ ИНЖЕНЕРЛІК ӘДІСТЕРІ

Заманауи құрылыста, әсіресе Оңтүстік Қазақстанның күрделі аймақтарын қарқынды урбанизациялау жағдайында, шөгінді (отырмалы) топырақтардағы іргетастарды есептеудің сенімді әдістерін әзірлеу негізгі міндеттердің бірі.

Жұмыстың басты мақсаты құрылыстық тұрғыдан тұрақсыз шөгінді (отырмалы) топырақтарда салынатын ғимараттардың сенімділігін арттыру. Бұл мақсатқа жету үшін іргетастардың негізбен өзара әрекеттесуін есептеудің жаңа инженерлік тәсілдері мен тиімді техникалық шешімдерін әзірлеу көзделген.

Зерттеу барысында сыртқы жүктемелер мен ылғалдылық деңгейінің топырақтың құрылымдық беріктігіне әсері талданды. Шөгінді топырақтардағы құрылыс жағдайларын жүйелеу мақсатында келесі жіктеулер (2.1 және 2.2-кестелер) негізге алынды:

2.1-кесте.

I типті топырақ жағдайлары үшін құрылыс тобының жіктелуі

Құрылыс жүргізу жағдайларының тобы	Сыртқы жүктеме әсерінен негіз топырағының шөгуі (деформациясы)	Негіздің деформациялануы	
		Сыртқы жүктемеден болатын шөгу $S_{sl,p}$	Сыртқы жүктемеден болатын шөгулердің салыстырмалы айырмасы $i_{sl,p} = \Delta S_{sl,p} / L$
I	Жойылмаған	$S_{sl,p}^{max}$	$i_{sl,p}^{max}$
II	Жартылай жойылған	$S_{sl,p}^{max} \geq S_{sl,p}^{\geq 0}$	$i_{sl,p}^{max} \geq i_{sl,p}^{\geq 0}$
III	Толық жойылған	$S_{sl,p} = 0$	$i_{sl,p} = 0$
Кестеде қабылданған белгілеулер: L — ғимарат (құрылыс) іргетастарының арақашықтығы.			

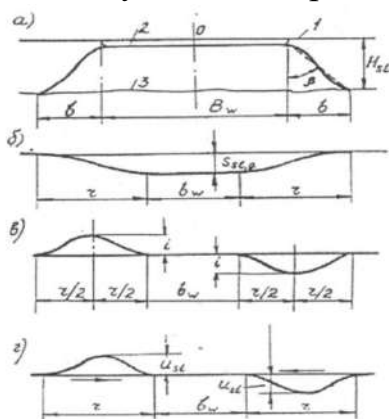
2.2-кесте.

II типті топырақтардағы жер бетінің деформациялық көрсеткіштері

Құрылыс жүргізу жағдайларының тобы	Жер бетінің деформациялары, мм/м		Көрсеткіш, мм/м $K = S_{sl,p} / r$
	Салыстырмалы көлденең	Еңістік (немесе қисаю) i	

	(горизонталь) деформация ε		
0	$\varepsilon > 12$	$i > 18$	$K > 11$
I	$12 \geq \varepsilon > 8$	$18 \geq i > 13,5$	$11 \geq K > 9$
II	$8 \geq \varepsilon > 5$	$13,5 \geq i > 10$	$9 \geq K > 6$
III	$5 \geq \varepsilon > 3$	$10 \geq i > 7,5$	$6 \geq K > 4$
IV	$3 \geq \varepsilon > 0$	$7,5 \geq i > 0$	$4 \geq K > 0$
Кестеде қабылданған белгілеулер: r — топырақтың өз салмағынан шөгуінің қисық сызықты учаскесінің есептік ұзындығы			

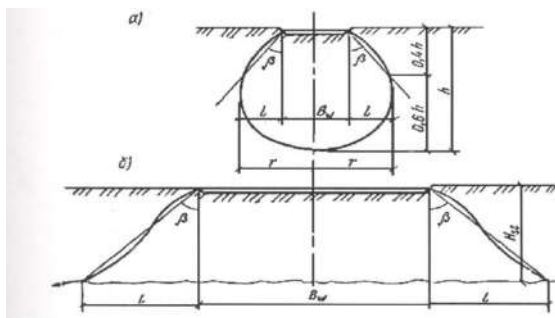
Зерттеу нәтижелері мен техникалық шешімдер барысында сыртқы жүктемелер мен ылғалдың әсерінен топырақ құрылымының трансформациялануы зерделенді. Төмендегі сызбада топырақтың ылғалдану аймағындағы нығыздау сипаты көрсетілген.



а - ылғалдану аймағының көлденең қимасы; б - топырақ бетінің шөгу (отырма) қисығы; в - беткі қабат еңістіктерінің қисықтары; г - топырақ бетінің көлденең (горизонтальді) орын ауыстыру қисықтары; 1 - жер бетінің деңгейі (орналасуы); 2 - ылғалдану (сулану) ауданы; 3 - судың жайылуының төменгі шекарасы; b - судың жайылу аймағының ені; B_w - ылғалдану (сулану) ауданының ені; β - судың жайылу (таралу) бұрышы; шөгінді (отырмалы) қабат; H_{sl} - топырақтың өз салмағынан болатын шөгуі; r - қисық сызықты учаскесінің есептік ұзындығы; b_w - шөгудің горизонтальді (жазық) учаскесінің ені; S_{slg} - топырақтың өз салмағынан болатын шөгуі; i - жер бетінің еңістігі (немесе қисаюы); u_{sl} - жер бетінің көлденең (горизонтальді) орын ауыстырулары.

2.2-сурет Топырақтың ылғалдану кезіндегі нығыздау аймағының схемасы.

Бұл судан қорғау шаралары (экрандар, нығыздағыштар) топырақтың ылғалдану аймақтарын шектеп, негіздің тұрақтылығын сақтайды. Тәжірибелік зерттеулер көрсеткендей, бұл әдістер ғимараттың кеңістікті қатандығын барынша арттырады.



2.3-сурет Шөгу шұңқыры шегіндегі негіз деформацияларының даму сипаты

Инженерлік есептеулер мен нәтижелер топырақтың ылғалдануы кезіндегі деформацияларды жоғары дәлдікпен болжауға мүмкіндік берді. Негіздің беріктігі мен орнықтылығы шекті күйлер бойынша тексеріліп, вертикальді және горизонтальді қысымдардың әсері айқындалды. Графикалық негіздеме бойынша 2.3-суреттегі нығыздау аймақтары мен 2.2-суреттегі шөгу шұңқырының даму сипаты негізінде деформацияларды 95% сенімділікпен басқару әдістемесі дәлелденді. Судан қорғау экрандары мен темірбетон белдеулердің кешенді қолданылуы топырақтың деформациялық модулін арттырып, ғимараттың кеңістікті қатаңдығын сақтауға мүмкіндік береді.

Зерттеудің практикалық құндылығы жүктемелердің ғимарат конструкциясына әсерін мұқият талдаудың маңыздылығы көрсетілді. Толық және нақты есептеулер: потенциалды апаттық жағдайлардың алдын алуға, қымбат тұратын терең іргетастарды үнемді әрі сенімді таяз іргетастармен алмастыруға, ресурстарды тиімді пайдаланып, жобалау сапасын арттыруға жол ашады.

Қорытындылай келе, Оңтүстік Қазақстан үшін әзірленген сегіз тірек геопрофилін пайдалана отырып, ғимаратты біртұтас жүйе ретінде жобалауға мүмкіндік береді. Ұсынылған инженерлік әдістер шөгінді топырақтардағы құрылыс нысандарының қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ететін маңызды құрал болып табылады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Жусупбеков А.Ж., Базаров Б.А. Қадалы іргетастардың жұмыс істеу ерекшеліктері (шөгінді топырақтарда). – Алматы: Ғылым, 2015. – 198 с.
2. Копобаева А.Н., Блялова Г.Г. Литология: оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 210 с.
3. Аубакирова Б.М. Іргетастарды инъекциялық күшейту әдістері. – Вестник МӨК, 2024. – №3, с. 45-52.

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ СОСТАВОВ

В статье исследуется влияние добавления углеродных нанотрубок (УНТ) на механические свойства бетонных композитов. Проведены экспериментальные исследования прочности бетона на сжатие в возрасте 3, 7 и 28 суток для различных составов: стандартного, модифицированного и модифицированного с добавлением УНТ. Полученные результаты свидетельствуют о значительном повышении прочности при использовании наномодификаторов. Установлено, что введение УНТ способствует формированию более плотной и однородной структуры цементного камня, снижению микротрещинообразования и повышению эксплуатационных характеристик бетона.

На графике представлено сравнение прочности различных составов бетона.

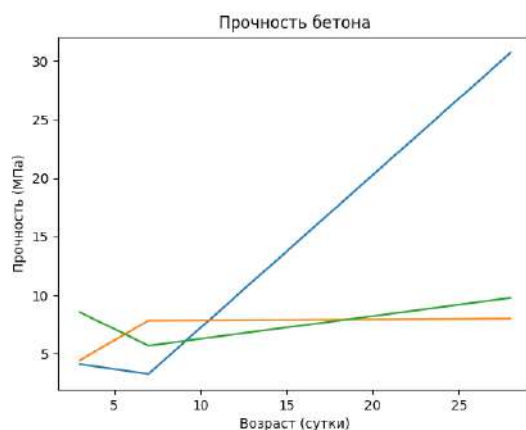


График 1. Сравнение состава бетона

Бетон с УНТ показывает более высокую прочность по сравнению с контрольным и модифицированным составами.

Испытания проводились на сжатие в соответствии с ГОСТ 10180–2012. Образцы выдерживались при стандартных условиях (температура 20 ± 2 °С, влажность около 95%).

Прочность определялась на сроках:

- 3 суток
- 7 суток
- 28 суток

Анализ экспериментальных данных показал существенное влияние углеродных нанотрубок на прочностные характеристики бетона.

Полученные результаты объясняются особенностями взаимодействия углеродных нанотрубок с цементной матрицей.

Основные механизмы упрочнения:

- Армирование на наноуровне – УНТ выполняют функцию микроскопической арматуры;
- Заполнение пор – нанотрубки уменьшают количество микропустот;
- Улучшение адгезии – повышается сцепление между компонентами смеси;
- Снижение трещинообразования – уменьшается вероятность появления микротрещин.

Особенно важно, что эффект проявляется уже на ранних стадиях твердения, что критично для быстромонтируемых конструкций.

Кроме того, УНТ способствуют формированию более плотной структуры цементного камня, что положительно влияет на долговечность и устойчивость к внешним воздействиям.

На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

- добавление углеродных нанотрубок повышает прочность бетона на сжатие на 30–50%;
- наиболее выраженный эффект наблюдается на ранних сроках твердения;
- использование УНТ позволяет улучшить структуру материала и снизить дефектность;
- наномодифицированный бетон перспективен для применения в ответственных конструкциях.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на:

- подбор оптимальной дозировки УНТ;
- изучение влияния дисперсности нанотрубок;
- исследование долговечности и трещиностойкости;
- разработку технологий промышленного внедрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 1991.
2. Endo M., Strano M., Ajayan P. Potential applications of carbon nanotubes. *Carbon*, 2008.
3. Baughman R.H., Zakhidov A.A., de Heer W.A. Carbon nanotubes – the route toward applications. *Science*, 2002.
4. Yu M.-F., Files B.S., Arepalli S., Ruoff R.S. Tensile loading of ropes of single wall carbon nanotubes and their mechanical properties. *Phys. Rev. Lett.*, 2000.
5. Konsta-Gdoutos M.S., Metaxa Z.S., Shah S.P. Multi-scale mechanical and fracture characteristics and early-age strain capacity of high performance carbon nanotube/cement nanocomposites. *Cement and Concrete Composites*, 2010.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Гидромелиоративные сооружения представляют собой важнейший элемент инфраструктуры сельского хозяйства и водного хозяйства, обеспечивая орошение земель, водоснабжение и регулирование водных ресурсов. Железобетон остаётся основным конструкционным материалом для строительства каналов, акведуков, водосбросов, плотин и резервуаров благодаря сочетанию прочности, технологичности и относительной экономичности. Однако эксплуатация железобетонных элементов в условиях постоянного или периодического контакта с водой сопровождается комплексом физико-химических и механических воздействий, приводящих к постепенной деградации материала и снижению несущей способности конструкций.

Одним из наиболее распространённых и опасных видов повреждений является коррозия стальной арматуры, которая проявляется в виде трещинообразования и отслоения защитного слоя бетона. Коррозионные процессы инициируются проникновением влаги и агрессивных ионов к поверхности стали, что приводит к образованию продуктов коррозии с увеличенным объёмом и возникновению растягивающих напряжений в бетоне. Диагностика и целевые меры защиты при ремонте и проектировании новых объектов становятся необходимыми для предотвращения прогрессирующего разрушения конструкций [1].

Другим важным механизмом деградации является выщелачивание кальциевых фаз цементного камня, которое происходит при проникновении мягкой или очищенной воды в структуру бетона. Этот процесс приводит к вымыванию гидроксида кальция и истончению цементного матрикса, что сопровождается снижением прочности и повышением пористости материала. Для оценки долгосрочного эффекта выщелачивания применяются методы микроанализа и математическое моделирование, позволяющие прогнозировать изменение свойств бетона в течение расчётного срока службы [2].

Фильтрация воды через дефекты облицовок и швов приводит к потере герметичности конструкций, что особенно характерно для каналов и лотков. Утечки воды не только снижают эффективность работы гидромелиоративных систем, но и способствуют развитию суффозионных процессов в основании сооружений. Исследования обследований каналов подчёркивают необходимость применения адекватных покрытий и

проведения восстановительных работ для сокращения утечек и обеспечения нормального функционирования объектов [3].

Агрессивные среды и биокоррозия представляют собой дополнительные факторы, ускоряющие разрушение бетона. Органические и серосодержащие среды, характерные для некоторых типов водоёмов и канализационных систем, а также биоплёнки микроорганизмов на поверхности конструкций способствуют химическому разрушению цементного камня и требуют применения специализированных защитных систем или материалов с повышенной устойчивостью к биологическим воздействиям [4].

Карбонизация бетона и циклы замораживания-оттаивания также оказывают негативное влияние на долговечность конструкций. Карбонизация приводит к снижению щелочности бетона и уменьшению защиты стальной арматуры от коррозии, в то время как в зонах попеременного намокания и высыхания, а также в условиях отрицательных температур наблюдаются дополнительные повреждения и ускоренная потеря эксплуатационных свойств [5]. Абразивный износ поверхностей конструкций возникает в результате воздействия интенсивного потока воды со взвешенными твёрдыми частицами, что вызывает механическое разрушение поверхностного слоя бетона и требует применения материалов с повышенной износостойкостью или устройства локальной защиты наиболее нагруженных участков.

Низкое водоцементное отношение в сочетании с применением оптимальных технологий уплотнения позволяет существенно уменьшить проницаемость бетона и его чувствительность к выщелачиванию и воздействию агрессивных сред. Этот подход рекомендуется в руководящих документах по ремонту и проектированию гидротехнических сооружений и подтверждается многочисленными исследованиями и практическим опытом [1].

Разработка специальных смесей для ирригационных и гидротехнических сооружений ведётся с учётом специфических условий эксплуатации конкретных объектов. Модифицированные составы для каналов и дренажных систем характеризуются повышенной водостойкостью и морозостойкостью, что обеспечивает их надёжную работу в различных климатических зонах. Адаптация составов к местным условиям эксплуатации, включая химический состав воды и температурный режим, позволяет достичь оптимального сочетания технических и экономических показателей [5]. Геополимерные и другие альтернативные вяжущие системы представляют собой предмет активных исследований в области создания материалов для реставрации гидротехнических сооружений. Экспериментальные работы показывают потенциал геополимеров для применения в условиях агрессивных сред, однако для

широкого внедрения этих материалов требуется дополнительная валидация их свойств в реальных условиях эксплуатации.

Применение защитных покрытий и химических добавок является важным элементом комплексной системы обеспечения долговечности железобетонных конструкций гидромелиоративных сооружений. Эти меры направлены на создание барьеров для проникновения агрессивных агентов и замедление процессов деградации материала. Полимерные и битумные покрытия широко применяются для барьерной защиты бетонных поверхностей от воздействия хлоридов, кислот и ультрафиолетового излучения. Комплексные защитные системы обычно включают праймер для улучшения адгезии и финишную эмаль, обеспечивающую герметичность и химическую стойкость. Патентные решения предлагают многослойные системы, специально разработанные для гидротехнических конструкций и учитывающие специфику их эксплуатации [2]. Выбор оптимального состава таких покрытий зависит от конкретных условий эксплуатации и требует проведения специальных испытаний [3]. Полимерные ремонтные растворы и mortары находят широкое применение для локального ремонта конструкций в условиях низких температур и гидростатической нагрузки. Полимерцементные и специальные полимерные композиционные материалы демонстрируют улучшенную адгезию к основанию и повышенную долговечность по сравнению с традиционными цементными составами. Практические примеры применения таких материалов подтверждают их эффективность в различных климатических условиях [4].

Практические примеры реализации инновационных решений на реальных объектах гидромелиоративной инфраструктуры подтверждают эффективность комплексного подхода к обеспечению долговечности сооружений. Дальнейшее развитие методов повышения эксплуатационных свойств железобетонных конструкций должно быть направлено на создание новых материалов с улучшенными характеристиками, совершенствование технологий ремонта и разработку систем мониторинга состояния конструкций, позволяющих своевременно выявлять повреждения и планировать ремонтные мероприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Müller S., Mechtcherine V. Use of Strain-Hardening Cement-Based Composites (SHCC) for Retrofitting // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 199. DOI: 10.1051/MATECCONF/201819909006.
2. Nie D., Wang H., Li P., Han X., Zhang J. A methodology to evaluate long term durability of dam concrete due to calcium leaching through microscopic tests and numerical analysis // Materials. 2021. Vol. 14. DOI: 10.3390/ma14247819.
3. Yeon K.S., Kawakami M., Choi Y.S., Hwang J.Y., Min S.H. Remodeling of Deteriorated Irrigation Aqueducts Using Precast Polymer Concrete Flume // Advanced Materials Research. 2013. Vol. 687. P. 35–40. DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.687.35.
4. Galvão J.C.A., Portella K.F., Joukoski A., Mendes R., Ferreira E.S. Use of waste polymers in concrete for repair of dam hydraulic surfaces // Construction and Building Materials. 2011. Vol. 25. P. 1049–1055. DOI: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2010.06.073.
5. Morgado F., Lopes G.J., de Brito J., Feiteira J. Portuguese Irrigation Canals: Lining Solutions, Anomalies, and Rehabilitation // Journal of Performance of Constructed Facilities. 2012. Vol. 26. DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000230.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Современное строительство предъявляет всё более высокие требования к энергоэффективности, экологичности и эстетике зданий. В этом контексте навесные вентилируемые фасады (НВФ) становятся неотъемлемой частью архитектурных решений как в гражданском (рис.1), так и в промышленном строительстве. Их конструкция обеспечивает эффективную тепло- и звукоизоляцию, защиту несущих стен от неблагоприятных воздействий внешней среды, а также значительное повышение эксплуатационного срока здания [1, 2].



Рисунок 1 – Навесные вентилируемые фасады

Актуальность темы исследования обусловлена несколькими факторами. Во-первых, использование НВФ позволяет существенно сократить теплопотери зданий — по данным различных источников, до 30–40%, что особенно важно в условиях высоких затрат на отопление и охлаждение помещений. Во-вторых, данные конструкции способствуют увеличению срока эксплуатации здания и снижают расходы на его обслуживание. В-третьих, спрос на навесные фасадные системы стабильно растёт как в гражданском, так и в промышленном строительстве, что стимулирует необходимость изучения новых технологий их устройства.

На фоне дефицита квалифицированных кадров, роста стоимости строительных материалов и необходимости сокращения сроков реализации проектов инновационные технологии возведения НВФ становятся важным направлением научно-технического прогресса в строительной отрасли. В связи с этим исследование новых подходов к проектированию и монтажу навесных вентилируемых фасадов представляется особенно актуальным как с практической, так и с научной точки зрения.

Тема инновационных технологий возведения навесных вентилируемых фасадов активно развивается в последние десятилетия на стыке архитектуры, строительной физики и инженерного проектирования. В научной и технической литературе накоплен значительный объём данных, касающихся конструктивных особенностей навесных фасадов, их теплофизических характеристик, а также технологических решений по их монтажу и эксплуатации.

Среди российских и зарубежных учёных, внёсших вклад в изучение данной тематики, можно выделить таких авторов, как В.А. Бабушкин, С.Н. Соколов, А.В. Перельмутер, Дж. Селлерс и Х. Вагнер. Их работы посвящены вопросам расчёта ветровых и тепловых нагрузок, долговечности фасадных систем, выбора крепёжных элементов и подконструкций. Также активно публикуются исследования, касающиеся энергоэффективности зданий с НВФ и их поведения в различных климатических условиях.

Вместе с тем, несмотря на широкое распространение навесных фасадов, ряд аспектов по-прежнему остаётся недостаточно изученным. Это касается прежде всего:

- внедрения автоматизированных и роботизированных технологий монтажа;
- применения адаптивных фасадов с интеллектуальными системами управления;
- оценки жизненного цикла и экологической устойчивости инновационных фасадных материалов;
- интеграции BIM-технологий в проектирование и эксплуатацию НВФ.

Таким образом, несмотря на значительное количество научных и практических работ, тема продолжает оставаться актуальной и требует дальнейшего комплексного изучения с учётом новых технологических возможностей и требований к устойчивому строительству.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бабушкин, В.А., Соколов, С.Н. "Теплотехнические характеристики фасадных систем с навесными вентилируемыми фасадами". Журнал «Строительство и архитектура», 2015, том 10, стр. 45-56.
2. Перельмутер, А.В. "Навесные вентилируемые фасады в современной архитектуре: проектирование, материалы, технологии". Монография. Москва: Стройиздат, 2017.

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК В ЖИЛОЙ СРЕДЕ КАЗАХСТАНА

В современных городах Казахстана дворовые пространства часто формируются без учёта потребностей различных возрастных групп, что снижает их функциональность и социальную значимость. Типовые детские площадки не обеспечивают достаточного уровня разнообразия, безопасности и эстетической выразительности.

В этой связи особую актуальность приобретает разработка тематических детских площадок, способных не только выполнять игровую функцию, но и формировать комфортную и гуманизированную жилую среду.

Проблемы существующих детских площадок — это однотипность и устаревшие конструкции, недостаток функционального зонирования, низкий уровень безопасности, а также отсутствие учёта возрастных групп и слабая интеграция в окружающую среду.

Тематические площадки представляют собой игровые пространства, объединённые общей идеей (природа, культура, фантазия и др.), что способствует развитию воображения детей и повышает привлекательность дворовой территории.

Использование образов анимационных персонажей позволяет формировать сценарную игровую среду, в которой ребёнок становится участником условного «сюжета».

Примеры архитектурных решений.

Зона «Сказочный мир» (Рисунок-1) представляет собой игровое пространство, выполненное в стилистике сказочной архитектуры с использованием образов анимационных персонажей. Композиция включает домики, башни, мостики и игровые комплексы с плавными, округлыми формами. Пространство организовано по принципу сценарного маршрута, способствующего развитию воображения и сюжетно-ролевой игры.

Зона «Мир животных» (Рисунок-1) формируется на основе образов животных и природной тематики. Архитектурные элементы представлены в виде стилизованных фигур зверей, игровых конструкций и природных форм. Основной акцент сделан на познавательной функции, экологическом воспитании и интеграции игровой среды с озеленением.



Рисунок – 1. Тематический детский площадки.

1, 2 – Зона «Сказочный мир»; 3, 4 – Зона «Мир животных»;
5, 6 – Зона «Приключения и фантазия».

Зона «Приключения и фантазия» (Рисунок-1) ориентирована на активные и динамичные игры, выполнена в яркой, выразительной стилистике с элементами фантазийных и космических образов. Включает нестандартные игровые конструкции (башни, ракеты, переходы), стимулирующие физическую активность и развитие креативного мышления.

Тематические детские площадки являются эффективным инструментом повышения качества жилой среды. Их внедрение способствует созданию комфортного, безопасного и социально активного дворового пространства.

Применение архитектурно-планировочных решений с учётом природных, культурных и функциональных факторов позволяет формировать устойчивую и гуманизованную городскую среду, ориентированную на потребности человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gehl Я. Города для людей. — М.: Альпина Паблшер, 2012.
2. Alexander С. A Pattern Language. — Oxford University Press, 1977.
3. СП РК (Строительные нормы Республики Казахстан) по благоустройству территорий
4. Kabisch N., Korn H. Nature-Based Solutions in Urban Areas. — Springer, 2017.
5. Материалы по благоустройству дворовых территорий городов Казахстана

Касимов А.Т. (Караганда, КарТУ им А.Сагинова)
Несіпбай А.Р. (Караганда, КарТУ им А.Сагинова)
Дуанбеков А.Б. (Караганда, КарТУ им А.Сагинова)
Шарипов К.Т. (Караганда, КарТУ им А.Сагинова)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭТАПЕ МОДЕРНИЗАЦИИ

Для Казахстана проблема энергосбережения и рационального использования ресурсов является одной из ключевых задач перспективного развития. Особое значение имеет тепловая энергия, играющая важную роль в функционировании жилищного сектора, на который приходится около 40% общего объёма её потребления. Вместе с тем уровень энергоэффективности в данной сфере в Казахстане остаётся низким. По имеющимся оценкам, около 32% зданий находятся в неудовлетворительном состоянии вследствие отсутствия своевременных мероприятий по санации и модернизации. Так, удельное потребление тепловой энергии в казахстанских многоквартирных домах, возведённых индустриальным способом, составляет порядка 240 кВт·ч/м² в год, что в среднем почти в два раза превышает аналогичный показатель для сопоставимых зданий в европейских странах. Указанные различия обусловлены более широким применением в европейской практике энергоэффективных строительных материалов и современных технологий.

Современные энергосберегающие материалы, в частности полистиролбетон, характеризуются высокими эксплуатационными свойствами, включая достаточную прочность и низкую теплопроводность. Полистиролбетонные плиты сочетают в себе преимущества традиционных материалов: прочность бетона, лёгкость древесины и высокие тепло- и звукоизоляционные свойства, присущие пенополистиролу. В связи с этим полистиролбетон широко применяется в строительстве в качестве эффективного теплоизоляционного материала. Согласно имеющимся данным, слой полистиролбетона толщиной 20 см по теплоизоляционным характеристикам эквивалентен кирпичной кладке толщиной до 2,5 м [1]. Вместе с тем применение даже современных систем фасадного утепления не позволяет в полной мере устранить теплопотери здания. Наиболее уязвимым элементом ограждающих конструкций является оконный узел, на долю которого приходится около 30–40% суммарных теплопотерь. В этой связи в концепции «пассивного дома» особое значение придаётся использованию оконных систем с повышенными теплоизоляционными характеристиками. Широко применяются стеклопакеты со специальными покрытиями, селективно отражающими

инфракрасное излучение (длинноволновую часть спектра), ответственное за перенос тепловой энергии.

Энергосберегающее стекло обеспечивает отражение теплового излучения обратно в помещение, что способствует снижению теплопотерь и повышению энергоэффективности здания.

Единственным отличием такого стекла является наличие специального низкоэмиссионного напыления, способствующего удержанию тепловой энергии внутри помещения. Пространство между стеклами может заполняться инертным газом (например, аргоном) либо быть вакуумированным, что обеспечивает дополнительное снижение теплопотерь. При этом по внешнему виду энергосберегающее стекло практически не отличается от обычного [1].

В последние годы строительство энергоэффективных зданий приобрело значительные масштабы. Одним из ведущих государств в данном направлении является Китай. Следует отметить, что возведение зданий с нулевым уровнем энергопотребления связано с высокими капитальными затратами: проектирование, строительство и ввод объектов в эксплуатацию требуют существенных финансовых вложений. Однако в долгосрочной перспективе данные затраты компенсируются за счёт снижения расходов на тепловую и электрическую энергию, что обеспечивает экономическую целесообразность реализации подобных проектов.

Для выработки электрической энергии в современных энергоэффективных зданиях применяются солнечные батареи нового поколения, а для её аккумулирования специализированные накопительные системы. В качестве дополнительного источника электроэнергии используются ветрогенераторы, размещаемые на технических этажах; движение воздушных масс в них обеспечивается за счёт аэродинамических особенностей конструкции здания.

Снижению энергопотребления на охлаждение способствует комплекс архитектурно-конструктивных решений, включающий применение двойного остекления с межстекольной вентиляцией, использование саморегулирующихся жалюзи, функционирующих в зависимости от положения Солнца, а также внедрение строительных материалов с пониженной теплопоглощающей способностью. Кроме того, для технических нужд может использоваться дождевая вода, для чего предусматриваются системы её сбора, рециркуляции и очистки [2].

В Казахстан также реализуются отдельные примеры энергоэффективных зданий. Так, здание Библиотека Первого Президента Республики Казахстан использует солнечную энергию, что позволяет отнести его к объектам с повышенной энергоэффективностью.

Одним из жилых объектов, ориентированных на соответствие энергосберегающим стандартам, является жилой комплекс ЖК «Горное

солнце». Эффект сохранения тепловой энергии в нём достигается за счёт размещения железобетонного каркаса внутри тёплого контура здания, выполняющего функцию аккумулятора тепла.

Дополнительно в целях снижения теплопотерь применяются энергосберегающие стеклопакеты со специальным низкоэмиссионным покрытием, пропускающим солнечное излучение и одновременно препятствующим выходу тепловой энергии из помещения. Используемые солнечные коллекторы обеспечивают нагрев воды за счёт аккумулированной солнечной энергии, повышая энергоэффективность системы горячего водоснабжения.

В настоящее время в Казахстан в связи с принятием Закона Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» наблюдается активизация перехода к строительству энергоэффективных зданий. Возведение подобных объектов позволяет существенно снизить эксплуатационные затраты и способствует решению экологических проблем за счёт сокращения выбросов CO₂ в окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федоров С.Н. *Приоритетные направления для повышения энергоэффективности зданий* // Энергосбережение, 2008. - №5.
2. *Энергосберегающие технологии материалы*—xreferat.com
3. Иванов И.И., Петров П.П. *Влияние пористости на теплопроводность строительных материалов* // Строительные материалы. — 2010.
4. Крутиков В.А., Яковлев А.И. *Теплоизоляционные материалы и конструкции*. — М.: Высшая школа, 1991.
5. Юдин В.Е., Козлов В.Г. *Теплоизоляционные материалы: структура, свойства, применение*. — М.: Химия, 2005.

ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДАМУ БАҒЫТТАРЫ

Тұрғын коммуналдық шарушылықты технологиялық іске асыру және тұрғызуда, сонымен қоса пайдалану жақтарын карайтын болсақ – өте консервативті және инерциялық өндіріс салалардың бірі. Жапондар құрылыс материалдары мен құрылыс технологиялары бойынша әлемде алдыңғы қатарлы орындарға шығу үшін, құрылыс корпорацияларының ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарына (ҒЗТКЖ) ең аз мөлшерлікі аралығында рұқсат етілген инвестиция кұю деңгейі туралы қатаң шаралар қабылдауға мәжбүр болды. Американдық құрылыс саласын зерттеушілер, әлі күнге дейін ұлттық құрылыс индустриясында инновациялық белсендік, салалар рейтингін бағалауында төменгі орындардың бірінде орналасқанына қынжыла айтуда

Құрылыс кластерінің жүзге асыру жолдарын тежейтін бірнеше факторлар бар. Ең алдымен, бұл ғимараттарды ұзақ уақыт пайдалану мерзімі, оның осы қызмет атқару аралығында, қолданылған технологияның кейбір кемшіліктері де акырындап шыға бастауы мүмкін. Басында, бір қарағанда өте тартымды, болып көрінген технологиялар, жылдар өте келе олардаң да кемшіліктері де көріне бастауы мүмкін. Осы сабептерге байланысты, құрылысшылар да жаңа материалдарды немесе құрылыс әдістерін таңдау шешімдерде өте сақтық таңытады. Дағдыланудың (консерватизмнің) екінші себебі – құрылысшылардың түпкі нәтижеге деген жоғары жауапкершілігі, өйткені сәйкес келмейтін технологияны қолдану немесе жобалаудағы қателіктер көптеген адамдардың өміріне тікелей қауіп төндіру жақтарын ескеруден. Соңында, осы саланың технологиялық дамуының ұзақ тарихы, адамзат дамуының тарихымен пара пар салыстыруға болатындығы және оның осы даму барысында әртүрлі материалдар мен құрылыс технологиялары сынақтан өткізілгендіктен, «тұтынушылық дағдылықтар» қалыптасқан.

Саланың консервативті сипатына қарамастан, оған үнемі жаңашылдықтар енгізіліп отырады. Бұл жаңашылдықтар, саланың технологиялық негізін түбегейлі өзгертпесе де, тұрғын үй құрылысы мен пайдалану шығындарын азайтуға, құрылыс мерзімін қысқартуға, сондай-ақ тұру сапасы мен жайлылығын арттыруға мүмкіндік береді. Саладағы соңғы ауқымды өзгерістер келесідей жаңалықтармен байланысты болды:

– қаңқалы және монолитті (және құрама-монолитті қаңқалы) үй құрылысына көшу, алынбайтын қалып технологиясын қолдану;

– бетонның конструкциялық қасиеттерін жақсартатын әртүрлі қоспалар есебінен оның қасиеттерін жақсарту. Сонымен қатар, құрылысқа кеуекті кірпіш, композиттік материалдар және пластик сияқты әртүрлі жаңа материалдар енгізілуде. Өндірістің материалдық сыйымдылығы төмендейді;

– еңбекке энергетикалық қару-жабдықтарды қолданудың өсуі және құрылыс алаңдарында әмбабап арнайы техника мен құралдардың пайда болуы (жапон елінде робот техникаға дейін);

– технологиялық операциялардың барынша көп бөлігін құрылыс алаңынан тыс жерге дайындап шығару (ғимараттың тораптары мен элементтерін дайын күйінде жеткізіледі де, құрылысшылар, шын мәнінде, монтажшыларға айналады);

– тұрғын үйлерде энергия үнемдеу мәселелерін кешенді шешу, «пассивті» және «белсенді» үй тұжырымдамаларының пайда болуы. – когенерациялық көздерлі (электр және жылу энергиясын бірлесіп өндіру) басымдылық орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелерінің – ЖЭО және шағын ЖЭО – рөлінің артуы, баламалы көздерден энергия өндірудің біртіндеп өсуі;

○ -«ақылды» және «жасыл» үй идеологияларының пайда болуы. Қоқысты тиімді кәдеге жарату және ағынды суларды тазартудың тиімді әдістерін (центрифугалық және мембраналық технологиялар) енгізу.

○ Әлемде қолданылатын барлық заманауи технологиялық шешімдер отандық құрылысшылар мен құрылыс материалдарын өндірушілерге жақсы таныс. Олардың көпшілігі ең заманауи жабдықтар мен құрылыс материалдарын сатып алуға мүмкіндігі бар және қажет болған жағдайда бүгінде қолданып отыр. Қазақстанның, бұл салада әлемдік көшбасшылардан әлде-қайда артта қалуы жоқ. Жаңа технологияларды қолдануды шектейтін факторлар (саланың жалпы тежелулігінен басқа) ұйымдастырушылық-басқарушылық кедергілер болып табылады:

○ -мердігерлік және жер бөлуді бөлу кезінде құрылыс компаниялары арасындағы бәсекелестіктің экономикадан тыс механизмдері.

○ -мергілікті нарықтардағы ірі үй құрылысы компанияларының қалыптасқан және өсіп келе жатқан олигополиясы.

○ -қолданыстағы құрылыс компанияларының ескірген индустриялық технологияларға негізделген ірі ТҮК (тұрғын үй комбинаттары) тарапынан тұсаулығы, яғни жаппай көпқабатты панельді құрылысқа тәуелділігі.

○ -нарықта құрылыс кешені ұйымдарымен салыстыруға болатын, ауқымы жағынан тең келетін білікті құрылыс қызметтерін тұтынушының болмауы.

○ заманауи технологияларды пайдалануда, оның талап ететін құрылыс нормаларын белгілеуді қамтамасыз ететін техникалық реттеулерді қолдану кемшіліктері.

○ -құрылыста инновациялық технологияларды дамыту мен енгізуді ынталандыруға бағытталған мемлекеттік саясаттың болмауы.

Осы кедергілерді жою және қазақстандықтарды ыңғайлы әрі қолжетімді бағадағы тұрғын үймен қамтамасыз ету сияқты маңызды ұлттық бағдарламаны іске асыруды жеделдету үшін не істеуге болады? Әрине, бұл саладағы сыбайлас жемқорлықпен және монополизммен күресу үшін шешуші әрекеттер қажет. Алайда, осы жалпы пайдалы шаралардан басқа, бірқатар технологиялық және әлеуметтік мәселелерді бір мезгілде және кешенді түрде шешуге мүмкіндік беретін салаға тән бірнеше бағыттарға баса назар аудару керек.

Бүгінгі таңда, Қазақстанда ең озық технологиялық шешімдерді қажет ететін тұрғын үй құрылысы кешенінің ең жылдам дамып келе жатқан сегменті – аз қабатты және жеке құрылыс. Бұл көп жағдайда тұрғын үй құрылысының бұл сегментінде жоғарыда аталған ұйымдастырушылық кедергілердің жоқтығымен түсіндіріледі: бұл нарықта негізінен бір-бірімен қатаң бәсекелесетін салыстырмалы түрде шағын құрылыс компаниялары жұмыс істейді, ал тұтынушы ретінде құрылыстың сапасына, оның құнын төмендетуге және кейінгі пайдалану кезіндегі шығындардың мөлшеріне мүдделі жеке тапсырыс беруші әрекет етеді. Нәтижесінде, қазірдің өзінде заманауи материалдар мен технологияларды қолдану арқылы толық әрлеуі бар шаршы метрдің өзіндік құны 500 доллардан аспайтын жеке коттеждер салуға мүмкіндік бар (облыс орталық аймақтарында). Жалпы, бұл сегмент қазірдің өзінде (ешқандай мемлекеттік қолдаусыз) тез дамып, отандық тұрғын үй құрылысында «үнсіз төңкеріс» жасауда. Дегенмен, жеке және аз қабатты құрылысты арнайы мемлекеттік қолдау әлеуметтік мәселелердің тұтас шоғырын шешіп қана қоймай, Қазақстанның инновациялық дамуына қуатты серпін бере алады.

Жаңа құрылыс технологияларының тағы бір перспективалы қолданылуы коммерциялық көп пәтерлі үйлер болуы мүмкін. Бұл толығымен бір меншік иесіне тиесілі және тұрғын және тұрғын емес үй-жайларды жалға беру үшін пайдаланылатын тұрғын үйлер. Мұндай ғимараттардың иелері кейінгі пайдалану кезінде шығындарды айтарлықтай үнемдеуге, демек, ең озық материалдар мен технологияларды пайдалануға мүдделі болады. Құрылыс кезінде тапсырыс берушілер ретінде олар жобалаушылармен және мердігерлермен келіссөздерде тең құқықтарға ие болады және жобалау кезеңінде ең тиімді шешімдерді енгізе алады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. Современные технологии утепления строительных конструкций. Технологии строительства, 2005, №2.
3. Матросов Ю. Система нормативных документов по энергетической эффективности зданий. Энергосбережение, 2004, №1

Касимов А.Т. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
 Ахажанов С.Б. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
 Касенова А.Н. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
 Калданова Б.О. (Темиртау, КарИУ)
 Сакенова Ж.К. (Темиртау, КарИУ)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ БАЛКИ НА ДВУХПРАМЕТРИЧЕСКОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Расчет балки на упругом основании является одной из классических задач строительной механике и в строгой постановке сводится к решению контактной задачи между конструкцией и основанием. Балка, лежащая на упругом основании, представляет собой статически неопределимую систему, так как одного условия равновесия - равенства внешней нагрузки всей общей реакции основания - недостаточно для установления закона распределения этой реакции по длине балки и для определения усилий в сечениях [1-2].

Целью настоящей работы является разработка и обоснование упрощенного метода расчёта балки на двухпараметрическом упругом основании, обеспечивающего повышение точности определения прогибов и внутренних усилий, а также нормальных и касательных напряжений в сечениях балки по сравнению с моделями Винклера и Власова при сохранении вычислительной эффективности и простоты реализации.

Методы. Упругое основание (толщина – h , модуль упругости – $\bar{E}$) принимается в виде полуплоскости и рассматривается в следующей системе координат: $(-\infty \leq x_1 \leq \infty, 0 \leq x_3 \leq \infty)$. Рассмотрим балку (длина – l , толщина – h_0 , модуль упругости – E) в координатной системе $\left(-\frac{l}{2} \leq x_1 \leq \frac{l}{2}\right), \left(-\frac{h_0}{2} \leq x_3 \leq \frac{h_0}{2}\right)$. Для определения напряжённо-деформированного состояния упругого основания применяется метод функций перемещений. При выводе расчётных формул используются основные соотношения двумерной теории упругости.

С учётом модуля упругости полупространства и модуля сдвига материала балки принимается стандартное уравнение теории упругости.

$$\nabla^2 \nabla^2 = \frac{\partial^4 F}{\partial x_1^4} + 2 \frac{\partial^4 F}{\partial x_1^2 \partial x_3^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial x_3^4} = 0 \quad (1)$$

Для определения решения бигармонического уравнения (1) функция перемещений $F(x_1, x_3)$ принимается в следующем виде:

$$F(x_1, x_3) = \delta(x_3) \cdot W(x_1) \quad (2)$$

где, $\delta(x_3)$ – функция распределения; $W(x_1)$ – функция прогиба упругого основания.

Полное математическое моделирование, включая вывод расчетных зависимостей, выражения для перемещений и напряжений, а также систему уравнений и граничных условий, приведено в работе [3].

Общее решение уравнения может быть представлено в виде трёх различных случаев в зависимости от значения параметра α . В предыдущих исследованиях были подробно рассмотрены случаи $\alpha=1$ и $\alpha>1$, для которых выполнены аналитические расчёты и проведён анализ полученных результатов. В настоящей статье основное внимание уделяется третьему случаю, соответствующему условию $\alpha<1$, для которого выполняются расчётные исследования.

$$\alpha < 1: \delta(z_0) = C_1 e^{\alpha_2 z_0} + C_2 e^{-\alpha_2 z_0} + C_3 e^{\beta_2 z_0} + C_4 e^{-\beta_2 z_0} \quad (3)$$

где,

$$\alpha_2 = k\sqrt{1 - \sqrt{1 - \alpha}}, \quad \beta_2 = k\sqrt{1 + \sqrt{1 - \alpha}}$$

При применении этого общего решения к полупространству с упругими свойствами (при $z_0 \rightarrow \infty$, $\delta(z_0)=0$) оно принимает следующий вид.

$$\delta(z_0) = C_2 e^{-\alpha_2 z_0} + C_4 e^{-\beta_2 z_0} \quad (4)$$

Таким образом, при данном методе, если функции $W(x_1)$ и $\delta(z_0)$ известны, то напряжённое и деформированное состояние упругого полупространства определяется достаточно просто.

Найдём значения основной функции (3) и её производных в точке $z_0=0$:

$$\begin{aligned} \delta'(z_0) &= -\sqrt{2}C_4 k e^{-\sqrt{2}kz_0} \\ \delta''(z_0) &= 2C_4 k^2 e^{-\sqrt{2}kz_0} \\ \delta'''(z_0) &= -2\sqrt{2}C_4 k^3 e^{-\sqrt{2}kz_0} \\ \delta(0) &= C_2 + C_4 \\ \delta'(0) &= -\sqrt{2}C_4 k \\ \delta''(0) &= 2C_4 k^2 \\ \delta'''(0) &= -2\sqrt{2}C_4 k^3 \end{aligned} \quad (5)$$

Если подставить (3) полученные значения в (5), то получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} C_2 &= -\frac{\sqrt{2}k\alpha_0 - 2\nu\beta_0 + 2\sqrt{2}k\nu\alpha_0}{24\nu} \\ C_4 &= \frac{\sqrt{2}k\alpha_0}{24\nu} \end{aligned} \quad (6)$$

Подставляя найденные (6) постоянные неизвестные (C_2 , C_4) в выражение (3), определяется основная функция $\delta(z_0)$:

$$\delta(z_0) = -\frac{\sqrt{2}k\alpha_0 - 2\nu\beta_0 + 2\sqrt{2}k\nu\alpha_0}{24\nu} \cdot e^{-\alpha_2 z_0} + \frac{\sqrt{2}k\alpha_0}{24\nu} \cdot e^{-\beta_2 z_0} \quad (7)$$

Решая уравнения (7), определяем параметры функций распределения напряжений:

$$\alpha_{1k} = \frac{\sqrt{2}k^3}{12\nu} + \frac{\sqrt{2}k^3(1+2\nu)}{12\nu(1-\nu)} - \frac{\sqrt{2}k^3}{12\nu(1-\nu)} - \frac{2k^2}{(1-\nu)} \cdot \frac{Eh_0}{Eh} \cdot \frac{k^2(1+\nu)}{12\nu(1-\nu)}$$

$$\alpha_0 = \frac{1}{\alpha_{1k}} - \left[1 + \frac{k^2 E h_0^2}{(1-\nu) \bar{E} h^2} \right] \quad (8)$$

$$\beta_{1k} = \frac{h}{h_0} \cdot \frac{k^2(1+\nu)}{12\nu(1-\nu)} \alpha_0 - \frac{1}{2} \quad \beta_0 = \frac{12 E h_0^2}{\bar{E} h^2} \beta_{1k}$$

где, ν – коэффициент Пуассона, k – безразмерный параметр деформированного состояния.

Учитывая функции, полученные методом функций перемещений (1), а также значения их производных в точке $z_0=0$ (4), из первых двух выражений условий [4] получаем следующие уравнения:

$$\gamma = 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\bar{E} h^2}{E h_0^2} \beta_0 - \frac{\bar{E} h^3}{E h_0^3} \alpha_0 \quad (9)$$

где, J – момент инерции поперечного сечения балки относительно оси.

Для определения значений параметров изгибной жесткости балки функции $\varphi_0, \psi_0(z)$ определяются с учетом постоянных неизвестных и с использованием выражения (5) [5].

$$g_0 = 1 - 6\beta_{1k}$$

где, β_{1k} – параметры упругого основания.

Вывод. Получено общее решение дифференциального уравнения с учётом трёх возможных случаев в зависимости от значения параметра α . Установлено, что для рассматриваемой задачи наибольший практический интерес представляет случай $\alpha < 1$, для которого выполнены аналитические преобразования, определены неизвестные постоянные и получены выражения для функции распределения перемещений. На основе полученных зависимостей определены параметры функций распределения напряжений и установлены соотношения, позволяющие вычислять основные характеристики напряжённо-деформированного состояния, включая прогибы, изгибающие моменты, поперечные силы, а также нормальные и касательные напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Y. Chen, C. Li, S. Wang, Y. Wang, and D. Li, "Theoretical Solution of Elastic Foundation Beam based on the Principle of Minimum Complementary Energy," *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 14, no. 3, pp. 51–58, 2021, doi: 10.25103/jestr.143.06.
2. Ахажанов С.Б. Серпимділі негіздегі арқалықты есептеу әдісі: монография. – Қарағанды: «Типография Арко» ЖШС баспасы, 2020. - 166 бет.
3. S. Akhazhanov, D. Baltabai, and B. Nurlanova, "Refined mechanical and mathematical model of an elastic half-plane," *Technobius*, vol. 2, no. 1, p. 0014, Mar. 2022, doi: 10.54355/tbus/2.1.2022.0014
4. S. Akhazhanov, B. Bostanov, A. Kaliyev, T. Akhazhanov, and A. Mergenbekova, "Simplified method of calculating a beam on a two-parameter elastic foundation," *International Journal of GEOMATE*, vol. 25, no. 111, Nov. 2023, doi: 10.21660/2023.111.3898
5. S. Akhazhanov, N. Vatin, A. Kasimov, A. Kassenova, "Refined methodology for the analysis of beams on elastic foundations," *Technobius*, vol. 5, no. 3, p. 0088, September 2025, doi: [10.54355/tbus/5.3.2025.0088](https://doi.org/10.54355/tbus/5.3.2025.0088)

ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ
ДОРОГ И МОСТОВ: ПРИЧИНЫ И МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Трещинообразование в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог и мостов является одной из ключевых проблем отрасли. Через трещины поверхностные воды проникают в дорожную одежду, вызывая водонасыщение слоев. Это запускает процесс деструкции покрытия: начальные трещины трансформируются в сетку трещин, приводят к выкрашиванию асфальтобетона и образованию выбоин, что в конечном счете требует ямочного ремонта. Интенсивность разрушения и, следовательно, объем финансовых затрат напрямую зависят от скорости развития трещин. Типичные картины трещинообразования на проезжей части приведены на рисунке 1.

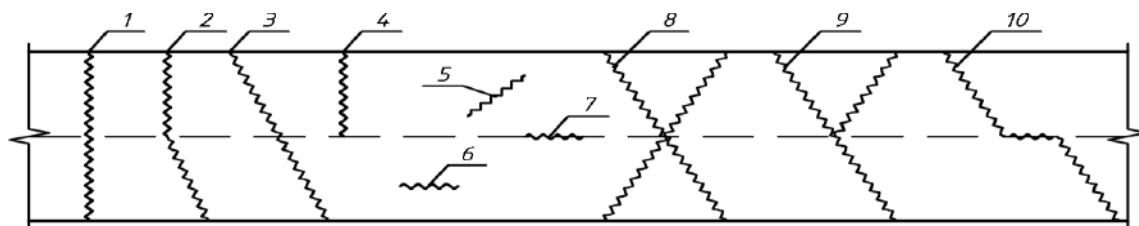


Рисунок 1 - Возможные картины трещин на участках покрытия проезжей части автомобильных дорог и мостов: 1 – поперечная трещина по всей ширине проезжей части (ПЧ); 2 – поперечная и косая трещины в смежных полосах ПЧ; 3 – косая трещина по всей ширине ПЧ; 4 – поперечная трещина в пределах одной полосы ПЧ; 5 – участок косой трещины на полосе ПЧ; 6 – участок продольной трещины на ПЧ; 7 – участок продольной трещины по оси ПЧ; 8 – Х-образная трещина по ширине; ПЧ; 9 – У-образная трещина по всей ширине ПЧ; 10 – косые трещины со сдвигом на полосах ПЧ

В ходе теоретических исследований были установлены факторы, которые вызывают дефекты и приводят к разрушению асфальтобетонных покрытий. Среди рассмотренных групп выделены факторы, влияющие на трещинообразование, которые делятся на 4 группы:

1. Движение и климат: «тяжелое движение» и «континентальный и резко- континентальный климат»;
2. Конструкция дорожной одежды: «недостаточная толщина», «бетонное или цементобетонное основание», «просадочные основания» и «пучинистый грунт»;
3. Качество материалов и свойства асфальтобетона: «повышенная

вязкость битума», повышенная хрупкость битума (II тип), избыток минерального порошка», «избыток известнякового материала» и «старение битума»;

4. Технология производства: «неточное дозирование битума и минерального порошка» и «недостаточное уплотнение».

Движение и климат являются ключевым показателем. Данный фактор является объективным, не зависящим от воли человека. Прежде всего, здесь следует рассматривать так называемые морозобойные трещины, объективными из множества которых являются только строго поперечные трещины к продольной оси дорожного покрытия. Здесь также следует сказать о том, что появление растягивающих напряжений (деформаций) в асфальтобетонных покрытиях дорог вызвано как внутренней (см. рис. 2), так и внешней стесненностью деформаций (см. рис. 3), вызванных снижением температуры наружного воздуха в осенне-зимний периоды эксплуатации.

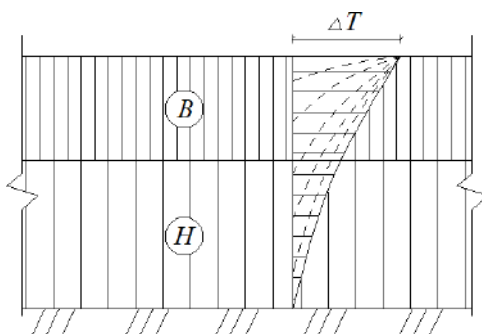


Рисунок 2 - Изменение температуры покрытия по толщине при его промерзании

Существенное влияние здесь оказывают: скорость понижения температуры наружного воздуха, толщина асфальтобетонного покрытия и его теплофизические свойства. Что касается материала асфальтобетона, то здесь следует обращать внимание на фракционный состав щебня, его форму и прочность. Главным и определяющим фактором для образования поперечных трещин при температурных деформациях асфальтобетона является фактор внешней стесненности деформаций покрытия на контакте «асфальтобетон-верхний слой основания». Если верхние слои асфальтобетона более свободны при температурных деформациях, то нижние слои имеют стесненность свободных вынужденных деформаций за счет сил трения, механического зацепления и склеивания с материалом верхнего слоя основания, например, с монолитным цементобетонным верхнего слоя основания. Такая стесненность деформаций вызывает вынужденное напряженно-деформированное состояние, характерное для центрально растянутых элементов с появлением деформаций отрыва покрытия от основания.

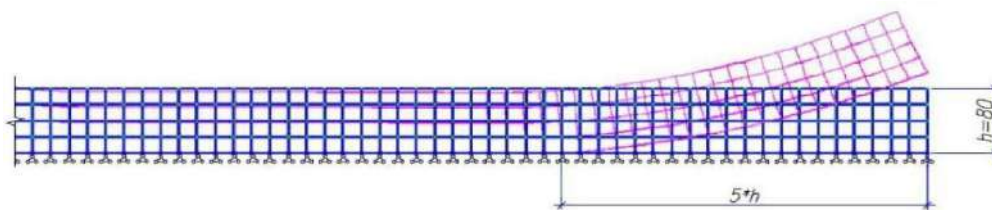


Рисунок 3 - Схема деформирования асфальтобетонного покрытия вдоль поперечной трещины или деформационного шва, где участок длиной $5h$ – участок деформаций сдвига и отрыва асфальтобетонного покрытия от основания

На рис. 3 приведена картина деформирования покрытия на участке примыкания к поперечной трещине или к деформационному шву на мостовых сооружениях, где на участке длиной $5H$, где H – толщина асфальтобетонного покрытия на участке покрытия, наблюдаются деформации сдвига и отрыва покрытия от основания дорожной одежды. Таким образом, на покрытиях дорог объективными являются только поперечные трещины, все остальные трещины: диагональные, Z-образные продольные и др. на рис. 1 в покрытиях дорог являются не объективными, на их образование повлиял человеческий фактор: проектировщика, технолога, дорожного мастера, состояние основания и т.п.

Выводы

1. Анализ факторов, влияющих на образование трещин в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог и мостовых сооружений, показал, что основными причинами трещинообразования являются климатические воздействия, конструктивные решения дорожной одежды, качество применяемых материалов и технология производства работ.

2. Установлено, что объективными температурными трещинами в покрытиях являются преимущественно строго поперечные трещины. Появление диагональных, продольных и сетчатых трещин в большинстве случаев свидетельствует о недостаточной трещиностойкости конструкции и наличии технологических нарушений.

Для увеличения нормативного срока службы покрытий необходимо включение в действующие нормы проектирования специального раздела, регламентирующего показатели трещиностойкости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и мостовых сооружений в зависимости от их категории и условий эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. СП РК 3.03-104-2014 Проектирование нежестких дорожных одежд. Нормы проектирования автомобильных дорог.
2. 3 СП РК 3.03-101-2013 «Автомобильные дороги
3. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.

САУДА ОРТАЛЫҒЫ ҒИМАРАТЫНЫҢ КӨТЕРГІШ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ СЕНІМДІЛІГІ МЕН ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Сауда орталығы типіндегі ғимараттар қазіргі заманғы құрылыс саласында кеңінен таралған және олардың конструктивтік шешімдері жоғары жауапкершілік деңгейімен сипатталады. Мұндай ғимараттар үлкен аралықтарды жабу қажеттілігіне байланысты күрделі кеңістік жүйелерден тұрады.

Көтергіш конструкциялар әртүрлі жүктемелердің әсерінде жұмыс істейді:

- тұрақты жүктемелер (конструкцияның өз салмағы);
- ұзақ мерзімді уақытша жүктемелер;
- қысқа мерзімді жүктемелер;
- ерекше әсерлер (қар, жел, температура).

Құрылыс конструкцияларының сенімділігі олардың берілген пайдалану мерзімі ішінде бұзылусыз жұмыс істеу қабілетін сипаттайды. Ал орнықтылық – конструкцияның тепе-теңдік күйін сақтау қасиеті.

Қазіргі зерттеулер көрсеткендей, конструкциялардың бұзылуы көбінесе жобалау қателіктерімен, жүктемелердің дұрыс есептелмеуімен және пайдалану шарттарының өзгеруімен байланысты.

Ғылыми зерттеудің мақсаты мен міндеттері. Мақсаты: Сауда орталығы типіндегі ғимараттардың көтергіш конструкцияларының сенімділігі мен орнықтылығын бағалау және оларды арттыру жолдарын анықтау.

Міндеттері:

- Конструкциялардың жұмыс істеу жағдайларын талдау
- Негізгі жүктемелерді анықтау және есептеу
- Орнықтылықты есептеу әдістерін қолдану
- Ақаулардың конструкция жұмысына әсерін зерттеу
- Күшейту шараларын ұсыну

Конструкциялардың сенімділік теориясы. Сенімділік теориясында конструкцияның жұмыс істеуі ықтималдық тұрғыдан қарастырылады. Негізгі шарт:

$$R-S>0 \quad (1)$$

мұндағы, R – көтергіш қабілет (кездейсоқ шама);

S – әсер ететін жүктеме.

Сенімділік теориясында конструкцияның жұмыс істеуі кездейсоқ факторлардың әсерін ескере отырып қарастырылады. Бұл тәсіл жүктемелер

мен материал қасиеттерінің өзгергіштігін есепке алуға мүмкіндік береді және конструкцияның бұзылу ықтималдығын сапалы түрде бағалауға жағдай жасайды.

Бұл көрсеткіш конструкцияның бұзылу ықтималдығын бағалауға мүмкіндік береді.

Жүктемелерді талдау

Жалпы жүктеме комбинациясы:

$$S = \gamma_g G + \gamma_q Q + \gamma_s S_n \quad (3)$$

мұндағы, S_n – қар жүктемесі.

Қар жүктемесі:

$$S_n = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k \quad (4)$$

мұндағы, S_k – қар жүктемесінің нормативтік мәні;

μ – пішін коэффициенті.

Практикада қардың жиналуы жабын геометриясына тікелей байланысты.

Иілу және деформацияларды есептеу

Арқалықтағы иілу моменті:

$$M = \frac{ql^2}{8} \quad (5)$$

Иілу кернеуі:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (6)$$

Арқалық элементтерінің жұмыс қабілеттілігін бағалау кезінде тек беріктік шарттары ғана емес, сонымен қатар олардың деформациялық қасиеттері де ескеріледі. Егер иілу шамасы рұқсат етілген мәндерден асып кетсе, бұл конструкцияның қалыпты пайдалануға жарамсыз екенін көрсетеді және қосымша күшейту шараларын талап етеді.

Егер бұл шарт орындалмаса, конструкция пайдалануға жарамсыз болып саналады.

Орнықтылықты терең талдау

Бағаналардың орнықтылығы тек геометриялық параметрлерге ғана емес, сонымен қатар жүктеменің әсер ету сипатына да байланысты.

Иілгіштік коэффициенті:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (9)$$

мұндағы,

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (10)$$

Үлкен икемділік кезінде орнықтылық негізгі факторға айналады.

Инженерлік талдау (нақты жағдайлар). Зерттеу барысында келесі мәселелер анықталды:

- жабынның еңісінің жеткіліксіздігі;
- қар жүктемесінің локалды жиналуы;
- конструктивтік элементтердің жетіспеуі;

- қосымша жүктемелердің ескерілмеуі.

Мысалы, қар жүктемесі екі есе артқан жағдайда:

$$M_{new} = 2M \quad (11)$$

Бұл кернеудің күрт өсуіне әкеледі:

$$\sigma_{new} = 2\sigma \quad (12)$$

Нәтижесінде беріктік шарты бұзылады.

Ақаулардың классификациясы

Анықталған ақаулардың талдауы олардың әртүрлі пайда болу себептерімен байланысты екенін көрсетті. Олардың бір бөлігі жобалау кезеңінде жіберілген қателіктерге байланысты болса, екінші бөлігі құрылыс-монтаж жұмыстарының сапасына тәуелді. Сонымен қатар, пайдалану барысында туындайтын факторлар, әсіресе климаттық әсерлер, конструкциялардың техникалық жағдайына елеулі ықпал етеді.

Күшейту әдістерін негіздеу

Күшейту қажеттілігі келесі шартпен анықталады:

$$R_{existing} < S \quad (13)$$

Күшейту тәсілдері:

- қосымша болат элементтер орнату;
- қиманы үлкейту;
- тіректер енгізу;
- композиттік материалдар қолдану.

Талқылау. Жүргізілген талдау нәтижесінде конструкциялардың сенімділігіне бірнеше факторлардың кешенді түрде әсер ететіні анықталды. Олардың ішінде жобалау қателіктері, қар жүктемесінің әсері және конструктивтік элементтердің жеткіліксіздігі негізгі рөл атқарады. Бұл факторлар күштердің қайта бөлінуіне және кейбір элементтердің шамадан тыс жүктелуіне әкелуі мүмкін.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде көтергіш конструкциялардың сенімділігі мен орнықтылығы көптеген факторларға тәуелді екені анықталды. Әсіресе жобалау кезеңіндегі қателіктер мен климаттық жүктемелердің әсері маңызды болып табылады.

Конструкцияларды уақтылы тексеру және қажет болған жағдайда күшейту шараларын қолдану олардың қауіпсіз пайдалануын қамтамасыз етеді және қызмет ету мерзімін ұзартады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. ГОСТ 27751–2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2014.
2. СП РК EN 1991-1-3. Әсерлер. Қар жүктемелері. – Астана, 2017.
3. СП РК EN 1993-1-1. Болат конструкцияларды жобалау. – Астана, 2015.
4. СТО 36554501-014-2008. Надежность строительных конструкций и оснований. – М., 2008.
5. Melchers R.E. Structural Reliability Analysis and Prediction. – Wiley, 1999.

ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕФЕКТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И МОНТАЖА ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФАСАДА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ УГРОЗУ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Объектом натурного исследования являлась металлическая корона на кровле жилого комплекса, расположенного на пересечении ул. Обаган, А. Байтурсынулы, Ж. Нажимеденов в г. Астана (далее по тексту – Объект).

Металлическая корона выполнена в виде перевернутой усеченной пирамиды с квадратным основанием с размерами в плане 19,15×19,15 м и с размерами в плане по верху 24,0×24,0. Высота металлической короны – 4,825м. Несущие конструкции металлической короны – нижние и верхние пояса, выполнены из бывших в употреблении стальных труб $\varnothing 325 \times 13$ и соединены между собой по контуру наклонными стержнями в виде перекрестной решетки из квадратных труб сечением 100х4,5 мм по ГОСТ 30245-2003.

Опираение нижнего пояса выполнено по контуру на 18 опорных стоек Ст-1 из спаренных прокатных швеллеров №16 с шагом 3,3м. Для повышения пространственной жесткости конструкции металлической короны установлены горизонтальные связи по верхним поясам из бывших в употреблении стальных труб $\varnothing 325 \times 13$. Опираение горизонтальных связей выполнено по внутреннему контуру на 8 опорах из гнутого швеллера 180×130×8 (рис.1).

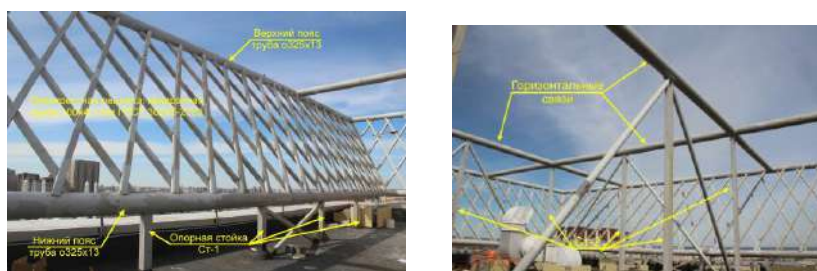


Рис.1 – Общий вид исследуемого Объекта

По результатам исследования несущие конструкции металлической короны Объекта было установлено следующее:

- в проектное решение сделана ошибка, а именно: на чертеже узла "А" указано, что сварное соединение элементов перекрестной решетки должно быть выполнено по типу С2 по ГОСТ 5264-80, т.е. стыковое соединение без скоса кромок. Однако устройство подобного соединения в рассматриваемом

узле невозможно, т.к. здесь должны быть наложены два сварных шва соединения по типу СЗ по ГОСТ 5264-80, т.е. стыковое соединение с отбортованной одной кромкой и два сварных шва соединения Т1, т.е. тавровое соединение с односторонними швами без скоса кромок. Фактически же сопряжение стержней решетки выполнено сварными соединениями по типу У2 по ГОСТ 5264-80, т.е. на двух односторонних угловых сварных швах с одной отбортованной кромкой (рис.2);

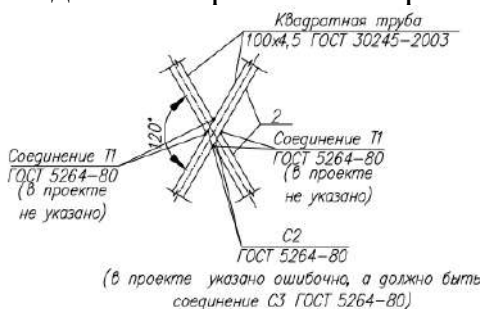


Рис.2 – Схема ошибочного проектного решения сварных соединений элементов перекрестной решетки

- из-за зазора между стержнями перекрестной решетки в местах их сопряжений, который образовался из-за неточностей изготовления и монтажа, сварные швы типа У2 либо вообще отсутствуют, либо наложены с чрезмерным катетом (рис.3);



Рис.3 – Зазоры между стержнями перекрестной решетки в местах их сопряжений

- характерное состояние сварных соединений стержней перекрестной решетки: непроектные зазоры величиной до 5мм; недовары сварных швов; плохо оформленные сварные швы, не имеющие гладкой или мелкочешуйчатой поверхности с наплывами; наличие шлака, брызг и натеков металла (рис.4);



Рис.4 – Многочисленные дефекты монтажа металлических конструкций

- нарушение требований норм – лакокрасочное покрытие всех элементов металлической короны отсутствует, либо нанесено поверх

неподготовленной поверхности, наблюдаются очаги язвенной коррозии величиной $\delta_{\text{корр.}}$ до 1 мм [ГОСТ 9.402-80 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед окрашиванием»].



Рис.5 – Лакокрасочное покрытие всех элементов металлической короны отсутствует, либо нанесено поверх неподготовленной поверхности, наблюдаются очаги язвенной коррозии

Вышеуказанные дефекты проектирования, изготовления и монтажа элементов металлической короны кровли высотных зданий являются критическими (недопустимыми) с позиции строительных норм и правил и представляют потенциальную угрозу для жизни и здоровья жильцов в процессе эксплуатации многоквартирных домов.

По результатам проведенного технического обследования и анализа выявленных дефектов в конструкции металлической короны кровли было принято обоснованное решение о необходимости проведения капитального ремонта с обязательным усилением отдельных несущих и ограждающих элементов

Данное исследование показывает, что нельзя пренебрегать тщательной разработкой рабочего проекта и качеством монтажа элементов фасада, которые являются неотъемлемой частью внешнего облика здания и одновременно несут важную конструктивную и эксплуатационную значимость. Ошибки на стадии проектирования, нарушение технологий монтажа и отсутствие должного авторского и технического надзора могут привести к возникновению скрытых дефектов, ускоренному износу, а в отдельных случаях – к аварийным ситуациям, угрожающим безопасности жильцов и окружающих. Поэтому необходим системный подход к проектированию, производству и контролю за монтажом фасадных элементов с обязательным учетом климатических условий, ветровых нагрузок и требований строительных норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. СП РК 1.04-101-2012 «Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений». - Астана: МНЭ РК, 2015, 186 с.
2. ГОСТ 31937-2011. Межгосударственный стандарт «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». - М.: Стандартинформ, 2014, 89 с.
3. СНиП РК 5.03-37-2005 «Несущие и ограждающие конструкции». - Астана: KAZGOR, 2006, 33 с.
4. Рабочий проект «Административно-жилой комплекс, расположенный на пересечении ул. Обаган, А. Байтурсынулы,, Ж. Нажимеденов в г. Астане», - ТОО Проектный институт «Базис», 2015.

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ СРОКА СЛУЖБЫ НЕСУЩИХ И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Прогнозирование долговечности несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений представляет собой одну из центральных задач современной строительной науки и инженерной практики, поскольку от точности оценки остаточного ресурса зависят безопасность эксплуатации, стратегия управления жизненным циклом объектов и экономическая эффективность ремонтно-восстановительных мероприятий [5]. Долговечность конструкций определяется сложным взаимодействием физико-химических процессов деградации материалов, механических воздействий и факторов окружающей среды, что требует применения комплексных подходов к моделированию и оценке [2]. В последние десятилетия значительное внимание уделяется разработке вероятностных и стохастических моделей, учитывающих неопределённость входных параметров и пространственную изменчивость свойств материалов, что позволяет повысить надёжность прогнозов по сравнению с традиционными детерминированными методами [3].

Особую актуальность приобретает учёт взаимодействия различных механизмов деградации, таких как карбонизация бетона, хлоридная агрессия, коррозия арматуры и усталостные явления, поскольку их совместное действие может существенно ускорять разрушение конструкций [1] [4]. Современные нормативные документы и международные стандарты предлагают методологические основы для проектирования долговечности и оценки остаточного ресурса существующих сооружений, однако их практическое применение требует адаптации к конкретным условиям эксплуатации и наличия достоверных данных о состоянии конструкций [2] [3].

Целью настоящей работы является систематизация основных механизмов деградации несущих и ограждающих конструкций, анализ математических моделей прогнозирования долговечности, рассмотрение нормативных подходов и методов диагностики, а также обсуждение практических аспектов оценки остаточного ресурса в реальных условиях эксплуатации.

Несущие конструкции железобетонных зданий и сооружений подвергаются воздействию комплекса физико-химических и механических факторов, приводящих к постепенной деградации материалов и снижению несущей способности [5]. Понимание механизмов деградации является необходимым условием для разработки адекватных математических

моделей прогнозирования долговечности и обоснования технических решений по защите и восстановлению конструкций [2]. Одним из наиболее распространённых механизмов деградации является карбонизация бетона, представляющая собой процесс взаимодействия углекислого газа из атмосферы с гидроксидом кальция в цементном камне, что приводит к снижению щелочности бетона и созданию условий для депассивации стальной арматуры [1]. Скорость карбонизации зависит от множества факторов, включая водоцементное отношение, степень гидратации цемента, влажность бетона, концентрацию углекислого газа в окружающей среде и наличие трещин в защитном слое [2].

Глубина карбонизации увеличивается со временем в соответствии с диффузионными законами, и при достижении фронтом карбонизации поверхности арматуры защитный пассивный слой разрушается, инициируя процесс коррозии. Коррозия арматуры является критическим фактором, определяющим долговечность железобетонных конструкций, поскольку образование продуктов коррозии сопровождается увеличением объёма и возникновением растягивающих напряжений в бетоне, что приводит к образованию и раскрытию трещин вдоль арматурных стержней [1] [5].

Хлоридная агрессия представляет собой ещё один важный механизм деградации, особенно актуальный для конструкций, эксплуатируемых в морской среде или подвергающихся воздействию противогололёдных реагентов [1]. Проникновение хлорид-ионов в бетон происходит за счёт диффузии и капиллярного переноса, и при достижении критической концентрации хлоридов у поверхности арматуры инициируется локальная коррозия независимо от уровня щелочности бетона [2]. Совместное действие карбонизации и хлоридной агрессии существенно ускоряет процессы коррозии и сокращает срок службы конструкций по сравнению с воздействием каждого фактора в отдельности [1].

Усталостные явления, возникающие при циклических нагрузках, также играют значительную роль в деградации несущих конструкций, особенно в мостовых сооружениях и конструкциях промышленных зданий [4]. Циклическое нагружение приводит к накоплению микрповреждений в бетоне и арматуре, ускоряет проникновение агрессивных агентов за счёт образования и развития микротрещин, а также способствует более интенсивному развитию коррозионных процессов [4]. Взаимодействие коррозии и усталости представляет собой особенно опасное явление, поскольку коррозионные повреждения арматуры создают концентраторы напряжений, ускоряющие усталостное разрушение, а усталостные трещины, в свою очередь, облегчают доступ агрессивных агентов к арматуре [4]. Ползучесть бетона и временные изменения его свойств влияют на распределение напряжений в конструкциях и могут приводить к перераспределению усилий, изменению ширины раскрытия трещин и модификации условий для развития коррозионных процессов [2].

Физико-химическое старение материалов, включающее изменения пористой структуры, диффузионных характеристик и степени гидратации цемента, также оказывает влияние на проницаемость бетона и скорость проникновения агрессивных агентов [5].

Ограждающие конструкции зданий, включающие наружные стены, фасадные системы, кровли и теплоизоляционные слои, подвергаются специфическим механизмам деградации, связанным с воздействием климатических факторов и влагопереноса [2]. В отличие от несущих конструкций, для которых критическим является сохранение несущей способности, долговечность ограждающих конструкций определяется сохранением теплозащитных, влагозащитных и эстетических характеристик в течение заданного срока службы [5]. Для прогнозирования долговечности несущих и ограждающих конструкций применяется широкий спектр математических моделей, различающихся по степени сложности, учёту неопределённостей и требованиям к входным данным [3]. Выбор подходящей модели определяется целями прогнозирования, доступностью исходных данных и требуемым уровнем точности, при этом более сложные модели не всегда обеспечивают существенное повышение достоверности прогнозов при недостаточном качестве входной информации [5].

Детерминированные модели основаны на аналитических зависимостях, описывающих кинетику процессов деградации, таких как диффузия углекислого газа при карбонизации или проникновение хлорид-ионов в бетон [2]. Эти модели широко применяются в инженерной практике благодаря простоте использования и возможности получения быстрых оценок при предварительном проектировании [3]. Наиболее распространённой является модель карбонизации, основанная на законе Фика и описывающая глубину карбонизации как функцию времени, коэффициента диффузии углекислого газа, концентрации углекислого газа в атмосфере и характеристик бетона [2].

Нормативные документы и международные стандарты играют ключевую роль в обеспечении единого методологического подхода к проектированию долговечности и оценке остаточного ресурса конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Czarnecki L., Woyciechowski P. Prediction of the reinforced concrete structure durability under the risk of carbonation and chloride aggression // Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences. – 2013. – Vol. 61, No. 1. – P. 173–181. DOI: 10.2478/BPASTS-2013-0016.
2. Lay S., Scheißl P., Cairns J. LIFECON Deliverable D3.2 Service Life Models. – 2003. – 111 p.
3. Šomodíková M., Doležel J., Lehký D. On Mathematical Models of Degradation Processes According to ISO 16204 and fib Model Code // ce/papers. – 2023. – Vol. 6, No. 5. – P. 652–657. DOI: 10.1002/cepa.2135.
4. Cui C., Chen A., Ma R., Xu X., Wang Q., Zhang J. Corrosion-Fatigue Life Prediction Modeling for RC Structures under Coupled Carbonation and Repeated Loading // Mathematics. – 2021. – Vol. 9, No. 24. – Article 3296. DOI: 10.3390/math9243296.
5. Alexander M., Beushausen H. Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique // Cement and Concrete Research. – 2019. – Vol. 122. – P. 17–29. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.04.018.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА В ПРОЦЕССЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ДЕТСКОЙ ШКОЛЫ ИСКУССТВ

Аннотация. Оптимизация архитектурных решений помогает сделать пространство более удобным для пользователей и соответствующим современным стандартам дизайна. Системы поддержки принятия решений с использованием искусственного интеллекта могут предложить несколько вариантов проекта, оценив их с разных сторон — экономической, экологической и социальной.

Это помогает выбрать оптимальное решение, соответствующее целям и ограничениям проекта. Высокий темп развития технологии и активное стимулирование со стороны государства объясняет актуальность данной работы.

Ключевые слова: генеративный дизайн; искусственный интеллект; технологии информационного моделирования; цифровые технологии.

Планировочным решением исследуемого объекта является одноэтажное каркасное здание детской школы искусств с габаритами основных осей в плане 42х27 м (рис. 1).

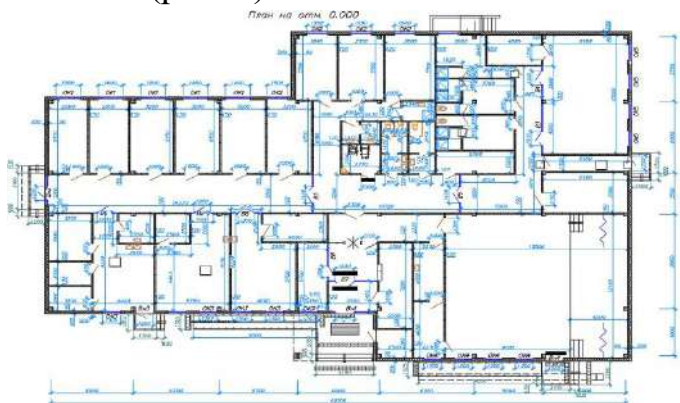


Рис. 1. План объекта исследования.

На примере фрагмента фасада (рис. 2) детской школы искусств мною подробно рассматривается возможность с помощью различных информационных технологий. Перечень используемых программных комплексов для исследования: Veras и TRELIS.

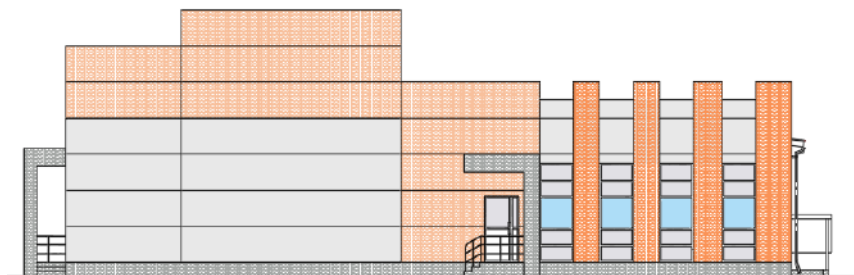


Рис. 2. Фасад объекта, выбранный для примера исследования.

Veras - это приложение, разработанное компанией EvolveLAB, на основе ИИ для работы с визуализацией [1].

Veras предлагает гибкую настройку детализации геометрии, открывающую пространство для экспериментов с формой и достижения высокой точности в проекте. Функция выборочного рендеринга позволяет выделять отдельные фрагменты изображения и корректировать их в реальном времени. Пользователи загружают эскизы или готовые изображения и работают со всеми инструментами прямо в браузере, не устанавливая дополнительное программное обеспечение.

Программа легко интегрируется с популярными профессиональными средами: SketchUp, Revit, Rhinoceros и Vectorworks.

На рис. 3 представлены варианты одного из фасадов детской школы искусств, визуализированных программой Veras.



Рис. 3. Варианты выбранного фасада при использовании программы визуализации Veras.

TRELLIS это нейросеть для генерации визуализации 3D-объектов, созданная компанией Microsoft. Версии для использования доступны на странице проекта, в открытом источнике, на странице GitHub [2].

Нейросеть TRELLIS генерирует трехмерные объекты по текстовому описанию или изображению. Пользователь получает несколько вариантов модели на выбор. Готовые объекты экспортируются в формате

GLB, чтобы использовать их в программах для 3D-моделирования, например, в Blender.

TRELLIS позволяет редактировать 3D-модели: можно, например, сгенерировать несколько вариантов одного и того же предмета или изменять лишь некоторые детали.

Программа обучена на наборе данных из более чем 500 тысяч 3D-объектов, что позволяет ей генерировать модели высокого качества с проработанной геометрией и детализированными текстурами.

На рис. 4 представлены варианты одного из фасадов детской школы искусств, визуализированных программой TRELLIS.

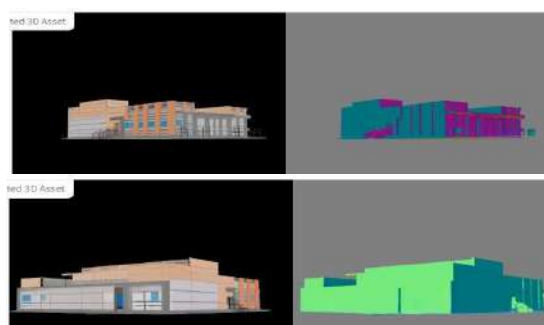


Рис. 4. Варианты объекта исследования из выбранного фасада при использовании программы визуализации TRELLIS.

Одной из основных функций генеративного дизайна его возможность создавать большое количество вариантов одного проекта на базе заданных параметров и критериев. Таким образом архитекторы и заказчики могут проработать различные варианты и остановиться на самом подходящем, которое будет максимально удовлетворять их потребности и сократит сроки проектирования.

Генеративный дизайн в строительстве и архитектуре является перспективным направлением и может стать одним из наиболее используемых инструментов, которые дизайнеры будут использовать в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Veras / EvolveLab. – Пробная версия: [сайт]. – URL: <https://www.evovelab.io/veras> (дата обращения: 25.03.2026)
- 2 Spaces /Hugging Face – The AI App Directory: Trellis: [сайт]. – URL <https://huggingface.co/spaces/JeffreyXiang/TRELLIS> (дата обращения: 26.03.2026)

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Современная строительная индустрия находится на этапе трансформации: скорость и количество реализуемых строительных проектов повышается, в связи с этим увеличивается и объем информации, которую необходимо структурировать и хранить. В этих условиях проектная документация, сметные расчеты, спецификация и сертификаты на используемые материалы и много другое хранимое в бумажном варианте или в виде разрозненных электронных документов не является эффективным решением, например, бумажные варианты занимают большое количество места и поиск информации в такой структуре занимает большое количество времени. Электронные не структурированные документы могут быть удалены или быть дублированы, что тоже не даёт достаточной точности при поиске информации.

В контексте выше сказанного формирование отдельной базы данных выступает «цифровым фундаментом», который обеспечит целостность, комплексность, достоверность и доступность данных для всех участников инвестиционно-строительного процесса [1].

Целью разработки является концептуальная структура базы данных, которая содержит в себе все необходимые сведения для строительной организации. Разработка концептуальной структуры заключается в моделировании информационного пространства и требований к дизайну базы данных, который верно и полностью отражает реалии строительства.

Концептуальная структура выступает общей основой для моделирования различных баз данных и применяется для решения конкретных задач, которые ставят перед ней участники строительного процесса [2]. Дизайн базы данных разработан на основании наиболее известного метода семантического моделирования «сущность-связь» (ER-модель). На рисунке 1, показана общая концептуальная модель проектирования системы и связь между сущностями.

Концептуальная модель представлена от лица генподрядной организации и состоит из 17 сущностей, каждая из которых включает в себя набор характерных атрибутов (параметров). Сущности можно условно поделить на 4 блока (таблица 1).

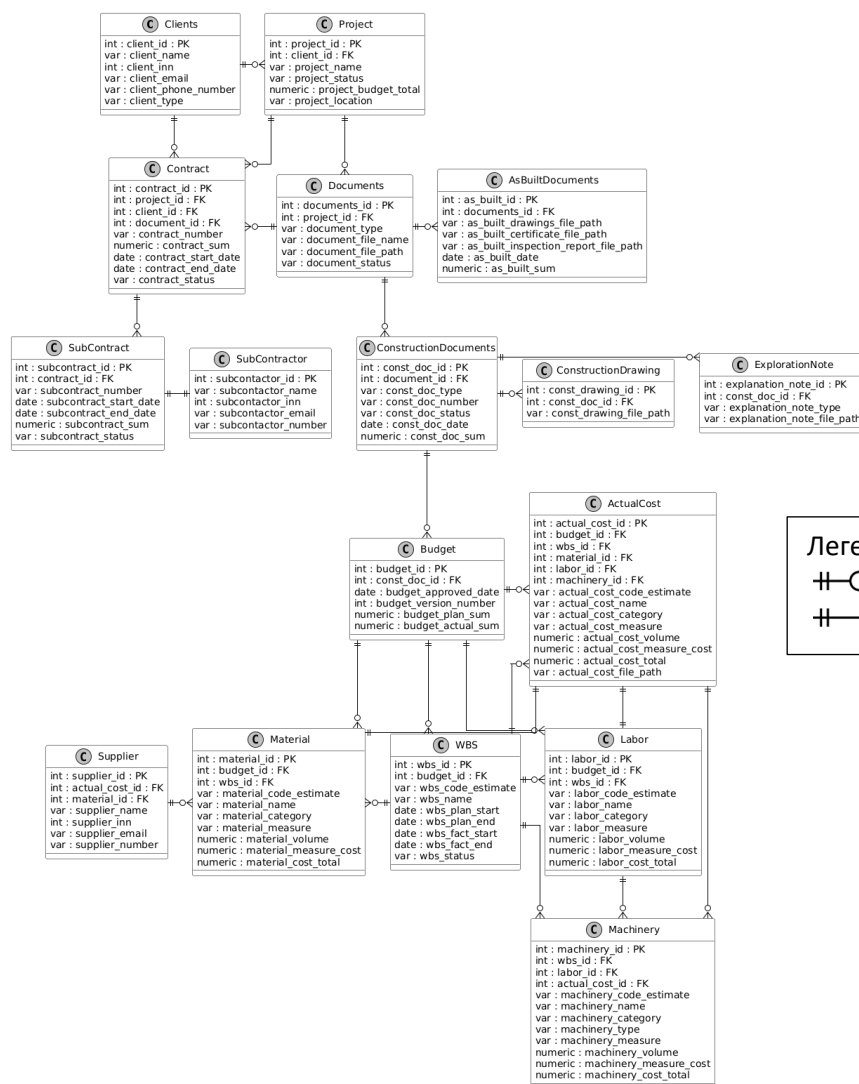


Рисунок 1 – Концептуальная модель базы данных

Таблица 1 – Сущности концептуальной модели

Наименование	Описание
Первый блок (блок инициации проекта и юридического сопровождения)	
Clients (Заказчики)	Корневая сущность. От одного заказчика могут быть инициированы множество проектов
Project (Проект)	Основная сущность, связывающая заказчика со строительным проектом
Contract (Контракт/Договор)	Юридическое закрепление проекта. Контракт связан и с проектом, и с заказчиком для оптимизации поиска данных
SubContract (Договор субподряда)	Реализация иерархии и связь с договором подряда, в случаях привлечения субподрядных организаций.
SubContractor (Субподрядчик)	Информация о субподрядных организациях
Второй блок (управление строительной документацией)	
Documents (документы)	Базовая сущность-родитель, обеспечивающая связь с специализированными таблицами;
ConstructionDocuments (Проектная документация)	Сущность, включающая проектную документацию
ConstructionDrawing (Чертежи)	Проектные и рабочие чертежи

Окончание таблицы 1

Наименование	Описание
ExplorationNote (пояснительная записка)	Пояснительная записка входящая в проектную документацию
AsBuiltDocuments (Исполнительная документация)	Фиксация результата работ (паспорта на материалы, исполнительные схемы, журналы работ и т.д.)
Третий блок (планирование и бюджетирование)	
Budget (Смета проекта)	Корневая сущность, включает в себя данные о плановой сумме реализации проекта и фактической сумме
WBS (Work Breakdown Structure)	Иерархическая структура, разбивающая проект на отдельные части
ActualCost (Фактические затраты)	Данные о реальных затратах, которые детализируются на отдельные материалы, работы и машины и механизмы
Четвертый блок (ресурсы и трудозатраты)	
Material (Материалы)	Список материалов и их объем
Labor (Работы)	Работы и их объем
Machinery (Машины и механизмы)	Машины и механизмы и затраты на их использование
Supplier (Поставщики)	Информация о компаниях поставщиков

В модели для строительной области из-за разнообразия информации (номера и даты договоров, стоимость за работы, количество материалов и т.д.) необходимо учитывать разные типы данных. Применяемые типы данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Типы данных концептуальной модели

Тип данных	Описание	Применение
int	Целое число	Присваивания кодов к сущностям внутри модели, ИНН участников строительства и т.д.
var (varchar)	Строка, ограниченная переменной длиной	Названия документов, названия работ/материалов, единицы измерения и т.д.
date	Дата	Даты документов, начало/окончание работ и т.д.
numeric	Вещественное число с фиксированной точностью	Объемы работ/материалов, стоимость за единицу работ/материалов, итоговая стоимость за работы/материалы и т.д.

Предложенная ER-модель, обеспечивает комплексное отражение реалий строительного производства. Внедрение данной структуры позволит создать единый «цифровой фундамент», гарантирующий целостность, и доступность данных для всех участников строительного процесса. Разработанное решение способствует повышению эффективности сокращению времени поиска информации и минимизации рисков, связанных с потерей или дублированием данных при реализации новых проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

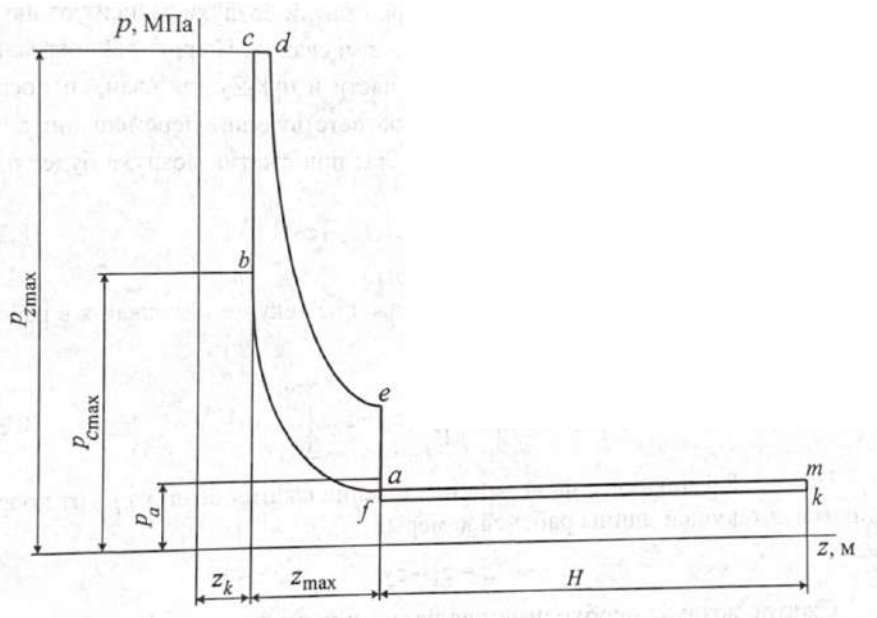
1. Звездин, Д. А. Анализ применения электронных баз данных для повышения качества мониторинга и контроля в строительстве / Д. А. Звездин, А. Н. Маринин // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 55.
2. Nannan Zhang, Wenfeng Song / Database Design on Construction Project Cost System // Researchgate. – URL: https://www.researchgate.net/publication/301735883_Database_Design_on_Construction_Project_Cost_System (дата обращения: 16.03.2026)

ҚАДАЛАРДЫ ҚАҒУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ МЕХАНИКАСЫ

Дизель балғаларының дизайнын жетілдіру және ұтымды параметрлерін таңдау тек дизель балғасының динамикалық өзара әрекеттесу процестерінің математикалық сипаттамаларын қамтитын дизель балғасының технологиялық механикасы негізінде ғана мүмкін болады. Дизельді балғалар-бұл екі тактілі дизель принципі бойынша жұмыс істейтін ішкі жану қозғалтқыштары.

Ауаны сығымдаудың жұмыс процесі диаграмманың а нүктесінен басталады, бұл кезде құбырлы дизельді балғадағы атқыш жұмыс камерасын жабады.

(сур.1)



Сур.1 Құбырлы дизельді балғамен жұмыс процесінің индикаторлық диаграммасы

Диаграмманың b нүктесінде ауаны қысу процесі аяқталады, сол кезде соққы бөлігі қадаларға соққы береді және жұмыс камерасын одан әрі азайту мүмкін емес. Сығымдау процесінде жұмыс камерасындағы ауа есептелген қысым мен температураға ие болады, сондықтан берілген отынның тұтануы және газдардың температурасы мен қысымының күрт көтерілуі диаграммада орын алады. Процестің бұл кезеңі диаграммада b, c, d нүктелерімен сипатталады. Цилиндрдің поршеньге қатысты одан әрі қозғалысы жұмыс камерасындағы газдың кеңею процесімен бірге жүреді, ол D-E индикаторлық диаграмма бөлімімен сипатталады. Диаграмманың E нүктесі шығатын саңылаулардың ашылуына сәйкес келеді және жұмыс

камерасындағы қысым бірден атмосферамен салыстырылады (диаграмманың Е-Е бөлімі). Әрі қарай көтерілу - құбырлы дизель балғасының соққы бөлігінің серпілісі (диаграмманың F-K бөлімі) таза ауамен толтырылған жұмыс камерасында шамалы разрядпен бірге жүреді. Соққы серпілісінен кейін еркін құлау процесі басталады (диаграмманың m-a бөлімі), онда құбырлы дизель балғасының жұмыс камерасы үрленеді.

Ауаны сығымдаудың технологиялық процесінің кезеңі үшін қаданың соққы бөлігінің динамикалық теңдеулері келесідей болады

$$m_1 \ddot{z}_1 = m_1 g - A_K p_H \left[1 - \frac{A_K}{V_H} (z_1 - z_2) \right]^{-n_1}; \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{z}_2 = m_2 g - A_C \sigma_z - 4a z_2 \sigma_x f + A_K p_H \left[1 - \frac{A_K}{V_H} (z_1 - z_2) \right]^{-n_1}, \quad (2)$$

мұндағы z_1, z_2 – барабаншы мен қаданың сәйкесінше ағымдағы қозғалыстары.

(1) және (2) теңдеулерді сандық интеграциялау үшін оларға ақырлы көрініс беру керек

$$\ddot{z}_1 = g - \frac{A_K p_H}{m_1} \left[1 - \frac{A_K}{V_H} (z_1 - z_2) \right]^{-n_1}; \quad (3)$$

$$\ddot{z}_2 = g - \frac{A_C \sigma_z}{m_2} - \frac{4a \sigma_x f}{m_2} z_2 + \frac{A_K p_H}{m_2} \left[1 - \frac{A_K}{V_H} (z_1 - z_2) \right]^{-n_1}; \quad (4)$$

(3) және (4) теңдеулерді ауа сығылған кезде біріктіру $z_1 - z_2 = z_{max}$ кезінде аяқталады.

Соққы бөлігі мен қадалар қозғалысының дифференциалдық теңдеулері ауа қысылған кезде келесі бастапқы шарттарға ие:

$t = 0, \quad z_1 = 0; \quad \dot{z}_1 = V_A; \quad z_2 = 0; \quad \dot{z}_2 = 0$ кезінде.

Жұмыс камерасындағы ауаны қысу процесі қозғалатын масса қадаларға соғылған кезде аяқталады. Осы кезде жұмыс камерасында жанармайдың жарылғыш жануы және жұмыс камерасындағы механикалық соққы мен газ қысымының бірлескен әсеріне байланысты қаданың жерге қарқынды батуы жүреді, сонымен бірге үдеткіш пен соққы бөлігінің жоғары қозғалысы басталады. Соққы бөлігінің жоғары қозғалу процесін сипаттау үшін $O_1 Y_1 Z_1$ координаталық жүйесі Z_1 осімен технологиялық процестің осы кезеңінде соққы бөлігінің қозғалыс бағытына бағытталған.

Динамикалық теңдеулер қаданың топырақта қозғалуы және жұмыс камерасындағы кеңейетін газдың қысымымен соққы бөлігін жоғары қарай үдету кезінде келесідей болады:

$$m_1 \ddot{z}_1 = -m_1 g + A_K p_z; \quad (5)$$

$$m_2 \ddot{z}_2 = m_2 g - A_C \sigma_z - 4a z_2 \sigma_x f + A_K p_z; \quad (6)$$

мұндағы p_z – газ кеңейген кезде жұмыс камерасындағы қысым.

(5) және (6) дифференциалдық теңдеулерді сандық интеграцияға ыңғайлы түрге келтірейік,

$$\ddot{z}_1 = -g + \frac{A_K p_{z \max}}{m_1} \left[1 + \frac{A_K}{V_K} (z_1 + z_2) \right]^{-n_2}; \quad (7)$$

$$\ddot{z}_2 = g - \frac{A_C \sigma_z}{m_2} - \frac{4a\sigma_x f}{m_2} z_2 + \frac{A_K p_{z \max}}{m_2} \left[1 + \frac{A_K}{V_K} (z_1 + z_2) \right]^{-n_2}. \quad (8)$$

(7), (8) дифференциалдық теңдеулер газдың соққысы мен кеңеюіндегі соққы бөлігі мен қадалардың қозғалысы келесі бастапқы шарттарға ие:

$t = 0, \quad z_1 = 0; \quad \dot{z}_1 = -V_B; \quad z_2 = 0; \quad \dot{z}_2 = V_B$ кезінде.

(7), (8) теңдеулерді біріктіру кезінде есептеудің соңы $z_1 + z_2 = z_{\max}$ шартымен анықталады.

Қарастырылған көрсеткіштерімен қатар, дизельді балғаның маңызды технологиялық параметрлерінің бірі кинетикалық энергияны пайдалану коэффициенті болып табылады. Ол келесі формуламен анықталады

$$\eta_c = \frac{K_M}{(1+K_M)^2} (1 + K)^2, \quad (9)$$

мұндағы K_M - масса қатынасының коэффициенті, $K_M = m_1 / m_2$.

(9) формуласы дизель балғасының оңтайлы жұмыс процесі K_M масса коэффициентінің және соққы кезінде K қалпына келтіру коэффициентінің оңтайлы мәндерінде орын алатынын көрсетеді.

Дизель-балғасының жұмыс процесінің қарастырылған алгоритмі негізінде қазықты дизель-балғамен қағу кезіндегі динамикалық процестерді талдау бағдарламасы әзірленді. Бұл бағдарлама қазықты қағу процесі барысында қазық пен соққылы бөліктің орын ауыстыруларын сандық интегралдаумен қатар, қазықты берілген тереңдікке дейін қағу процесі аяқталғанға дейін екінші және одан кейінгі соққылар үшін бағдарламаны автоматты түрде іске қосады және дизель-балғасының әрбір соққысы үшін келесі шығыс деректерін сақтауды және тіркеуді жүзеге асырады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

- 1) Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование. – М. :Высш. шк. , 1991. – 456 с.
- 2) Суровов А.В. , Левинзон А. Л. Машины для свайных работ. – М. : Стройиздат, 1982. – 150 с.
- 3) Тарасов В.Н. , Бояркин Г.Н. Теория удара в теоретической механике и ее приложение в строительстве. – Омск, ОмГТУ, 2001. – 144 с.

ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫ

Ғимараттар мен құрылыстардың деформациялары - табиғи және техногендік факторлардың әсерінен олардың геометриялық параметрлерінің кеңістіктік-уақыттық өзгерістері болып табылады. Мұндай өзгерістерге конструкциялардың пішіні, өлшемдері және орналасуының ауытқуы жатады, олар объектілердің пайдалану сенімділігі мен қауіпсіздігіне елеулі әсер етуі мүмкін.

Деформациялардың негізгі түрлері - тік және көлденең орын ауыстырулар. Тік деформацияларға шөгу мен отыру жатады, олар біркелкі және біркелкі емес болуы мүмкін. Ең қауіптісі - біркелкі емес шөгу, себебі ол конструкциялардағы кернеулердің қайта бөлінуіне әкеліп, жарықтардың пайда болуына себеп болады. Көлденең деформациялар ығысу, жылжу және ғимараттардың қисаюы (вертикальдан ауытқу) түрінде көрінеді. Сонымен қатар, конструкцияларда майысу және геометрияның басқа да өзгерістері байқалуы мүмкін.

Деформациялардың себептері кешенді сипатқа ие. Оларға инженерлік-геологиялық жағдайлардың ерекшеліктері, мысалы әлсіз немесе біртекті емес топырақтар, жерасты сулары деңгейінің өзгеруі, сондай-ақ сыртқы жүктемелер - тұрақты (құрылыстың өз салмағы) және уақытша (қар, жел, пайдалану жүктемелері) жатады. Сонымен бірге температуралық және климаттық факторлар, жобалау және құрылыс кезеңдерінде жіберілген қателіктер де маңызды рөл атқарады.

Деформацияларды уақтылы анықтау және талдау үшін геодезиялық мониторинг қолданылады, ол жоғары дәлдікті жүйелі бақылаулар жүйесін білдіреді. Негізгі әдістерге тік орын ауыстыруларды анықтайтын геометриялық нивелирлеу, нүктелердің жоспарлық орнын белгілеуге арналған тахеометриялық өлшеулер, сондай-ақ жоғары дәлдік пен жеделдікті қамтамасыз ететін заманауи спутниктік технологиялар мен лазерлік сканерлеу жатады.

Бақылаулар арнайы бекітілген пункттер - реперлер мен деформациялық маркалар бойынша жүргізіледі, олар өлшеулерді орындау үшін тірек негізін құрайды. Алынған деректер бақылау циклдерінің нәтижелерін салыстыру арқылы өңделеді, бұл өзгерістер динамикасын анықтауға және өлшеулердің дәлдігін бағалауға мүмкіндік береді.

Ғимараттар мен құрылыстардағы деформациялардың пайда болуы «құрылыс - негіз» жүйесіндегі күрделі өзара әрекеттесумен түсіндіріледі. Бұл жүйе механикалық қасиеттері мен әсер ететін жүктемелердің сипатына тәуелді біртұтас геотехникалық жүйе болып табылады. Негіз белгілі бір сығылғыштыққа, біртектілікке және анизотропияға ие бола отырып, құрылыстан берілетін кернеулерге деформациялық процестердің дамуымен жауап береді. Бұл процестердің шамасы мен сипаты топырақтың физика-механикалық қасиеттеріне, оның ылғалдылығына және құрылымдық күйіне байланысты. Құрылыстан берілетін жүктемелер тұрақты (конструкциялардың өз салмағы) және уақытша, айнымалы әсерлерді (пайдалану, климаттық, техногендік) қамтиды, бұл жүйенің кернеулі-деформациялық күйінің тұрақсыз сипатын анықтайды. Негіздің біртектілігі жағдайында кернеулер біркелкі таралмайды, бұл дифференциалды шөгулерге және соның салдарынан конструкцияларда қосымша ішкі күштердің пайда болуына әкеледі.

Осылайша, деформациялық процестер инженерлік-геологиялық жағдайлар мен жүктеме параметрлерінің кешенді әсерінің нәтижесі болып табылады. Оларды зерттеу геодезиялық бақылау әдістерін және математикалық модельдеуді қолдануды талап етеді, бұл «құрылыс — негіз» жүйесінің мінез-құлқын бағалауға және болжауға мүмкіндік береді. Геодезиялық деформациялық бақылау ғимараттар мен құрылыстарды қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады, өйткені ол өзгерістерді тіркеп қана қоймай, олардың дамуын болжауға және апатты жағдайлардың алдын алуға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Болдырев Г.Г. *Инженерлік геодезия*. - М.: АСВ баспасы, 2018.
2. Маслов Н.Н. *Негіздер мен фундаменттер*. - М.: Жоғары мектеп, 2016.
3. Снигирев В.А. *Ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын геодезиялық бақылау*. - СПб.: Лань, 2019.
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. *Математикалық физиканың әдістері*. - М.: Ғылым, 2017.
5. СП 22.13330.2016. *Ғимараттар мен құрылыстардың негіздері (СНиП 2.02.01-83-тің жаңартылған редакциясы)*.

МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

Обеспечение надежности железнодорожных путей в районах интенсивной подземной добычи ископаемых — приоритетная задача промышленного строительства. Деформация горных пород в зоне влияния действующих шахт приводит к образованию мульд оседания, нарушающих геометрию колеи и безопасность перевозок. В условиях современного строительного контроля традиционных методов измерений уже недостаточно для качественного предиктивного анализа состояния транспортной инфраструктуры.

1. Анализ текущих деформаций методами наземной геодезии

На исследуемом участке действующей железной дороги был проведен цикл контрольно-геодезических измерений. Основным инструментом на данном этапе выступил электронный тахеометр, позволивший зафиксировать высотное и плановое положение головки рельса на контрольных пикетах. В ходе камеральной обработки и сравнения текущих данных с архивными материалами предыдущих съемок было выявлено вертикальное смещение поверхности, имеющее неравномерный характер.

Результаты натурных измерений свидетельствуют о начале активной фазы формирования мульды сдвижения. На начальном створе (ПК 12+00) зафиксировано минимальное отклонение в 12 мм, что рассматривается как допустимое значение. Однако при продвижении к центру зоны влияния горных работ показатели существенно возрастают: на пикете ПК 12+50 оседание составило 25 мм, а в эпицентре (ПК 13+00) достигло максимума в 40 мм.

Для действующего пути величина в 40 мм является предупредительной: она превышает стандартные эксплуатационные допуски (15–20 мм), но позволяет продолжать движение поездов при условии усиленного мониторинга и своевременной выправки пути балластом. Подобные деформации сигнализируют о необходимости перехода от локальной фиксации точек к площадному мониторингу всей насыпи и прилегающих инженерных сооружений.

2. Применение высокоточного спутникового позиционирования (GNSS)

Выявление оседания в 40 мм требует немедленного перехода от локальных геодезических схем к созданию глобальной постоянно действующей мониторинговой сети. Использование технологий GNSS в

современных условиях архитектурного и строительного надзора позволяет решить стратегическую задачу привязки деформируемого участка к стабильным пунктам государственной геодезической сети, расположенным на значительном удалении от зоны влияния горных работ. Это критически важно, так как при масштабных подработках территорий существует риск латентного смещения самих исходных наземных реперов, что делает традиционную тахеометрию недостаточно достоверной без внешней верификации.

Планируемое использование профессиональных двухчастотных мультисистемных GNSS-приемников в режиме «Статика» обеспечит среднеквадратическую погрешность определения координат в пределах 3–5 мм по высоте. Данный метод предполагает длительные сеансы наблюдений (от 1 до 3 часов), что позволяет минимизировать влияние состояния ионосферы и тропосферы на точность финального результата. Полученные данные позволяют сформировать жесткий геодезический каркас, который служит эталоном для контроля системных ошибок наземных измерений. Спутниковые методы обеспечивают непревзойденную достоверность высотного базиса, что необходимо не только для подтверждения зафиксированных 40 мм оседания, но и для построения долгосрочных трендов динамики объекта.

Особое внимание в рамках спутникового мониторинга уделяется вектору смещения в трехмерном пространстве. В отличие от нивелирования, GNSS позволяет фиксировать не только вертикальную осадку, но и горизонтальные сдвиги насыпи железнодорожного пути, которые часто предшествуют потере устойчивости земляного полотна. Математическая обработка спутниковых измерений производится в специализированных программных комплексах с использованием файлов эфемерид (прогнозируемых орбит спутников), что повышает точность аппроксимации данных. Полученная цифровая сеть реперов становится фундаментом для интеграции всех последующих циклов наблюдений, включая данные аэрофотосъемки, создавая единую информационную среду для предиктивного анализа безопасности транспортной инфраструктуры.

3. Использование БПЛА для площадного мониторинга и прогнозирования

Для получения полной картины деформаций и расчета годовых показателей оседания планируется применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащенных системами высокоточного позиционирования (RTK). В отличие от точечной съемки тахеометром, залет дрона позволяет получить плотное облако точек и построить цифровую модель рельефа (ЦМР).

Это дает возможность увидеть не только просадку самого полотна, но и динамику изменения прилегающих откосов, кюветов и подходов к инженерным сооружениям, которые часто остаются вне поля зрения при

обычных проверках. На основе совмещения ЦМР разных периодов производится расчет прогнозируемого годового оседания по формуле:

$$V_{год} = (\Delta H / \Delta T) * 12,$$

где ΔH — накопленное оседание (40 мм), а ΔT — временной интервал между измерениями в месяцах. Анализ этих данных позволяет определить вектор развития мульды и вовремя принять решение о необходимости капитальной реконструкции или локальной выправки пути.

На основании проведенного исследования и комплексного анализа деформационных процессов на исследуемом участке железной дороги можно констатировать, что зафиксированное вертикальное смещение пути, достигшее максимума в 40 мм, подтверждает активную фазу формирования мульды сдвижения под влиянием горно-технических факторов. Данный показатель классифицируется как критический маркер, требующий незамедлительного введения особого режима строительного контроля и оперативной корректировки плана эксплуатации транспортной инфраструктуры. Установлено, что традиционная наземная тахеометрия, несмотря на свою точность, эффективна лишь для локальной фиксации изменений, в то время как для обеспечения глобальной безопасности необходимо внедрение GNSS-технологий, позволяющих верифицировать данные относительно стабильного геодезического основания и исключать погрешности, вызванные осадкой самих исходных реперов.

Переход к использованию БПЛА радикально меняет методику мониторинга, позволяя трансформировать контроль дискретных точек в анализ сплошных цифровых моделей рельефа. Это дает возможность с высокой точностью рассчитывать годовую динамику оседания и прогнозировать достижение отметок, угрожающих геометрической устойчивости всей насыпи. В конечном итоге, интеграция полученных цифровых данных в интеллектуальные системы управления эксплуатацией пути позволяет дорожным службам перейти от стратегии аварийного реагирования к предиктивному обслуживанию. Такой подход оптимизирует график ремонтно-восстановительных работ, минимизирует риски внеплановой остановки движения и обеспечивает долгосрочную эксплуатационную надежность объектов в зонах интенсивного техногенного воздействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП РК 3.03-01-2001. Железные дороги колеи 1520 мм. Нормы проектирования и строительства. – Астана: Комитет по делам строительства, 2018.
2. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика и оценка промышленной безопасности объектов недропользования // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2022. – № 3. – С. 3-17.
3. Инструкция по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и расположенными на ней объектами при разработке месторождений полезных ископаемых. – Алматы: МИИТ РК, 2024.
4. Касымканова Х. М., Джангулова Г. К. Инновационные методы маркшейдерского мониторинга на подработанных территориях: Учебное пособие. – Караганда: Изд-во КарГУ, 2023.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАСЧЁТЕ
НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ

Анкерные крепления являются одним из наиболее ответственных элементов навесных вентилируемых фасадных систем. Надёжность всей фасадной конструкции во многом определяется надёжностью узла крепления элементов системы к строительному основанию. В нормативных документах указывается, что несущая способность анкеров должна определяться по результатам натурных испытаний, так как она зависит не только от конструкции анкера, но и от характеристик строительного основания.

Согласно методике, несущая способность анкера определяется по результатам испытаний на вырыв с последующей обработкой экспериментальных данных. Однако данный процесс является трудоёмким, требует значительного времени и может сопровождаться погрешностями при обработке результатов.

В соответствии с действующей методикой определение несущей способности анкеров производится на основании результатов натурных испытаний. При этом каждый анкер нагружается до разрушения, после чего полученные результаты обрабатываются статистически.

По результатам испытаний определяются:

- среднее значение разрушающей нагрузки;
- среднее квадратическое отклонение;
- коэффициент вариации;
- расчётное сопротивление анкерного крепления.

Расчётное сопротивление определяется по формуле:

$$R = \frac{N(1 - tv)}{m}$$

где:

N — среднее значение нагрузки,

t — коэффициент надёжности по статистике,

v — коэффициент вариации,

m — коэффициент надёжности по материалу.

Несмотря на высокую надёжность метода натурных испытаний, он имеет ряд недостатков.

Эти недостатки включают в себя:

- Большую трудоёмкость обработки результатов испытаний;
- Возможность ошибок при ручных расчётах;
- Необходимость проведения большого количества испытаний;
- Сложность учёта большого количества факторов (прочность бетона, глубина анкеровки, тип анкера, условия монтажа и др.).

При этом несущая способность анкера зависит от большого числа параметров, включая свойства основания, глубину анкеровки и тип анкера.

Это делает задачу определения несущей способности сложной и многопараметрической, что позволяет применять методы искусственного интеллекта.

В связи с развитием цифровых технологий и методов искусственного интеллекта появляется возможность автоматизации расчётов и повышения точности определения несущей способности анкерных креплений.

Одним из наиболее трудоёмких этапов определения несущей способности анкеров является обработка результатов натурных испытаний. После проведения испытаний в виде графика формируется зависимость «нагрузка – перемещение анкера», на основе которой определяется разрушающая нагрузка и выполняется дальнейшая статистическая обработка результатов.

Таким образом, каждый анкер описывается не одним значением нагрузки, а всей кривой «нагрузка – перемещение»

Задача искусственного интеллекта — автоматически определить момент разрушения анкера.

Основная идея заключается в том, что зависимость «нагрузка – перемещение» представляет собой характерную кривую, форма которой содержит всю необходимую информацию о поведении анкера и моменте его разрушения. Современные методы машинного обучения позволяют автоматически анализировать такие зависимости и выявлять характерные признаки разрушения без участия инженера.

Использование искусственного интеллекта позволяет рассматривать результаты испытаний не как отдельные числовые значения, а как совокупность взаимосвязанных данных, отражающих поведение анкера под нагрузкой. На основе ранее проведённых испытаний может быть сформирована база данных, включающая кривые «нагрузка – перемещение» для различных типов анкеров и различных условий работы. На основе этой базы данных модель машинного обучения обучается распознавать характерные особенности поведения анкера и автоматически определять разрушающую нагрузку.

Кроме того, применение искусственного интеллекта позволяет автоматически выявлять аномальные результаты испытаний. На практике такие результаты могут возникать вследствие неправильного монтажа анкера, дефектов строительного основания, ошибок измерительного оборудования или случайных факторов. В традиционной практике

выявление таких значений выполняется инженером вручную, что не всегда позволяет объективно оценить достоверность результатов. Использование методов машинного обучения позволяет анализировать всю совокупность результатов испытаний и автоматически выявлять значения, которые существенно отличаются от остальных.

После определения разрушающей нагрузки для каждого анкера система может автоматически выполнять дальнейшую статистическую обработку результатов испытаний. При этом исключается необходимость ручного расчёта среднего значения нагрузки, коэффициента вариации и расчётного сопротивления анкера. Все расчёты выполняются автоматически на основании полученных экспериментальных данных, что существенно сокращает время обработки результатов испытаний и повышает точность расчётов.

Несущая способность анкеров является одним из важнейших параметров при проектировании навесных фасадных систем. Существующие методы определения несущей способности основаны на результатах натурных испытаний и требуют значительных трудозатрат.

Использование методов искусственного интеллекта позволяет автоматизировать процесс обработки результатов испытаний, повысить точность расчётов и сократить время проектирования. Внедрение технологий искусственного интеллекта в расчёт несущей способности анкеров является перспективным направлением развития строительной науки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Методические рекомендации: Методика определения несущей способности анкеров. – Караганда, 2012.
2. СТАНДАРТ ФЦС СТО. Крепления анкерные. Метод определения несущей способности анкеров по результатам натурных испытаний. — Москва, 2010.
3. Борисов В. А. Методы машинного обучения в инженерных расчетах. – М.: Наука, 2020.
4. Panagiotis Spyridis & Oladimeji B. Olalusi. Predictive Modelling for Concrete Failure at Anchorages Using Machine Learning Techniques. — Materials, 14(1), 62 (2021).
5. Artificial Intelligence for Design of Spatial Structures and Joints: A State-of-the-Art Review. — Journal of Building Engineering, Vol. 120, 115266.

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ И ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГА В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ

Тренды в строительстве 2025 года показывают: отрасль идет к инновациям, экологии и комфорту. Модульные технологии, умные дома и зеленые решения делают жилье лучше и доступнее [1]. Цифровая трансформация строительной отрасли представляет собой серьезный стратегический сдвиг для всех участников сектора. Строительная отрасль в настоящее время сталкивается с беспрецедентными вызовами, требующими быстрой адаптации к новым технологиям. Компаниям приходится бороться с усилением конкуренции, сокращением прибыли и все более высокими требованиями клиентов к качеству, срокам и прозрачности. Поэтому цифровизация становится важнейшим двигателем роста конкурентоспособности на рынке.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Цифровая трансформация строительного сектора открывает множество преимуществ, которые напрямую влияют на конкурентоспособность и эффективность строительных компаний, таких как *оптимизация рабочих процессов, снижение эксплуатационных расходов, улучшение коммуникации с клиентами, более эффективное управление строительными проектами и повышение производительности*, что напрямую влияет на эффективность компаний.

Цифровые инструменты открывают новые возможности для взаимодействия с клиентами, начиная с этапа поиска потенциальных клиентов и заканчивая последующим сопровождением после завершения строительства. Платформы для совместной работы, мобильные приложения и системы уведомлений обеспечивают непрерывный и прозрачный контакт, тем самым повышая удовлетворенность клиентов.

Цифровые решения для мониторинга строительных объектов позволяют осуществлять контроль за ходом работ в режиме реального времени, улучшают координацию действий команды и позволяют предвидеть потенциальные проблемы. Повышенная прозрачность приводит к сокращению задержек и перерасходов средств.

Все эти оптимизации способствуют значительному повышению производительности. Строительные бригады могут сосредоточиться на своей основной деятельности, а не на административных задачах, а инструменты планирования и мониторинга позволяют более эффективно использовать ресурсы.

ЦИФРОВОЙ МАРКЕТИНГ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Трансформация деловой практики необходима для обеспечения роста и устойчивости компании. Менеджер строительной компании должен освоить инструменты цифрового маркетинга, чтобы выделиться на все более конкурентном рынке. Цифровые методы привлечения клиентов в строительной отрасли требуют комплексного многоканального подхода, объединяющего несколько инструментов, таких как *создание онлайн-видимости, привлечение новых клиентов, лояльность клиентов, ценность опыта*.

Хорошо подготовленное онлайн-присутствие стало неотъемлемой частью деятельности любой строительной компании. Это цифровая витрина компании, современный, адаптивный и хорошо структурированный веб-сайт необходим для превращения посетителей в потенциальных клиентов. Это происходит через профессиональный веб-сайт, активное присутствие в социальных сетях и оптимизированный рейтинг в поисковых системах. Эти каналы позволяют продемонстрировать опыт и завершённые проекты, а также привлечь квалифицированных потенциальных клиентов.

Стратегии цифрового маркетинга позволяют привлекать новых клиентов и позиционировать себя на конкретных рынках. Использование социальных сетей, контент-маркетинга ¹ и поисковой оптимизации ² помогает привлекать потенциальных квалифицированных клиентов и более эффективно конвертировать их в реальных покупателей. Стратегия поисковой оптимизации помогает улучшить видимость в поисковых системах, что происходит посредством технической оптимизации сайта, создания релевантного контента и получения качественных ссылок.

ЦИФРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Цифровизация приведет к изменению структуры рынка труда в строительной отрасли путём роста спроса на специалистов, обладающих навыками работы с новыми технологиями: BIM-менеджеры, специалисты по 3D-печати, операторы дронов, аналитики данных, модульного строительства. Модульное строительство делает строительство более доступным и дешевым, по сравнению, например, с классическими зданиями из кирпича [2]. Инструменты цифровизации возможно внедрять как через использование виртуальной и дополненной реальности, что позволяет архитекторам, инженерам и строителям визуализировать планы и выявлять потенциальные проблемы до того, как они возникнут, так и через использование искусственного интеллекта, который может не только брать на себя роль счетовода, аналитика, но и сам предлагать планы визуализации объектов[3].

Цифровые технологии в строительном секторе постоянно развиваются с появлением новых технологий. *Искусственный интеллект*

¹ Распространение медиаконтента с целью развития бизнеса.

² Методы, улучшающие рейтинг веб-сайта на странице результатов поиска.

представляет собой одно из наиболее перспективных нововведений для отрасли, в то же время взаимодействие между строительством и цифровыми технологиями выходит на новый уровень благодаря интеграции *дополненной реальности*³ и *виртуальной реальности*⁴.

Виртуальная реальность позволяет клиентам посетить будущие здания еще до начала строительства. Полное погружение облегчает принятие решений и позволяет корректировать планы на основе отзывов клиентов. Для профессионалов это мощный инструмент продаж, значительно увеличивающий прибыль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровая трансформация сегодня крайне важна для строительных компаний, стремящихся оставаться конкурентоспособными на постоянно меняющемся рынке. Цифровые технологии и строительный сектор стали неразрывно связаны, предоставляя многочисленные возможности для оптимизации и роста компаниям, умеющим адаптироваться. Эта масштабная трансформация затрагивает все аспекты отрасли, от управления проектами и отношений с клиентами до обучения персонала и безопасности на строительной площадке.

Цифровая трансформация строительной отрасли имеет решающее значение для обеспечения устойчивости и роста компаний в этом секторе. Новые технологии, такие как искусственный интеллект, дополненная реальность и виртуальная реальность, открывают многообещающие перспективы для будущего сектора. Компании, которые смогут внедрить эти инновации, одновременно поддерживая свои команды в процессе этих изменений, будут лучше подготовлены к решению задач завтрашнего дня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Строительная отрасль в 2025 году: экспертное мнение.* <https://academy.tsus.ru/stroitel'naya-otrasl-v-2025-godu-ekspertnoe-mnenie/>
2. Шкрабовская А.Ю., Абакумов Р.Г. *Инновационные технологии в строительстве* // *Инновационная наука.* 2017. № 4. С. 14-23.
3. Шевченко Е. И. *Трансформация экономики строительных организаций в 2025-2027 годах: вызовы и перспективы* // *Научный журнал молодых ученых.* 2025. №3 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-ekonomiki-stroitelnyh-organizatsiy-v-2025-2027-godah-vyzovy-i-perspektivy>. 26/03/2026.

³ Наложение реальности и элементов, рассчитанных компьютерной системой в реальном времени.

⁴ Виртуальный мир, созданный при помощи программного обеспечения.

АРМОГРУНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ «МАКВОЛЛ»

Армогрунтовые конструкции системы «Макволл» - это сооружение, представляющее собой укрепление грунтовых откосов для возведения подпорных стен. Технология представляет собой создание композитного массива, в котором гибкие армирующие элементы работают совместно с грунтом и вместе воспринимают растягивающие напряжения. На рисунке 1 в разрезе показано расположение всех элементов:

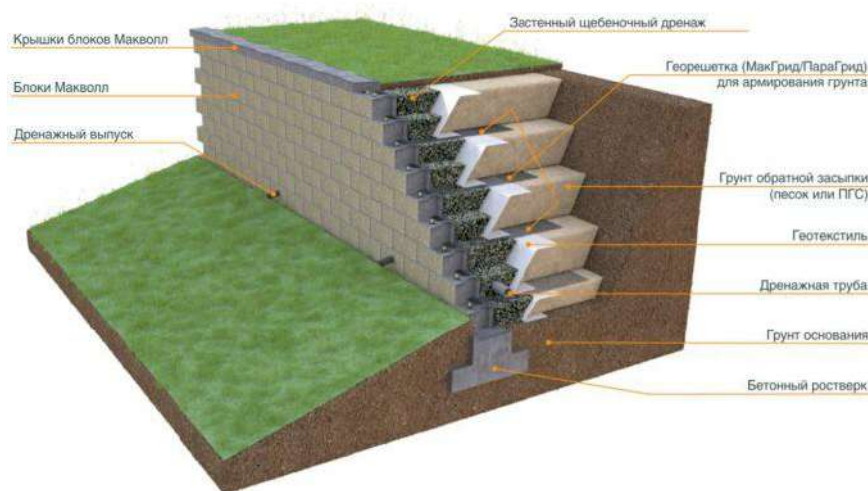


Рисунок 1 - Конструктивные элементы армогрунтовой конструкции системы «Макволл»

(Взято из источника: <https://www.vnedra.ru/wp-content/uploads/2021/06/5.jpg>)

На лицевой поверхности используется бетонные блоки, они придают не только эстетичный вид конструкции, но и создают опорную базу для анкерования армирующих элементов и защищают конструкцию от разрушений. Данные блоки производятся в нескольких модификациях: Блок трапецевидный, блок прямой и блок завершающий. Требования к ним высокие. Согласно технологии производства, блоки «Макволл» формуются методом вибропрессования из мелкозернистых жёстких бетонных смесей с последующей термообработкой в пропарочных камерах [1]. Данный метод позволяет получать более прочные блоки. Лицевой поверхностью является колотая фактура, внешне похожая на натуральный камень.

Вторым, не менее важным компонентом, являются армирующие элементы. В системе «Макволл» существуют два типа георешеток: МакГрид WG и ПараГрид. Их задача: воспринимать растягивающие усилия в грунтовом массиве. В рекомендациях по применению геосинтетических

материалов в дорожном хозяйстве есть регламент требования к подобным материалам [2].

 Рисунок 2 - Георешетка МакГрид WG (Взято из источника: https://geotekstil.ru/upload/medialibrary/744/6kgxpa2kzsa9k7ay6c3v7o27iyl7fkii.png)	 Рисунок 3 - Георешетка ПараГрид (Взято из источника: https://avatars.mds.yandex.net/i?id=d3f6477b802af199fee8e7e8c0f6a37f_l-4236746-images-thumbs&n=13)
МакГрид WG	ПараГрид

Первый тип георешеток МакГрид WG. Он представляет собой одноосные пластиковые решетки средних и высоких прочностей. Благодаря своей технологии, скрепленных между собой продольных геополос, каждая из которых имеет ядро из полиэфирных нитей, МакГрид WG имеет высокий коэффициент сцепления с грунтом. Прочность в продольном направлении достигает от 30 до 200 кН/м в продольном направлении.

Второй тип георешеток ПараГрид состоит из полиэфирных нитей с поливинилхлоридным или акриловым покрытием. Благодаря такой связке, георешетка может легко переносить механические деформации при проведенным работам или же при транспортировке до объекта.

Основные плюсы таких георешеток – это их долговечность. В теории, они могут выдержать экстремально низкие и высокие температуры без потери прочности и целостности.

Технология монтажа – это важный процесс, от которого зависит процесс жизни конструкции. Начинается с правильной подготовки основания. Убирается слабый грунт, выравнивается и уплотняется основание. Разрабатывается траншея под ленточный фундамент и дренажную систему. Под подготовку для фундамента используется щебень 5-20 мм фракции. Далее идет бетонный фундамент. Требования к производству земляных и фундаментных работ регламентируется сводом правил [3]. На фундамент производится монтаж облицовочных блоков. В

их отверстие вставляются стеклопластиковые штифты, они будут передавать усилие от георешеток на лицевую часть конструкции. К основанию блоков подсыпают щебень с последующей трамбовкой для устойчивости конструкции. После завершения устройства блоков Макволл, производится обратная засыпка до верха уровня блоков, поверх которых раскатывается армирующая георешетка МакГрид WG или ПараГрид. Далее устраиваются блоки с отступом в полблока относительно нижнего ряда.

Подводя итог можно отметить, что технология Макволл подходит для реализации инженерных решений. В нем заложены инновационные технологии, позволяющие укреплять откосы и расширять транспортную инфраструктуру в районах любого геологического строения, в том числе в районах с сейсмичностью до 9 баллов (по шкале MSK-64), благодаря полимерным решеткам в связке с бетонными блоками, которые еще и эстетично смотрятся в инфраструктуре любого места [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Потуданская, Л. В. Применение геосинтетических материалов производства Маккаферри на объектах дорожной отрасли / Л. В. Потуданская // *Техника и технологии строительства*. – 2015. – № 2(2). – С. 7-13.
2. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – Москва: Росавтодор, 2010. – 112 с.
3. СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты: актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87: дата введения 2013-01-01. – Москва: Минрегион России, 2012. – 86 с.
4. СТО 42873191-010-2015. Конструкции армогрунтовые «Системы Макволл» с креплением грунтовых откосов бетонными блоками. Технические требования. – Введ. 2015-03-19. – Москва: ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ», 2015. – 48 с.

МЫС БАЛҚЫТУ ҚОЖЫН ЖОҒАРЫ БЕРІКТІКТЕГІ БЕТОНҒА АРНАЛҒАН ІРІ ТОЛТЫРҒЫШ РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУДЫҢ БОЛАШАҒЫ

Қазіргі құрылыс индустриясы екі жақты қиындыққа тап болуда: жоғары сапалы табиғи агрегат карьерлерінің азаюы және өнеркәсіптік қалдықтардың орасан зор көлемін жою қажеттілігі. Мыс балқыту зауыттары орналасқан аймақтарда миллиондаған тонна шлак жиналып, айтарлықтай аумақтарды алып жатыр. Мыс балқыту зауыттарының қождарын (МБҚ) қалдықтардан жасанды ресурсқа қайта жіктеу айналмалы экономика қағидаттарына сәйкес келеді. Бұл жұмыста дәстүрлі ұсақталған тастың орнына бетонға арналған ірі толтырғыш ретінде МБҚ пайдалану тиімділігін бағалау болып табылады.

Мыс балқыту зауытының қождары жоғары тығыздығы ($3,9 \text{ г/см}^3$) мен беріктігіне байланысты жоғары беріктіктегі бетон үшін перспективалы толтырғыш болып табылады. Оны қолдану бетон құрылымын жақсартып, қысу кезіндегі беріктігін және тығыздығын арттырады[4]. Оның негізгі әлеуеті табиғи толтырғыштарды ауыстыруда, материал құнын төмендетуде және қоршаған орта мәселелерін шешуде жатыр, бұл материал құрылыста өте сұранысқа ие.

Мыс балқыту зауытының қожы тығыз құрылымына байланысты жоғары беріктікке ие бетон (жоғары қысу беріктігі) алуға мүмкіндік береді[2]. Қожды пайдалану дәстүрлі толтырғыштармен салыстырғанда бетон қоспасының құнын төмендетеді. Өнеркәсіптік қалдықтарды (қоқты) құрылыс материалдарына қайта өңдеу қоршаған ортаның ластануын азайтады. Қожды, әсіресе түйіршіктелген қожды пайдалану тығыз бетон құрылымын жасайды, бұл оның беріктігін арттырады. Қождың жоғары тығыздығына байланысты бетонның көлемдік тығыздығы 15-20%-ға артады. Мұны іргетас жүктемелерін есептеу кезінде ескеру қажет. Қазіргі заманғы зерттеулер қож құрылымындағы ауыр металдардың шыны фазада сенімді түрде «тығыздалатынын» және шайылып кетпейтінін растайды; дегенмен, кіретін радиациялық және химиялық бақылау міндетті болып табылады. Қождың жоғары қаттылығы бетон араластыру жабдықтарының тез тозуына әкелуі мүмкін.

МБҚ жол бетін тұрақтандыру үшін күрделі байланыстырғыштарды (әкпен бірге) жасау үшін перспективалы компонент болып саналады. МБҚ асфальт-бетон жабындары үшін ұсақталған тас және құм ретінде тиімді қолданылады, жоғары абразивті төзімділікке ие[3].

Мыс балқыту қожы сирек кездесетін жоғары беріктіктегі қиыршық тасқа толыққанды балама болып табылады, бұл өнеркәсіптік қалдықтарды бір уақытта пайдалана отырып, жоғары беріктіктегі қиыршық тастың құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Қождың қасиеттері оны ұсақталған граниттің толық орнын басатын материал ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Төмендегі 1-кестеде МБҚ және ұсақталған граниттің қасиеттерін салыстыру келтірілген.

1-кесте - МБҚ және гранитті қиыршық тастарының қасиеттерінің салыстырмалы кестесі

№	Қасиеті	Мыс балқыту қожы (МБҚ)	Дәстүрлі қиыршық тас (гранит)	Бетон қасиеттеріне әсері
1	Нақты тығыздық, г/см ³	3.3 – 3.9	2.6 – 2.7	Құрылымдардың массивтігін және радиациялық қорғанысын арттырады.
2	Көлемдік тығыздық, кг/м ³	1800 – 2100 жж.	1350 – 1450 жж.	Рецептті қайта есептеуді талап етеді (салмақ бойынша тұтынуды арттыру).
3	Ұсақталуы бойынша маркасы	1000 – 1400 (жоғары)	1000 – 1400	Жоғары сапалы цементке тең беріктік береді.
4	Су сіңіруі, %	0,2 – 0,6	0,2 – 0,5	Суды төмен сіңіру су/цемент қатынасының (W/C) төмен болуын қамтамасыз етеді.
5	Дән пішіні	Негізінен куб тәрізді/сүйір бұрышты	Ұсақталуына байланысты (көбінесе қабыршақ-танады	Бетон қоспасындағы жұмысқа төзімділікті және адгезияны жақсартады.
6	Беттік энергия	Жоғары (дөрекі)	Орташа (жіпшелер тегіс)	Цемент пастасымен адгезияны 15-20%-ға арттырады.
7	Химиялық белсенділік	Әлсіз гидравликалық	Инертті материал	Ұзақ мерзімді перспективада күштің қосымша артуы

МБҚ және дәстүрлі гранитті ұсақталған тастың физикалық, механикалық және химиялық қасиеттеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Әдебиеттерге сүйене отырып, қиыршық тасты МБҚ-мен ішінара немесе толық ауыстыру бетонның беріктігін және аязға төзімділігін арттыра отырып, мыс балқыту аймақтарына қоршаған ортаға әсерін азайтатыны көрсетілді. Басқа көптеген қалдықтардан айырмашылығы, МБҚ конустың отыруын арттырады. Бұл қождың іс жүзінде суды сіңірмеуі (суды аз сіңіруі) және тегіс, шыны беті болуына байланысты болады. Жоғары беріктіктегі

бетон үшін бұл су-цемент қатынасын (С/Ц) азайтуға мүмкіндік береді, бұл ағындылықты жоғалтпай жоғары беріктікке жету үшін өте маңызды [2]. Жоғары беріктіктегі геополимерлерде МБШ, ірі толтырғыш ретінде, кәдімгі ұсақталған тастан гөрі тығыз жанасу аймағын жасайды. Бұл оның химиялық инерттілігі мен бетінің кедір-бұдырлығына байланысты болады, бұл бетон құрылымындағы «әлсіз буын» дегенді жояды [1].

Зерттеу құрылымдардың салмағының артуын ескере отырып, жоғары беріктіктегі композиттерге ірі толтырғышты 100% ауыстыруға болатынын растайды. Құрылыс индустриясының тұрақты даму стратегиясы аясында жасанды шикізатты пайдаланудың жоғары экономикалық тиімділігі көрсетіледі.

Мыс балқыту зауытының қожын жоғары беріктіктегі бетон үшін ірі толтырғыш ретінде пайдалану экономикалық және экологиялық пайданы біріктіретін тиімді шешім болып табылады. Қожды қайта өңдеу табиғи ресурстарды (кұм, ұсақталған тас) үнемдеп қана қоймай, сонымен қатар арзан қосалқы өнімді пайдалану арқылы құрылыс шығындарын азайтады[5].

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аман Дип, Прадип Саркар. Геополимерлі бетонның қасиеттерін жақсарту үшін мыс шлегін пайдалану // Құрылыс және құрылыс материалдары. — 2024. — 453-том.
2. Мишра А. және т.б. Мыс шлегін жоғары беріктіктегі бетонда ұсақ және ірі агрегат ретінде тұрақты қолдану // ResearchGate. — 2026.
3. Шестаков Н.И. және т.б. Жол құрылысында мыс балқыту шлактарын пайдаланудың болашағы // Құрылыс және қайта құру. - 2021/2024
4. Сайытов С.С. және т.б. Алмалық зауытының мыс шлакының материалдық құрамы // Известия ТПУ. — 2023
5. Дир Р.К. және т.б. Тұрақты құрылыс материалдары: мыс қоқысы // ScienceDirect / Woodhead Publishing. — 2024

ҚОҒАМДЫҚ ҒИМАРАТТАРДЫҢ ТІРЕК ҚҰРЫЛЫМДАРЫНА ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУДЫҢ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ

Қазіргі урбанизация жағдайында қоғамдық ғимараттардың конструктивтік шешімдері күрделеніп, олардың пайдалану режимдері айтарлықтай әртараптандырылуда. Бұл өз кезегінде тірек құрылымдарына әсер ететін жүктемелердің сипаты мен қарқындылығының өзгеруіне әкеледі. Әсіресе сауда-ойын-сауық кешендері сияқты көпфункционалды нысандар үшін эксплуатациялық және климаттық факторлардың кешенді әсерін ескеру ерекше маңызға ие.

Соңғы жылдары жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, құрылымдардың істен шығуының негізгі себептерінің бірі – жүктемелердің толық ескерілмеуі және сыртқы әсерлердің ықпалын жеткіліксіз бағалау болып табылады. Осыған байланысты тірек құрылымдарының сенімділігі мен тұрақтылығын ықтималдық-статистикалық және детерминистік әдістер негізінде кешенді бағалау өзекті ғылыми міндет болып табылады.

Осы жұмыстың мақсаты – қоғамдық ғимараттардың тірек құрылымдарына әсер ететін эксплуатациялық жүктемелер мен сыртқы факторлардың ықпалын теориялық тұрғыдан негіздеу және олардың есептік модельдерін талдау.

Жүктемелердің ықтималдық табиғаты және сенімділік критерийлері

Құрылымдардың сенімділігі шекті жағдайлар теориясы аясында қарастырылады және «жүктеме–кедергі» жүйесі арқылы сипатталады. Сенімділік шарты келесі түрде өрнектеледі:

$$P = P(R - S \geq 0) \quad (1)$$

мұндағы, (R) – құрылымның көтергіш қабілеті;

(S) – әсер етуші жүктемелердің жиынтық әсері.

Сенімділік индексі:

$$\beta = \frac{R-S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (2)$$

мұндағы, σ_R, σ_S – сәйкесінше кедергі және жүктеменің стандартты ауытқулары.

Бұл көрсеткіш құрылымның қауіпсіздік деңгейін сипаттайды және жобалау кезінде маңызды критерий болып табылады. Практикада бұл параметрлер статистикалық деректер мен нормативтік коэффициенттер арқылы анықталады.

Эксплуатациялық жүктемелердің есептік модельдері

Қоғамдық ғимараттар үшін уақытша жүктемелердің вариациясы жоғары деңгейде болады, бұл олардың кездейсоқ табиғатын ескеруді талап етеді. Есептік комбинация келесі түрде анықталады:

$$S = \sum \gamma_G G_k + \sum \gamma_Q \psi Q_k \quad (3)$$

мұндағы, G_k, Q_k — жүктемелердің сипаттық мәндері;

γ — сенімділік коэффициенттері;

ψ — үйлесімділік коэффициенті.

Бұл өрнек жүктемелердің бір мезгілде әсер ету ықтималдығын ескеруге мүмкіндік береді және құрылымдардың есептік жағдайын нақтылауға бағытталған.

Эксплуатациялық жүктемелердің ерекшелігі — олардың уақыт бойынша өзгеруі және кейбір жағдайларда локальды шоғырлануы. Бұл әсіресе адамдар көп жиналатын аймақтарда немесе ауыр жабдықтар орналасқан бөліктерде байқалады.

Климаттық факторлардың әсері

Қар жүктемесінің кеңістікте біркелкі таралмауы құрылымдардың кернеулі-деформацияланған күйіне айтарлықтай әсер етеді:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k \quad (4)$$

мұндағы, μ_i — қардың жинақталу коэффициенті, ол шатыр геометриясына және жел әсеріне тәуелді.

Жел жүктемесі динамикалық сипатқа ие және келесі түрде өрнектеледі:

$$W = w_0 \cdot k(z) \cdot c_d \quad (5)$$

мұндағы, $k(z)$ — биіктік бойынша өзгеру коэффициенті;

c_d — динамикалық коэффициент.

Бұл формула қардың шатырда біркелкі таралмауын және жел әсерінен қайта бөлінуін ескеруге мүмкіндік береді. Практикада қардың жиналуы ғимарат геометриясына, шатыр еңістігіне және қоршаған орта жағдайларына байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

Жел жүктемесі де маңызды рөл атқарады, әсіресе биік және ашық кеңістікте орналасқан ғимараттар үшін. Ол құрылымда қосымша тербелістер мен динамикалық әсерлер туғызады.

Температуралық және уақыттық факторлар

Температуралық әсерлер құрылым элементтерінде қосымша деформациялар мен ішкі кернеулердің пайда болуына әкеледі. Әсіресе металл конструкцияларында температураның тәуліктік және маусымдық өзгерістері айтарлықтай әсер етеді.

Сонымен қатар ұзақ уақыт әсер ететін жүктемелер материалдардың қасиеттерінің өзгеруіне себеп болады. Бетон конструкцияларында бұл құбылыс ползучесть және шөгу түрінде байқалады, нәтижесінде конструкцияның қаттылығы төмендеп, деформациялары артады.

Бұл факторлар есептеулерде тікелей формула арқылы емес, көбінесе түзету коэффициенттері мен тәжірибелік тәуелділіктер арқылы ескеріледі.

Тұрақтылық және деформация мәселелері

Сығылған элементтердің тұрақтылығы құрылым қауіпсіздігінің негізгі аспектілерінің бірі болып табылады. Ұзын элементтерде орнықтылықтың жоғалуы кенеттен пайда болуы мүмкін, сондықтан олардың есептік ұзындығын дұрыс анықтау және бекіту шарттарын ескеру маңызды.

Құрылымдардың қызмет ету қабілеті деформациялармен тікелей байланысты. Прогибтердің шамадан тыс болуы тек конструкцияның беріктігіне ғана емес, сонымен қатар ғимараттың пайдалану ыңғайлылығына да әсер етеді.

Практикада деформациялар нормативтік шектермен шектеледі және бұл талаптар пайдаланушылардың қауіпсіздігі мен жайлылығын қамтамасыз етуге бағытталған.

Сыртқы ортаның ұзақ мерзімді әсері

Құрылымдардың сенімділігіне әсер ететін маңызды факторлардың бірі – сыртқы ортаның агрессивті әсері. Ылғалдылық, температураның ауытқуы, химиялық әсерлер және коррозия процестері материалдардың беріктігін төмендетеді.

Ұзақ мерзімді пайдалану барысында бұл факторлар жинақталып, конструкция элементтерінің тозуына және олардың көтергіш қабілетінің біртіндеп төмендеуіне әкеледі.

Сондықтан заманауи жобалауда тек бастапқы беріктік қана емес, сонымен қатар конструкцияның өмірлік цикліндегі өзгерістер де ескерілуі тиіс.

Қорытынды

Жүргізілген талдау қоғамдық ғимараттардың тірек құрылымдарының сенімділігі көпфакторлы сипатқа ие екенін көрсетті. Эксплуатациялық жүктемелердің өзгермелілігі, климаттық әсерлер және материалдардың уақыт бойынша қасиеттерінің өзгеруі құрылымдардың жұмыс қабілетіне айтарлықтай ықпал етеді.

Құрылымдардың сенімділігін арттыру үшін жүктемелердің ықтималдық табиғатын ескеру, есептік модельдерді нақтылау және сыртқы факторлардың ұзақ мерзімді әсерін кешенді түрде талдау қажет.

Бұл тәсілдер ғимараттардың қауіпсіздігін қамтамасыз етіп қана қоймай, олардың пайдалану мерзімін ұлғайтуға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ

1. СП РК EN 1990:2011. Основы надежности строительных конструкций.
2. СП РК EN 1991-1-1:2002. Нагрузки и воздействия.
3. СП РК EN 1992-1-1:2004. Железобетонные конструкции.
4. СП РК EN 1993-1-1:2005. Стальные конструкции.
5. Болотин В.В. Методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1984.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ И АДАПТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Изменение климатических условий на территории Республики Казахстан оказывает всё более заметное влияние на функционирование инженерной инфраструктуры. Колебания температур, рост частоты экстремальных погодных явлений, трансформация гидрологического режима, а также деградация многолетнемерзлых грунтов приводят к снижению надежности коммунальных и технических систем, включая водоснабжение, водоотведение, теплоснабжение и газоснабжение. В этих условиях возрастает значимость оценки их надежности и разработки эффективных механизмов адаптации.

В рамках данного исследования под устойчивостью понимается способность инженерной инфраструктуры сохранять работоспособность и обеспечивать нормативные параметры функционирования при воздействии изменяющихся природно-климатических факторов. Такой подход соответствует требованиям нормативных документов Республики Казахстан (СП РК, СН РК), регламентирующих надежность и безопасность строительных объектов и систем жизнеобеспечения.

Анализ климатических тенденций показывает, что на территории страны наблюдается повышение среднегодовой температуры, сопровождающееся увеличением амплитуды её колебаний. В зимний период фиксируются частые переходы через 0°C , что усиливает процессы морозного пучения и разрушения грунтов основания. В летний период возрастает вероятность засушливых явлений и перегрева элементов инфраструктуры. Основные факторы климатического воздействия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Ключевые климатические факторы и их влияние на инженерную инфраструктуру

Климатический фактор	Проявление	Влияние
Повышение температуры	Рост среднегодовых значений	Ускоренное старение материалов, снижение прочности
Температурные колебания	Частые переходы через 0°C	Повреждение трубопроводов, деформация соединений

Повышение уровня грунтовых вод	Изменение гидрогеологических условий	Подтопление, развитие коррозионных процессов
Экстремальные осадки	Ливни, паводки	Перегрузка систем водоотведения
Засушливые периоды	Дефицит влаги	Снижение эффективности водоснабжения

Согласно СП РК 2.04-01 и другим действующим нормативным документам, при проектировании необходимо учитывать климатические нагрузки, включая температурные, ветровые и снеговые воздействия. Однако действующая нормативная база во многом опирается на исторические данные, что требует её актуализации с учетом современных климатических изменений.

Оценка надежности включает анализ следующих показателей:

- безотказность функционирования;
- долговечность применяемых материалов;
- устойчивость к внешним воздействиям;
- способность к восстановлению после аварийных ситуаций.

Проведённый анализ позволяет выделить основные уязвимости:

1. Значительный износ существующей инфраструктуры.
2. Недостаточный учет современных климатических факторов при проектировании.
3. Ограниченное использование инновационных материалов и технологий.
4. Недостаточный уровень мониторинга и диагностики состояния объектов.

Для повышения надежности предлагается комплекс адаптационных мероприятий (рисунок 1).



Рисунок 1 – Основные направления адаптации инженерной инфраструктуры к климатическим изменениям

- совершенствование нормативной базы с учетом прогнозируемых изменений климата;
- применение материалов, устойчивых к коррозии и температурным деформациям;

- внедрение систем мониторинга и автоматизированного контроля;
- оптимизация схем прокладки коммуникаций с учетом геологических условий;
- повышение качества эксплуатации и технического обслуживания.

Особое значение приобретает использование современных материалов, таких как полиэтиленовые и композитные трубы, обладающие повышенной стойкостью к коррозии и температурным воздействиям. Перспективным направлением является внедрение цифровых решений, обеспечивающих контроль состояния объектов в режиме реального времени.

В современных условиях цифровизация инженерной инфраструктуры становится ключевым направлением повышения её устойчивости. Использование интеллектуальных систем мониторинга позволяет в режиме реального времени отслеживать параметры работы коммуникаций, выявлять отклонения и предупреждать аварийные ситуации.

Особую роль играет применение методов искусственного интеллекта, включая анализ больших данных и машинное обучение, которые позволяют прогнозировать износ элементов систем, оценивать риски отказов и оптимизировать режимы эксплуатации. Интеграция таких решений обеспечивает переход от реактивного обслуживания к превентивному управлению состоянием инженерных сетей.

С учетом резко континентального климата Казахстана адаптационные меры должны учитывать региональную специфику. В северных районах приоритетным является обеспечение морозостойкости, тогда как в южных — устойчивость к засушливым условиям и высоким температурам.

Таким образом, обеспечение надежного функционирования инженерной инфраструктуры требует комплексного подхода, включающего совершенствование нормативной базы, внедрение современных технологий и повышение качества эксплуатации. Реализация предложенных решений позволит снизить риск аварийных ситуаций и повысить устойчивость систем в условиях изменяющегося климата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология».
2. СН РК 4.01-02-2013 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».
3. СН РК 4.01-03-2011 «Водоотведение. Наружные сети и сооружения».
4. Закон Республики Казахстан «О гражданской защите» от 11.04.2014 №188-V.
5. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Казахстан, 2023.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБ С РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ

Тепловая изоляция трубопроводов необходима для того, чтобы снижать величины тепловых потоков. Благодаря защитно-покровной оболочке изоляции, гарантируется сохранность данного слоя в условиях эксплуатации, производя его защиту от большинства факторов внешнего воздействия, которыми являются: атмосферные осадки, ветровые нагрузки и другие.

Перед тем, как выбирается тепловая изоляция трубопроводов, учитываются все их конструктивные особенности, возможность воздействия атмосферных явлений и назначение теплоизоляции.

Для сравнительного анализа температурной характеристики труб принята труба $\varnothing 159\text{мм}$, $L = 1\text{км}$.

Параметры теплоносителя – $150-70^\circ\text{C}$. При этих параметрах для расчета толщины теплоизоляции согласно п. 11.7 МСН 4.02-02-2004 «Тепловые сети» принимается среднегодовая температура в подающем трубопроводе 90°C , в обратном – 50°C .

Расчетный коэффициент теплоотдачи на поверхности теплоизоляции для горизонтальных трубопроводов, проложенных на открытом воздухе, принимается по табл. 2 МСП 4.02-102-99 «Проектирование тепловой изоляции»: $\alpha = 26\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Расчет толщины теплоизоляционного слоя производится по температуре на поверхности изоляции, принимаемой не более 35°C [3, подп. 3.1ж].

Толщина теплоизоляционного слоя, обеспечивающая заданную температуру на поверхности изоляции (3. подп. 3.1ж), определяется:

для цилиндрических объектов диаметром менее 2м толщина теплоизоляционного слоя $\delta_{\kappa, \text{м}}$ определяется по формуле(1):

$$\delta_{\kappa} = \frac{d}{2}(B-1) \quad (1)$$

где B – отношение наружного диаметра изоляционного слоя к наружному диаметру изолируемого объекта, м.

причем B следует определять по формуле 2:

$$B \ln B = \frac{2\lambda_{\kappa}(t_w - t_i)}{\alpha_e d(t_i - t_e)} \quad (2)$$

где B – отношение наружного диаметра изоляционного слоя к наружному диаметру изолируемого объекта, м;

λ_k – теплопроводность теплоизоляционного слоя, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$;

t_w – температура вещества, $^\circ C$;

t_i – температура поверхности изоляции, $^\circ C$;

α_e – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$;

d – наружный диаметр изолируемого объекта, м.

Пенополиуретановая (ППУ) изоляция для теплосетей – это покрытие, позволяющее модернизировать существующие или проложить новые теплотрассы, для соответствия современным нормам строительства.

Полиуретановая пена представляет собой изолирующий материал, изготовленный из смолы и отвердителя, между которыми происходит химическая реакция, которая заставляет пену принимать форму, которая после распределения по поверхности путем прямого отверждения при распылении создает чрезвычайно плотное и прочное покрытие.

Наружный диаметр изоляционного слоя трубы $\varnothing 159$ мм в ППУ изоляции составляет 250 мм. Коэффициент теплопроводности $\lambda_k = 0.0275$ $Вт/(м \cdot ^\circ C)$.

Из формулы (1) следует, что $B = \frac{2\delta_k + d}{d} = \frac{2 \cdot 0.0275 + 0.159}{0.159} = 1.35$ м.

Из формулы (2) выводим формулу нахождения температуры на поверхности изоляции (2.1):

$$t_i = \frac{2\lambda_k \cdot t_w + B \ln B \cdot \alpha_e \cdot d \cdot t_e}{B \ln B \cdot \alpha_e \cdot d + 2\lambda_k} \quad (2.1)$$

Температура на поверхности трубы в ППУ изоляции составляет:

$$t_i = \frac{2 \cdot 0.0275 \cdot 90 + 1.35 \cdot \ln 1.35 \cdot 26 \cdot 0.159 \cdot 4.8}{1.35 \cdot \ln 1.35 \cdot 26 \cdot 0.159 + 2 \cdot 0.0275} = 7,509 \approx 7.5^\circ C.$$

Системы теплоизоляционные универсальные (СТУ) – это изделие для тепловой изоляции трубопроводов, состоящее из сегментов из минераловатной плиты, заключенные в специальную конструкцию полотном или стеклотканью. Рекомендованы для изоляции паропроводов и нефтепроводов, а также теплогидроизоляции трубопроводов отопления.

Наружный диаметр изоляционного слоя трубы $\varnothing 159$ мм в СТУ изоляции составляет 219 мм. Коэффициент теплопроводности $\lambda_k = 0.034$ $Вт/(м \cdot ^\circ C)$.

Из формулы (1) следует, что $B = \frac{2\delta_k + d}{d} = \frac{2 \cdot 0.034 + 0.159}{0.159} = 1.43$ м.

Температура на поверхности трубы в СТУ изоляции по формуле (2.1) составляет:

$$t_i = \frac{2 \cdot 0.034 \cdot 90 + 1.43 \cdot \ln 1.43 \cdot 26 \cdot 0.159 \cdot 4.8}{1.43 \cdot \ln 1.43 \cdot 26 \cdot 0.159 + 2 \cdot 0.034} = 7,455 \approx 7.5^\circ \text{C}.$$

Теплоизоляционная краска представляет собой суспензию из микроскопических, заполненных вакуумом силиконовых и керамических капсул, взвешенных в жидком состоянии в специальном составе, включающем акриловые, каучуковые и иные компоненты. После нанесения и высыхания состава на поверхности трубы образуется тонкая эластичная пленка, обладающая выдающимися термоизоляционными качествами.

Наружный диаметр изоляционного слоя трубы $\varnothing 159\text{мм}$ с теплоизоляционной краской, покрытой в 3 слоя, составляет 162мм. Коэффициент теплопроводности $\lambda_k = 0.0012 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{C})$.

Из формулы (1) следует, что $B = \frac{2\delta_k + d}{d} = \frac{2 \cdot 0.0012 + 0.159}{0.159} = 1.02 \text{ м}.$

Температура на поверхности трубы, покрытой теплоизоляционной краской в 3 слоя, по формуле (2.1) составляет:

$$t_i = \frac{2 \cdot 0.0012 \cdot 90 + 1.02 \cdot \ln 1.02 \cdot 26 \cdot 0.159 \cdot 4.8}{1.02 \cdot \ln 1.02 \cdot 26 \cdot 0.159 + 2 \cdot 0.0012} = 7,18 \approx 7.2^\circ \text{C}.$$

Температура поверхности трубопровода в ППУ изоляции, с наружным диаметром изоляции 250мм составляет 7.5°C . Такое же значение поверхностей труб имеет конструкция СТУ, однако наружный диаметр изоляции меньше, составляет 219мм. Самое меньшее значение поверхности трубопровода имеет покрытие теплоизоляционной краской, 7.2°C . При этом данное покрытие имеет наименьший наружный диаметр по изоляции – 162 мм, так как покрытие краской в 3 слоя составляет 3мм.

Полученные данные позволяют сделать вывод о преимуществах теплоизоляционной краски перед другими теплоизоляционными материалами, так как поверхность трубопровода меньше, что свидетельствует о наименьших потерях тепла с поверхности трубопровода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. МСН 4.02-02-2004 «Тепловые сети»;
2. МСП 4.02-102-99 «Проектирование тепловой изоляции»;
3. СНиП 2.04-14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

НОРМАТИВНЫЕ ПОТЕРИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ТРУБОПРОВОДАМИ НА УЧАСТКЕ СЕТИ

Исходными данными для расчета нормативных потерь тепловой энергии трубопроводами является тепловая сеть диаметром 159 мм, протяженностью 1 км, проложенная надземным способом.

Расчет нормативных потерь тепловой энергии трубопроводами тепловых сетей выполняется по формуле 1:

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{потиз}}^{\text{мес}} + Q_{\text{потут}}^{\text{мес}} \quad (1)$$

где $Q_{\text{потиз}}^{\text{мес}}$ – нормируемые потери тепловой энергии через изоляцию трубопроводов тепловых сетей для расчетного месяца, Гкал/мес;

$Q_{\text{потут}}^{\text{мес}}$ – потери тепловой энергии с нормативной утечкой сетевой воды для расчетного месяца, Гкал/мес.

Нормативные значения тепловых потерь через изоляцию трубопроводов надземной прокладки определяются по формуле 2:

$$\begin{aligned} Q_{\text{потизп}}^{\text{мес}} &= j \cdot q_{\text{п}} \cdot L \cdot 24 \cdot S, \text{ Гкал/мес;} \\ Q_{\text{потизо}}^{\text{мес}} &= j \cdot q_{\text{о}} \cdot L \cdot 24 \cdot S, \text{ Гкал/мес;} \end{aligned} \quad (2)$$

где $Q_{\text{потизп}}^{\text{мес}}$, $Q_{\text{потизо}}^{\text{мес}}$ – нормативные потери тепловой энергии для расчетного месяца соответственно для подающего и обратного трубопроводов участков надземной прокладки, Гкал/мес;

$q_{\text{п}}$, $q_{\text{о}}$ – нормативные значения удельных тепловых потерь соответственно подающего и обратного трубопроводов водяных тепловых сетей при надземной прокладке, равные 36,72 ккал/ч·м и 23,66 ккал/ч·м соответственно [3];

L – длина участка тепловой сети, характеризующегося одинаковым диаметром трубопроводов и типом прокладки, м;

j – коэффициент местных тепловых потерь, учитывающий тепловые потери арматуры, опор и компенсаторов в зависимости от условного диаметра трубопровода и способа прокладки трубопроводов, равный $j=1,2$ при надземной и подземной прокладке (в каналах, тоннелях) трубопроводов диаметром до 150 мм [3];

S – продолжительность расчетного месяца, дней.

В таблице 1 приведены расчетные нормативные параметры сетевой воды по данным ТОО «Теплотранзит Караганда», температура наружного

воздуха для города Караганды по месяцам в отопительный период и поправочные коэффициенты на тепловые потери через изоляцию.

Таблица 1

Таблица нормативных расчетных параметров сетевой воды, температур наружного воздуха и поправочных коэффициентов на тепловые потери через изоляцию (надземная прокладка)

Расчетный месяц, дни	Температура сетевой воды (нормативная), °С		Температура наружного воздуха, °С	Поправочный коэффициент на потери	
	Прямая	Обратная		K_p	K_o
Январь, 31	102,6	56,5	-13,6	1,261	1,25
Февраль, 28	101,9	56,3	-13,2	1,249	1,24
Март, 31	86,1	50,5	-6,6	1,006	1,019
Апрель, 30	70,3	46,3	5,8	0,70	0,722
Октябрь, 31	70,4	45,7	4,1	0,72	0,742
Ноябрь, 30	82,8	48,9	-4,8	0,951	0,958
Декабрь, 31	97,3	54,6	-11	1,175	1,17
Средняя температура за отопительный период	87,34	51,26	-4,8	1,0	1,0

Температуры воды в трубопроводах приняты для температурного графика $T_1 - T_2 = 120 - 70^\circ\text{C}$ (нормативная).

Поправочный коэффициент K определяется по формуле 3:

$$K = (t_{п,о}^{ср.м} - t_{н}^{ср.м}) / (t_{п,о}^{ср.г} - t_{н}^{ср.г}) \quad (3)$$

где $t_{п,о}^{ср.м}$ – средняя месячная температура сетевой воды по подаче и обрату соответственно, °С;

$t_{н}^{ср.м}$ – средняя месячная температура наружного воздуха, °С [2];

$t_{п,о}^{ср.г}$ – средняя годовая температура сетевой воды по подаче и обрату соответственно, °С;

$t_{н}^{ср.г}$ – средняя годовая температура наружного воздуха, равная $-4,8^\circ\text{C}$ для г.Караганды [2].

Нормируемые утечки воды из трубопроводов тепловых сетей и внутренних систем отопления, определяется по формуле 4:

$$G_{ут} = (V_{сети} + V_{сист}) \cdot 0,0025 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4)$$

где $V_{сети}$ – объем воды в трубопроводах тепловых сетей, определяется по формуле 5;

$V_{\text{сист}}$ – объем воды в системах теплоснабжения (в данном случае не учитывается, так как утечки из систем теплоснабжения регистрируются установленными приборами учета расхода тепловой энергии).

$$V_{\text{сети}} = L \cdot V_{\text{уд}} \quad (5)$$

где L – протяженность трубопровода определенного диаметра, км;

$V_{\text{уд}}$ – удельный объем воды в трубопроводах тепловой сети, равный 8 м³/км для трубы диаметром 150мм, [3].

В таблице 2 представлены итоговые потери тепловой энергии через изоляцию и с утечками воды по месяцам года.

Таблица 2

Сводная таблица потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками воды по месяцам года

Месяц	Потери тепловой энергии через изоляцию, Гкал/мес	Потери тепловой энергии с утечками воды, Гкал/мес	Общие потери тепловой энергии, Гкал/мес	Расход воды на подпитку, м ³ /мес
Январь	67,692	2,219	69,911	29,76
Февраль	60,596	1,992	62,588	26,88
Март	54,464	1,884	56,348	29,76
Апрель	36,940	1,535	38,475	28,8
Октябрь	39,248	1,579	40,827	29,76
Ноябрь	49,717	1,752	51,469	28,8
Декабрь	63,186	2,111	65,297	29,76
Итого:	371,842	13,072	384,914	203,52

Представленные в таблице 2 результаты расчёта показывают, что труба диаметром 159 мм и протяжённостью 1км без теплоизоляционного покрытия теряет большое количество тепловой энергии. Такие значительные потери ведут к дополнительным эксплуатационным расходам, ухудшению энергоэффективности системы.

Правильно подобранное теплоизоляционное покрытие позволяет не только существенно снизить теплотери, но и обеспечить надёжную работу всей системы при минимальных затратах. Если изоляция отсутствует или повреждена, требуется её оперативная реконструкция, что является обязательной мерой для поддержания оптимальных эксплуатационных характеристик трубопровода и экономии энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Пособие к МСН 4.02-02-2004 «Тепловые сети»
2. СП РК 2.04.01-2017 «Строительная климатология»
3. Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хижа Э.Б. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы совершенствования системы контроля качества в сфере транспортного строительства. Особое внимание уделено методологии оценки рисков на разных этапах жизненного цикла транспортных объектов. Обосновывается, внедрение риск-ориентированного подхода (РОП), который позволяет оптимизировать использование ресурсов, повысить безопасность объектов и минимизировать вероятность возникновения дефектов.

Ключевые слова: транспортное строительство, контроль качества, риск-ориентированный подход, мониторинг.

Методология риск-ориентированного подхода в строительстве базируется на использовании принципов управления риском в общей системе контроля качества. Как отмечается в различных исследованиях, для обеспечения эффективности работы системы контроля качества необходимо устранять первичные причины возникновения брака, а не выявлять их, когда он уже допущен [1].

В транспортном строительстве риск состоит из двух величин: вероятности нарушения обязательных требований (технических регламентов, проектной и рабочей документации) и тяжести потенциальных последствий такого нарушения. Выделяют несколько уровней реализации РОП:

1. Нормативно-правовой уровень: установление государством категорий объектов, разработка нормативных документов;
2. Организационно-технологический уровень: управление рисками непосредственно на строительной площадке [2].

Развитие методологии предполагает переход от статичной оценки рисков (на этапе получения разрешения на строительство) к динамической, учитывающей текущее состояние объекта и добросовестность участников процесса.

В транспортном строительстве риски распределены неравномерно по этапам реализации проекта. Определим основные группы факторов риска:

1. Геотехнические риски: ошибки в инженерно-геологических изысканиях, приводящие к неравномерной осадке опор мостов или деформации дорожного полотна.
2. Технологические риски: нарушение температурно-влажностного режима при производстве бетонных работ, несоблюдение технологии уплотнения слоев дорожной одежды [1].

3. Эксплуатационные риски: износ конструкций вследствие превышения расчетных нагрузок от транспортных потоков.

Для оценки этих факторов применяется матричный метод. Например, вероятность дефекта сварного шва на металлической ферме моста может быть оценена как средняя, но тяжесть последствий (обрушение пролета) будет высокой. Следовательно, данный узел попадает в зону максимального контроля.

Развитие методологии контроля невозможно без применения современных средств автоматизации. Технологии информационного моделирования (ТИМ/BIM) позволяют создавать «цифровых двойников» транспортных объектов, в которые закладываются параметры допустимых отклонений.

В научных работах, анализирующих качество в строительстве, подчеркивается роль мониторинга сооружений [1], [2]. Для транспортного строительства это выражается в создании Систем мониторинга инженерных конструкций (СМИК). Датчики, установленные на ответственных элементах (опорах, вантах, пролетах), передают данные в режиме реального времени. Если показатели напряженно-деформированного состояния выходят за рамки расчетных, система автоматически сигнализирует о повышении уровня риска, что инициирует внеплановую проверку.

Внедрение риск-ориентированной методологии контроля качества также позволяет достичь значительной экономии на этапе эксплуатации сооружения.

Статистика показывает, что применение РОП и цифровых инструментов контроля на этапе строительства позволяет снизить затраты на последующие капитальные ремонты на 15–20% за счет исключения скрытых дефектов [1]. С социальной точки зрения, это выражается в снижении аварийности на дорогах и повышении связности территорий страны.

В итоге можно сказать, что переход к риск-ориентированному подходу в транспортном строительстве — это не просто изменение регламентов проверок, а глубокая трансформация всей методологии контроля качества.

Для дальнейшего развития данного направления необходимо совершенствование отраслевых стандартов оценки рисков и более глубокая интеграция аналитических систем в процессы надзора. Это позволит обеспечить не только надежность транспортной инфраструктуры, но и технологический суверенитет строительной отрасли.

Список использованных источников

1. Научный интернет-журнал «Вестник евразийской науки»: [сайт] – URL: <https://esj.today/PDF/05FAVN125.pdf> (дата обращения 31.03.2026). – Текст электронный;
2. Научный интернет-журнал «Вестник евразийской науки»: [сайт] – URL: <https://esj.today/PDF/10SAVN223.pdf> (дата обращения 31.03.2026). – Текст электронный.

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ

Если говорить о мостовых сооружениях на Крайнем Севере и приравненных территориях, они работают в крайне жёстких условиях. Низкие температуры, постоянные перепады влажности плюс агрессивное действие противогололедных реагентов — всё это серьёзно сокращает ресурс традиционных материалов. Сталь и бетон в таких условиях быстро теряют свои свойства, а значит, затраты на ремонт и обслуживание растут.

Поэтому сегодня активно ищут альтернативные решения. И один из наиболее перспективных вариантов — полимерные композитные материалы (ПКМ). Они позволяют эффективно усиливать существующие конструкции и выполнять ремонт даже в сложных климатических условиях.

Чтобы получать качественные элементы мостового каркаса, используются современные технологии. Среди них выделяются вакуумная инфузия и пултрузия.

Вакуумная инфузия — это метод, позволяющий изготавливать крупногабаритные детали из композитов. Суть в том, что сухие армирующие материалы пропитываются низковязкой смолой под вакуумом. Используется герметичная форма с вакуумной плёнкой — оттуда откачивается воздух, создаётся разряжение, и материал равномерно пропитывается.

По оценкам, срок службы мостов, построенных с применением вакуумной инфузии, может достигать 100 лет без необходимости капитального ремонта. Экономический эффект тоже очевиден: снижаются трудозатраты на сборку и себестоимость производства.

Пултрузия — это уже технология непрерывного производства профилей. Армирующие волокна проходят через ванну со смолой, затем формуются и проходят через нагретую матрицу, где происходит отверждение (Рис. 2).



Рисунок 2 — Технологические процессы производства полимерных композитов для мостостроения: схема вакуумной инфузии и пултрузии

Первое — снижение массы. Конструкции из композитов заметно легче, а это упрощает монтаж и снижает нагрузку на старые фундаменты. Особенно это важно для северных районов с вечномёрзлыми или ослабленными грунтами. Меньший вес — это ещё и меньший риск дополнительных деформаций и более высокая общая устойчивость сооружения.

Второе — стойкость к коррозии. Металл и бетон в классическом мостостроении страдают от коррозии и разрушаются из-за циклов заморозки-оттаивания. А композиты ведут себя иначе: они инертны к влаге и реагентам, сохраняют прочностные характеристики без структурных дефектов.

Третье — электроизоляционные свойства. Композиты не проводят ток, а значит, исключается развитие гальванической коррозии. Плюс это дополнительный фактор безопасности, особенно в условиях, когда на дорожном полотне много соли. Если обратиться к практике, эффективность полимеркомпозитов в сложных климатических условиях подтверждается многолетним опытом.

Один из первых значимых проектов в России — использование композитных накладок для усиления рельсовых стыков. Началось это ещё в 1993 году на магистралях с суровым климатом. Такие накладки позволили повысить усталостную прочность соединений и снизить вибрационные нагрузки на опоры мостов.

С 2010 года активно развивается другое направление — цельнокомпозитные пролётные строения. Это решётчатые фермы из пултрузионных стеклопластиков. Они уже успешно работают в северных широтах, выдерживают морозы и высокую влажность. Низкая теплопроводность и устойчивость к агрессивным средам дают стабильные эксплуатационные показатели, а межремонтные периоды значительно увеличиваются (Рис. 3).



Рисунок 3 – Пример мостовой конструкции в северных условиях

Модули из композитных профилей длиной до 24 метров позволяют создавать конструкции с высокими прочностными характеристиками и при этом адаптировать их под северную специфику — теплозащиту, устойчивость к механическим повреждениям. Но, несмотря на доказанную эффективность, широкому внедрению композитов мешает один серьёзный барьер — несовершенство нормативно-технической базы. Действующие стандарты, хотя и допускают применение композитных материалов, не в полной мере учитывают климатические нагрузки, характерные именно для северных территорий, и особенности эксплуатации в этих регионах.

Накопленный опыт и систематические исследования в разных регионах России, включая северные территории Сибири и Поволжья, показывают растущий интерес к этой сфере. И если объединить усилия научных институтов, промышленных предприятий и органов управления, можно эффективно снять существующие барьеры и расширить возможности применения ПКМ.

В итоге это позволит обеспечить надёжность инфраструктуры даже при самых жёстких климатических вызовах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вакуумная инфузия - технология изготовления стеклопластика [Электронный ресурс]. – URL : www.drive2.ru (Дата обращения: 22.03.2026).
2. Особенности строительства мостов в северных регионах [Электронный ресурс]. – URL : mostopnel.ru (Дата обращения: 22.03.2026).
3. Полимерные композиты в транспортном строительстве [Электронный ресурс]. – URL : <http://vestkhimprom.ru/posts/polimernye-kompozity-v-transportnom-stroitelstve-i-mostostroenii> (Дата обращения: 23.03.2026).
4. Особенности содержания мостов и труб в суровых климатических условиях [Электронный ресурс]. – URL : <https://studfile.net/preview/7804244/page:9> (Дата обращения: 24.03.2026).

АРХИТЕКТУРА СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ: ФОРМА, ФУНКЦИИ И ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

В условиях современного урбанизированного пространства спортивные сооружения приобретают всё более значимую роль. Они выступают не только как площадки для физической активности, но и как элементы, формирующие социальную и пространственную структуру города. Расширение интереса к здоровому образу жизни усиливает требования к качеству архитектурных решений, что делает проектирование спортивных объектов актуальной задачей. Дополнительно следует отметить, что развитие спортивной инфраструктуры напрямую связано с повышением уровня жизни населения и формированием устойчивых городских сообществ. Наличие доступных спортивных объектов способствует популяризации физической активности среди различных возрастных групп.

Необходимость создания безопасной, функциональной и комфортной среды обуславливает комплексный подход к архитектуре спортивных сооружений. В данном контексте особое значение приобретают планировочные решения, конструктивные особенности зданий и их влияние на физиологическое состояние человека. Кроме того, важным становится учёт климатических условий региона, плотности городской застройки и транспортной доступности объектов.

Архитектурная форма спортивных объектов определяется сочетанием функционального назначения и технических возможностей. Крупные сооружения, такие как стадионы, представляют собой сложные инженерные системы, где ключевыми аспектами являются организация больших пространств без опор, расчёт нагрузок и создание комфортных условий для зрителей. При этом важным фактором становится интеграция объекта в городскую среду, его визуальная связь с окружающей застройкой и ландшафтом.

Современные подходы к проектированию предполагают использование инновационных строительных материалов. Металлические каркасы, стеклянные ограждающие конструкции и композитные элементы обеспечивают надёжность, долговечность и выразительность архитектурного облика. При этом значительное внимание уделяется снижению энергопотребления и внедрению экологически ориентированных технологий. Дополнительно применяются технологии энергоэффективных фасадов и интеллектуальных инженерных систем, позволяющих оптимизировать эксплуатационные расходы.

Для спортивных залов и фитнес-центров характерна иная специфика. В этих объектах приоритетом становится гибкость внутреннего пространства, позволяющая адаптировать его под различные виды физической активности. Также важным является создание визуально комфортной среды, способствующей мотивации пользователей к регулярным занятиям.

Рациональная планировка является основой эффективного функционирования спортивного сооружения. Пространственная структура формируется с учётом разделения на основные и вспомогательные зоны, что позволяет оптимизировать процессы эксплуатации. Существенное значение имеет распределение потоков пользователей. Разделение маршрутов движения спортсменов, посетителей и персонала способствует повышению удобства и снижению вероятности возникновения конфликтных ситуаций. Дополнительно учитываются вопросы логистики обслуживания, включая доставку оборудования и организацию технических помещений.

Важную роль играет также логика размещения ключевых элементов: - входных зон, раздевалок и мест отдыха. Их доступность и удобство использования напрямую влияют на общее восприятие спортивного объекта.

В фитнес-центрах особое внимание уделяется эргономике. Оптимальное расположение оборудования, соблюдение дистанций между функциональными зонами и удобство доступа напрямую влияют на безопасность и эффективность тренировочного процесса. Кроме того, важно учитывать психологический комфорт пользователей, включая цветовые решения интерьеров и уровень естественного освещения.

Одним из базовых требований к спортивным объектам является обеспечение безопасности. Она рассматривается как в контексте чрезвычайных ситуаций, так и в повседневной эксплуатации здания. Современные стандарты требуют комплексного подхода, включающего как технические, так и организационные меры.

Проектирование предусматривает наличие достаточного количества эвакуационных выходов, систем оповещения и противопожарной защиты. При выборе строительных материалов учитываются их эксплуатационные характеристики и безопасность для человека. Дополнительно внедряются системы видеонаблюдения и контроля доступа, повышающие общий уровень защищённости объекта.

Внутренние покрытия в спортивных помещениях должны обладать противоскользящими и амортизирующими свойствами. Немаловажную роль играют инженерные системы - освещение и вентиляция, которые влияют не только на комфорт, но и на уровень безопасности. Регулярное техническое обслуживание этих систем является обязательным условием их эффективной работы.

Качество архитектурной среды оказывает прямое воздействие на физическую активность и общее состояние пользователей. Применение естественного света способствует снижению утомляемости и улучшению психоэмоционального состояния. Также доказано, что правильно организованное освещение повышает концентрацию и снижает риск ошибок при выполнении упражнений.

Микроклимат помещения формируется за счёт температуры, влажности и воздухообмена. Для различных типов нагрузок требуются разные температурные условия: при интенсивной активности предпочтительны более низкие значения (16–20 °С), тогда как при умеренных нагрузках комфортной считается температура 18–22 °С. Оптимальный уровень влажности составляет 40–60%. Качественная система вентиляции обеспечивает постоянное обновление воздуха, что особенно важно при высокой заполняемости помещений.

Искусственное освещение должно обеспечивать достаточную яркость и равномерность (в среднем 300–500 люкс), исключая появление бликов и резких теней. Дополнительно учитываются акустические характеристики помещения, поскольку уровень шума влияет на концентрацию и работоспособность. Использование звукопоглощающих материалов позволяет создать более комфортную акустическую среду.

Рациональная организация пространства и продуманное размещение оборудования способствуют снижению травматизма и повышению эффективности тренировок. Также важным фактором является наличие зон восстановления и отдыха, способствующих снижению физической нагрузки.

Архитектура спортивных сооружений представляет собой сложную систему, в которой объединяются инженерные решения, функциональная организация и требования к комфорту человека. Грамотно спроектированные объекты обеспечивают безопасные условия эксплуатации, способствуют повышению результативности занятий и положительно влияют на здоровье населения. Дополнительно следует подчеркнуть, что такие объекты становятся центрами социальной активности, объединяющими людей и способствующими развитию городской культуры.

Таким образом, спортивные сооружения становятся важным элементом городской инфраструктуры, формируя среду, ориентированную на поддержание физической активности и улучшение качества жизни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Аристова, Л. В. *Физкультурно-спортивные сооружения : учеб. пособие* / Л. В. Аристова. - М. : СпортАкадемПресс, 2001. - 336 с.
2. Зверинцев, С. П. *Архитектура спортивных сооружений* / С. П. Зверинцев. - М. : Госстройиздат, 1938. - 248 с.
3. СП РК (СНиП РК). *Строительные нормы и правила Республики Казахстан. Спортивные сооружения.* — Астана : Комитет по делам строительства, 2015. - 120 с.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Современное развитие строительной науки и практики характеризуется активным внедрением цифровых технологий, формированием цифровой экономики и интеграцией методов искусственного интеллекта в процессы проектирования, анализа и эксплуатации зданий. В этих условиях особую актуальность приобретает совершенствование подходов к оценке несущей способности монолитных железобетонных конструкций жилых зданий, а также разработка научно обоснованных методов их восстановления с учетом фактического технического состояния и условий эксплуатации.

Монолитные железобетонные конструкции широко применяются в современном жилищном строительстве благодаря их высокой пространственной жесткости, технологичности и долговечности. Однако в процессе эксплуатации такие конструкции подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов, включая переменные и длительные нагрузки, температурно-влажностные деформации, агрессивные среды, а также техногенные воздействия. Это приводит к постепенному снижению их несущей способности, развитию дефектов и повреждений, а в отдельных случаях — к возникновению аварийных ситуаций.

Классические методы оценки несущей способности железобетонных конструкций базируются на нормативных расчетах по предельным состояниям и результатах инженерных обследований. При этом расчетные модели, как правило, предполагают ряд допущений, упрощающих реальную работу конструкции. В частности, ограничено учитываются нелинейные свойства материалов, перераспределение усилий, влияние трещинообразования и деградации характеристик бетона и арматуры во времени. Это приводит к необходимости введения значительных коэффициентов запаса, что снижает экономическую эффективность проектных решений.

В условиях цифровизации строительной отрасли происходит переход к принципиально новому уровню анализа, основанному на использовании цифровых моделей и интеллектуальных алгоритмов обработки данных. Одним из ключевых инструментов является технология информационного моделирования зданий, позволяющая создавать комплексные цифровые представления объектов строительства. Цифровой двойник конструкции объединяет в себе геометрические параметры, характеристики материалов,

данные о нагрузках и результаты мониторинга, обеспечивая целостное представление о состоянии объекта.

Особенностью цифрового подхода является возможность непрерывного обновления модели на основе данных, поступающих в процессе эксплуатации. Это позволяет учитывать фактическое напряженно-деформированное состояние конструкции, а также своевременно выявлять отклонения от проектных параметров. В отличие от традиционных методов, основанных на периодических обследованиях, цифровой мониторинг обеспечивает переход к непрерывному контролю состояния конструкций.

Существенную роль в развитии данного направления играет применение методов искусственного интеллекта, включая машинное обучение и нейронные сети. Данные методы позволяют анализировать большие объемы разнородной информации, включая результаты расчетов, данные мониторинга, изображения дефектов и исторические данные эксплуатации. На основе этого формируются модели, способные выявлять скрытые закономерности и прогнозировать поведение конструкций при различных сценариях нагружения.

Одним из наиболее перспективных направлений является прогнозирование остаточного ресурса железобетонных конструкций. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет учитывать комплекс факторов, влияющих на долговечность, включая интенсивность нагрузок, условия эксплуатации, степень поврежденности и скорость развития дефектов. Это обеспечивает возможность перехода от нормативной оценки срока службы к индивидуализированному прогнозированию, основанному на фактических данных.

Особое значение приобретает автоматизация процессов диагностики технического состояния конструкций. Современные технологии, такие как лазерное сканирование, фотограмметрия и использование беспилотных летательных аппаратов, позволяют получать высокоточные данные о геометрии объектов и наличии дефектов. В сочетании с алгоритмами компьютерного зрения это обеспечивает автоматическое распознавание трещин, деформаций, зон коррозии и других повреждений с высокой степенью достоверности.

Анализ полученных данных позволяет не только фиксировать текущее состояние конструкции, но и оценивать динамику развития дефектов. Это является важной предпосылкой для принятия обоснованных решений о необходимости проведения ремонтно-восстановительных мероприятий. При этом использование цифровых моделей позволяет моделировать различные варианты восстановления и оценивать их эффективность еще на стадии проектирования.

Методы восстановления монолитных железобетонных конструкций включают широкий спектр технологий, таких как усиление сечений, применение внешнего армирования, использование композитных

материалов, а также инъекционные методы восстановления трещин и дефектов. В условиях цифровизации данные методы могут быть интегрированы в общую систему управления жизненным циклом здания, что позволяет учитывать не только текущие, но и прогнозируемые изменения состояния конструкции.

Применение искусственного интеллекта в задачах выбора методов восстановления позволяет оптимизировать проектные решения с учетом множества критериев. К числу таких критериев относятся стоимость работ, продолжительность ремонта, технологическая реализуемость, а также ожидаемый срок службы после восстановления. Интеллектуальные системы способны проводить многокритериальный анализ и формировать рекомендации, обеспечивающие наилучшее соотношение эффективности и затрат.

Важным аспектом является также возможность интеграции систем мониторинга с системами управления зданием, что обеспечивает автоматизацию процессов эксплуатации. В рамках концепции «умного здания» данные о состоянии конструкций могут использоваться для принятия управленческих решений в режиме реального времени, включая ограничение нагрузок, планирование ремонтов и предупреждение аварийных ситуаций.

Кроме того, особое внимание должно уделяться вопросам достоверности и полноты исходной информации. Качество цифровых моделей напрямую зависит от точности данных, используемых при их формировании. В этой связи важным является развитие методов неразрушающего контроля и мониторинга, обеспечивающих получение объективной информации о состоянии конструкций.

Таким образом, внедрение цифровых технологий и методов искусственного интеллекта в процессы оценки несущей способности и восстановления монолитных железобетонных конструкций представляет собой важное направление развития современной строительной науки. Данные подходы позволяют повысить точность анализа, сократить сроки принятия решений, оптимизировать затраты и обеспечить высокий уровень безопасности эксплуатации жилых зданий. В условиях реализации стратегии цифровизации данное направление приобретает стратегическое значение и формирует основу для перехода к интеллектуальным системам управления жизненным циклом объектов капитального строительства.

Список литературы

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
2. Байков В.Н. Железобетонные конструкции – М.: АСВ, 2018.
3. Мальганов А.И. Усиление железобетонных конструкций – М.: Стройиздат, 2019.
4. ACI. ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОЛГОВЕЧНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Современное проектирование мостовых конструкций смещает фокус с обеспечения начальной прочности на управление долговечностью в течение всего жизненного цикла, который может достигать 100 лет и более. Ключевым требованием становится адаптация к климатическим изменениям, которые ускоряют деградацию материалов. Инфраструктурные объекты неизбежно подвергаются деградации с течением времени, и изменение эксплуатационных условий, выражающееся в росте температур, повышении влажности и агрессивном воздействии хлоридов, сульфатов и др. агрессивных компонентов среды способно значительно ускорить эти процессы. В связи с этим ситуация требует внедрения риск-ориентированного подхода на этапе проектирования [1].

Коррозия остаётся основным механизмом разрушения как стальных, так и железобетонных конструкций. Существует двухэтапная система оценки жизненного цикла, которая указывает сценарии изменения параметров эксплуатационной среды со скоростью деградации материалов. Для сталежелезобетонных мостов моделируется потеря сечения элементов, причём в наиболее суровом климатическом сценарии скорость коррозии стали может увеличиться на треть. Для мостов из предварительно напряжённого железобетона моделирование проникновения хлоридов в бетон показывает, что при экстремальном потеплении концентрация агрессивных ионов на глубине арматуры может вырасти более чем на 60%, что существенно сокращает срок службы конструкции увеличивая кинетику коррозионных процессов [1].

В России активно развиваются технологии по созданию коррозионностойкой арматуры. Полимерная композитная арматура изготавливается из стеклопластика, углепластика и других композитных материалов, не подвергается коррозии и обладает высоким сопротивлением усталости. Ещё одним из отечественных решений в пользу защиты арматуры от коррозии является применение оцинкованного покрытия. Оцинкование предполагает нанесение цинкнаполненных грунтовок с высоким содержанием цинкового порошка (86% и более). Такое покрытие обеспечивает электрохимическую защиту стали. Цинк, будучи более активным металлом, корродирует первым, предохраняя стальную основу арматуры от разрушения. Оцинкованная арматура устойчива к таким факторам окружающей среды, как влага, противогололёдные реагенты и перепады температур, что продлевает срок службы мостов [2]. Технология соответствует российским нормативам и является доступнее некоторых

альтернативных решений, например, полимерной композитной арматуры, что делает её хорошим выбором для применения в строительстве мостовых сооружений с упором на долговечность.

Не менее значимым направлением в повышении долговечности конструкций является улучшение системы управления их состоянием. С помощью цифровых двойников для мостов можно отслеживать напряжённо-деформированное состояние, прогнозировать развитие дефектов и оптимизировать графики ремонтных работ в реальном времени с использованием цифровой модели, которая регулярно актуализируется. Такой подход к обслуживанию способен не только продлить срок службы мостового сооружения, но и сделать эксплуатацию выгоднее [3].

Важно уделять внимание выбору интервалов профилактических работ. Затраты и экологический ущерб минимальны при оптимальной периодичности работ. Слишком редкие ремонты могут привести к тому, что накопятся необратимые повреждения, и потребуются дорогостоящая замена несущих элементов. Это резко увеличит финансовые издержки и уровень углеродного следа. Слишком частые ремонты невыгодны по аналогичным причинам [1]. В регионах с высокой сейсмической активностью применение современных систем сейсмозащиты, таких как сейсмоизолирующих опор и специальных демпфирующих устройств, является обязательным условием обеспечения долговечности конструкции. Благодаря таким технологиям конструкция способна демпфировать опасные колебания, что снижает риск накопления необратимых повреждений и поддерживает функциональность моста после значительного сейсмического воздействия, даже после сильного землетрясения [4].

Перечисленные направления в совокупности формируют комплексный подход, в рамках которого долговечность рассматривается как динамически регулируемое свойство, а не запас прочности. Проектирование нацелено на достижение баланса между безопасностью, экономичностью и экологической устойчивостью на протяжении всего жизненного цикла мостового сооружения при любых нагрузках и климатических воздействиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кочетков, А.В. Риск-ориентированный подход при эксплуатации мостов [Электронный ресурс] / А.В. Кочетков, Ш.Н. Валиев // Транспорт Российской Федерации. – 2024. – № 4. – С. 25–29. – URL: <https://rostransport.elpub.ru/jour/article/view/215> (дата обращения: 18.03.2026).
2. Применение цинконаполненных грунтовок ЦВЭС при строительстве мостов [Электронный ресурс] // VMP-Anticor: официальный сайт компании ВМП. — URL: <https://vmp-anticor.ru/publishing/2011-year/395/> (дата обращения: 19.03.2026).
3. Чаплин И. В., Паторняк А. В., Ефимов С. В. Совершенствование системы эксплуатации искусственных сооружений за счёт применения цифровых двойников на примере железнодорожного моста [Электронный ресурс] // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2025. — № 3. — С. 831–838. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sistemy-ekspluatatsii-iskusstvennyh-sooruzheniy-za-schet-primeneniya-tsifrovyyh-dvoynikov-na-primere> (дата обращения: 20.03.2026).
4. Seismic protection methods for bridge structures [Электронный ресурс] / ZZSZRB. — 2026. — URL: <https://zzszrb.chd.edu.cn/en/oa/DArticle.aspx?type=view&id=202601008> (дата обращения: 19.03.2026).

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Статья представляет собой систематизированный анализ состояния и перспектив применения полимерных композиционных материалов и охватывает ключевые аспекты, начиная с описания основных типов материалов и их фундаментальных преимуществ. В статье детально проанализированы основные технологические и экономические вызовы, сдерживающие массовое внедрение. В заключительной части сформулированы перспективные тенденции развития отрасли.

Современные требования к транспортной инфраструктуре, среди которых можно выделить снижение нагрузок и минимизацию затрат на обслуживание, стимулируют поиск и внедрение новых материалов. В отличие от традиционных стали и железобетона, полимерные композитные материалы (ПКМ), также известные как FRP (Fiber-Reinforced Polymers), на основе стеклянных (GFRP), углеродных (CFRP) или арамидных (AFRP) волокон стали легитимной альтернативой. Однако их интеграцию в дорожное хозяйство сдерживают технологические, экономические и нормативные барьеры, создавая разрыв между доказанным потенциалом и массовым применением. Основной движущей силой внедрения ПКМ стал комплекс их уникальных преимуществ за счет синергии высокопрочных волокон, воспринимающих нагрузки, и полимерной матрицы, которая связывает их, распределяя усилия и обеспечивая защиту [1, 2].

Одно из наиболее ярких направлений — это создание принципиально новых конструктивных элементов. Речь идет о сборных модульных системах и плитах на основе композитных сэндвич-панелей. Их уникальное преимущество — экстремально низкий вес при высокой жесткости. В практике содержания дорог это открывает возможности для мгновенного ремонта: просадка или повреждение полотна могут быть устранены за считанные часы путем установки готовой композитной плиты, которая сразу же готова воспринимать нагрузку. Для временных дорог и объездов такое решение уже доказало эффективность, минимизируя простои. ПКМ позволяют перейти от длительных процессов реконструкции к оперативному модульному восстановлению, меняя саму логику эксплуатации инфраструктуры. [4]

Другое фундаментальное направление, активно развивающееся и освещаемое в исследованиях, — это модификация самого асфальтобетонного покрытия на микроуровне. Здесь полимерные композиты выступают не в форме готовых изделий, а как дисперсная или

волокнистая добавка, вводимая в состав смеси. Хаотичная сетка волокон сдерживает рост микротрещин и повышает вязкость разрушения. На практике это выражается в значительном повышении сопротивления колееобразованию в жаркую погоду и улучшении низкотемпературной трещиностойкости. ПКМ в этом контексте становятся инструментом тонкой настройки реологических свойств материала под конкретные климатические и нагрузочные условия, а не просто стандартные составы [3].

Широкомасштабному внедрению ПКМ препятствует ряд серьезных вызовов. Прежде всего это поведение при пожаре и высоких температурах. Полимерная матрица является горючим материалом и теряет прочность при температурах 150-250°C. Второй барьер — характер разрушения. В отличие от пластичной стали, многие композиты ведут себя хрупко, и их отказ может носить внезапный характер. (Рис.1.) Третья проблема носит экономический характер. Высокая начальная стоимость сырья и трудоемкость некоторых процессов ручного формования часто требуют высоких вложений. Эффективность ПКМ достигается за счёт экономии на жизненном цикле, однако обосновать его в текущем бюджете сложно. Наконец, существуют нормативные и прогностические пробелы: база для проектирования отстает от практики, а отсутствие статистически подтвержденных данных о поведении материалов в реальных условиях в течение 50-100 лет (особенно под длительной нагрузкой, в условиях УФ-излучения и циклического замораживания-оттаивания) создает обоснованный консерватизм у проектировщиков и заказчиков. [1]

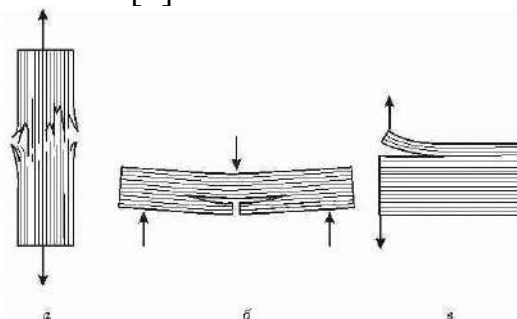


Рис.1. Разрушение композитных материалов: а – щеткообразное, б – продольное, в – межслойное растрескивание [Источник: <https://present5.com/modeliro-texnologiya>]

В качестве ключевого вектора развития будущего стоит рассмотреть перспективу интеллектуализации дорожной одежды с использованием композитов. В композитные элементы, сэндвич-панели или модифицированные волокна, могут быть интегрированы оптоволоконные сенсоры, которые в реальном времени отслеживают деформации, температуру и зарождение дефектов. Это позволяет перейти от реактивного обслуживания к предиктивному: система заранее сигнализирует о проблеме, давая возможность устранить ее точно и с минимальными затратами. Таким образом, ПКМ становятся физическим носителем

цифровых технологий и основой киберфизических систем в инфраструктуре. [5].

Второй мощный тренд — экологизация: использование вторичного сырья и разработка биоразлагаемых либо перерабатываемых матриц. Автоматизация производства повышает стабильность качества и снижает затраты. Углублённое изучение долговечности и создание прогнозных моделей позволят интегрировать ПКМ в нормативную базу, превратив их из экзотики в стандартный инструмент инженера.

Полимерные композиты уже доказали эффективность в реабилитации инфраструктуры и нашли применение в дорожном строительстве. Массовое внедрение как первичных несущих элементов требует преодоления барьеров огнестойкости, хрупкости и стоимости. Будущее — за гибридными и «умными» системами, сочетающими ПКМ с традиционными материалами. Это создаст новое поколение инфраструктуры - более легкой, долговечной, адаптивной и в конечном счете более экономичной на протяжении всего жизненного цикла. Устойчивое развитие и цифровизация станут основными драйверами этого процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bakis, C. E., Bank, L. C., Brown, V., Cosenza, E., Davalos, J. F., Lesko, J. J., Triantafillou, T. C. *Fiber-reinforced polymer composites for construction—State-of-the-art review*. — *Journal of Composites for Construction*, ASCE, 6(2), 73-87. — 2002.
2. Karbhari, V. M. *Durability of Composites for Civil Structural Applications*. — *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*. — 2013.
3. Abtahi, S. M., Sheikhzadeh, M., Hejazi, S. M. *Fiber-reinforced asphalt-concrete – A review*. — *Construction and Building Materials*, 24(6), 871-877. — 2010.
4. Keller, T. *Façades and bridges. Use of fibre-reinforced polymers (FRP) in construction*. — 2nd ed. — Lausanne: EPFL Press. — 2018.
5. Chung, D. D. L. *Carbon materials for structural self-sensing, electromagnetic shielding and thermal interfacing*. — *Carbon*, 50(9), 3342-3353. — 2012.

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ДИНАМИЧЕСКИХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

Современное строительство характеризуется активным внедрением цифровых технологий, направленных на повышение качества проектных решений, энергоэффективности зданий и оптимизацию жизненного цикла объектов. Одним из перспективных направлений является применение динамических фасадных систем, способных адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям и эксплуатационным нагрузкам.

Проектирование таких систем отличается высокой сложностью и требует учёта множества факторов: теплотехнических, конструктивных, климатических и эксплуатационных. В этой связи особую роль приобретают BIM-технологии (Building Information Modeling), обеспечивающие комплексный подход к проектированию и управлению информацией о здании. Целью данной статьи является рассмотрение возможностей применения BIM-технологий при проектировании динамических фасадных систем и выявление их влияния на эффективность проектных решений.

BIM-технологии представляют собой методологию информационного моделирования, основанную на создании цифровой модели здания, содержащей геометрические, физические и функциональные характеристики всех элементов. В отличие от традиционных методов проектирования, BIM позволяет интегрировать архитектурные, конструктивные и инженерные решения в единую информационную среду.

При проектировании динамических фасадных систем BIM-модель обеспечивает возможность параметрического управления элементами фасада, анализа их поведения при различных внешних воздействиях и координации работы всех участников проекта. Это особенно важно для фасадов с подвижными или адаптивными элементами, работа которых зависит от климатических условий и режимов эксплуатации здания.

Использование традиционных методов проектирования при разработке динамических фасадных систем сопровождается рядом проблем:

- фрагментарность проектной информации;
- сложность координации архитектурных и инженерных решений;
- высокая вероятность коллизий между элементами фасада;
- ограниченные возможности анализа работы фасадной системы в динамике.

В условиях континентального климата, характеризующегося значительными перепадами температур и ветровыми нагрузками, данные проблемы могут привести к снижению эффективности фасадных систем и увеличению эксплуатационных затрат.

Применение BIM-технологий позволяет моделировать работу динамического фасада с учётом различных сценариев эксплуатации. Например, в BIM-среде возможно задать параметры солнцезащитных элементов фасада, изменяющих своё положение в зависимости от интенсивности солнечного излучения и температуры наружного воздуха.

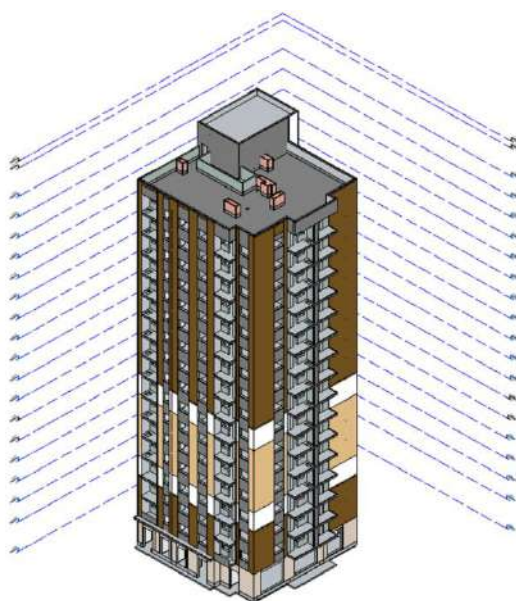


Рисунок 1 - BIM-модель динамической фасадной системы

BIM-модель позволяет:

- выполнить теплотехнический анализ ограждающих конструкций;
- оценить влияние подвижных фасадных элементов на энергопотребление здания;
- выявить потенциальные коллизии на стадии проектирования;
- оптимизировать конструктивные решения без внесения изменений в рабочую документацию на поздних этапах.

Типовые преимущества применения BIM-технологий при проектировании динамических фасадов представлены в таблице.

Типовые преимущества применения BIM-технологий

№	Параметр	Традиционное проектирование	BIM-проектирование
1.	Координация решений	Ограниченная	Комплексная

2.	Анализ фасадной системы	Статический	Динамический
3.	Выявление ошибок	На стадии строительства	На стадии проектирования
4.	Гибкость изменений	Низкая	Высокая

Для повышения эффективности проектирования динамических фасадных систем рекомендуется:

- внедрение BIM-технологий на ранних стадиях проектирования;
- использование параметрических моделей фасадных элементов;
- интеграция климатических данных в BIM-среду;
- повышение квалификации специалистов в области BIM-проектирования.

Комплексное применение BIM-технологий способствует снижению проектных рисков, повышению точности расчётов и обеспечению соответствия фасадных систем климатическим условиям эксплуатации.

Применение BIM-технологий при проектировании динамических фасадных систем является эффективным инструментом повышения качества и надёжности проектных решений. BIM-подход обеспечивает комплексный анализ фасадных систем, позволяет учитывать климатические воздействия и оптимизировать конструктивные и инженерные решения.

В условиях континентального климата использование BIM-технологий приобретает особую актуальность, так как позволяет моделировать работу фасадных систем в различных эксплуатационных режимах и снижать риски на стадии реализации проекта. Таким образом, BIM-технологии являются важным фактором развития современных фасадных решений и повышения эффективности строительного проектирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности». – Астана, 2025 // Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://online.zakon.kz>
2. Renmi Luo, Utilization of sustainable BIM technology based on the Internet of Things in construction projects, *Journal of Engineering and Applied Science*, 2025. - 23 p.
3. Головина Т., Проектирование энергоэффективных зданий в условиях северного Казахстана, *Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.* - 2021.- Т.2, Ч.1 - С.224-226
4. Элинов М. Ш., Жобалау мен құрылыста BIM-технологиялары: оқу құралы. - Алматы: Бастау, 2019.
5. Autodesk [сайт]. URL: <https://www.autodesk.ru>

РОЛЬ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ

Современные строительные проекты характеризуются высокой сложностью, многоэтапностью и участием большого количества специалистов различного профиля. Эффективность управления такими проектами во многом определяется качеством коммуникации между участниками строительного процесса, включая заказчиков, проектировщиков, подрядчиков и контролирующие органы. В условиях цифровизации отрасли и расширения международного сотрудничества возрастает значение языковой подготовки специалистов, участвующих в управлении строительными проектами.

Управление строительными проектами включает в себя планирование, координацию, контроль сроков, ресурсов и качества выполняемых работ. Все указанные процессы сопровождаются интенсивным информационным обменом, который осуществляется в форме устной и письменной коммуникации: деловой переписки, технических заданий, отчётов, протоколов совещаний и контрактной документации.

Языковая подготовка управленческого и инженерного персонала обеспечивает точность передачи информации, корректную интерпретацию требований и снижение вероятности конфликтных ситуаций. Владение профессиональной терминологией и нормами делового языка способствует формированию единого информационного пространства проекта, что особенно важно при реализации крупных и комплексных строительных объектов.

Отсутствие достаточного уровня языковой компетенции у участников проекта может приводить к следующим проблемам:

- неправильное понимание задач и приоритетов проекта;
- ошибки в интерпретации проектных и управленческих документов;
- снижение эффективности взаимодействия между подразделениями;
- рост числа корректировок и изменений в проекте;
- увеличение сроков согласования решений.

Особенно остро данные проблемы проявляются в условиях многоязычной среды, когда управление проектом осуществляется с использованием нескольких языков, а также при внедрении цифровых систем управления, требующих точного текстового сопровождения.

В практике строительного управления нередко встречаются ситуации, когда некорректно сформулированные управленческие указания или неточные формулировки в проектной документации приводят к задержкам выполнения работ. Например, неоднозначное описание этапов

строительства в календарном плане может вызвать разночтения между подрядными организациями, что приводит к нарушению графика и перерасходу ресурсов.

Типовые проявления языковых проблем и их последствия

№	Вид ошибки	Пример	Возможные последствия
1.	Неточные формулировки	Различное толкование задач	Срыв сроков строительства
2.	Ошибки терминологии	Некорректные управленческие решения	Рост затрат
3.	Недостаточная деловая коммуникация	Конфликты между участниками	Снижение эффективности

Для повышения эффективности управления строительными проектами необходимо системно развивать языковую подготовку специалистов. К основным направлениям решения данной проблемы относятся:

- внедрение специализированных курсов по профессиональной и управленческой коммуникации для инженеров и менеджеров;
- обучение нормам технического и делового письма;
- формирование единой терминологической базы проекта;
- использование цифровых и интеллектуальных инструментов для анализа и стандартизации управленческой документации.

Комплексный подход к развитию языковой подготовки позволяет повысить прозрачность управленческих процессов, снизить количество ошибок и обеспечить более устойчивое достижение проектных целей. В условиях усложнения строительных технологий и цифровизации управленческих процессов требования к качеству профессиональной коммуникации существенно возрастают. Таким образом, языковая подготовка должна рассматриваться как неотъемлемый элемент современного управления строительными проектами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Славнецкова Л.В., Лабазнова Е.В. Роль проектного управления в цифровой экономике // *Проектный менеджмент: проблемы и перспективы развития*. 2018 С. 153–157.
2. Проблема эквивалентности перевода строительных терминов и заимствованной лексики, Сизова Н. 3., Березина И. А., 2022. -5с.
3. Forbes, D. C. (2019). Oral Communication Skills for Engineering Students: A Review of the Literature. *Journal of Technical Writing and Communication*, 49(3), 250-267.
4. Siddiqui F. H., Thaheem M. J., Abdekhodae A. «A Review of the Digital Skills Needed in the Construction Industry: Towards a Taxonomy of Skills», *Buildings*. 2023. -27с.
5. McCord, R. J. (2020). The Role of Written Communication in Engineering Education: A Review. *Technical Communication Quarterly*, 29(4), 308-326.

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Введение: Технологическая сингулярность отрасли

Архитектурно-строительный комплекс (АСК) Республики Казахстан в 2026 году находится на этапе глубокой технологической сингулярности. Переход от фрагментарной цифровизации к комплексным экосистемам на базе искусственного интеллекта (ИИ) обусловлен не только глобальными трендами, но и специфическими национальными вызовами: высокой сейсмической активностью южных регионов, необходимостью оптимизации государственных расходов и амбициями по созданию «умных городов».

Фундаментальным сдвигом в отрасли стало принятие в ноябре 2025 года Закона РК «Об искусственном интеллекте», который вывел алгоритмические вычисления из «серой зоны» в правовое поле строительного инжиниринга. Сегодня ИИ рассматривается не просто как инструмент автоматизации, а как полноправный субъект системы контроля качества и безопасности, способный оперировать массивами данных, недоступными для человеческого восприятия.

Авторская новизна работы заключается в обосновании и разработке концепции «Адаптивного интеллектуального регламента» (AIR). Данная концепция предполагает замену статичных строительных норм динамическими алгоритмами, которые корректируют требования к объекту в режиме реального времени на основе анализа геологических, климатических и эксплуатационных данных.

1. Нормативно-правовое регулирование ИИ в строительной отрасли

Регулирование искусственного интеллекта в строительстве в 2026 году перешло от стадии общих деклараций к внедрению конкретных регламентов безопасности и ответственности. Основополагающая база опирается на иерархию документов, где закон об ИИ определяет приоритеты внедрения алгоритмов для мониторинга стройплощадок, анализа смет и управления жизненным циклом зданий.

Ключевые направления регулирования касаются обязательности использования ТИМСО. Постановления правительства обязывают застройщиков (особенно в госзаказе) вести проекты исключительно в цифровом виде, где алгоритмы проверяют модели на коллизии в автоматическом режиме. Использование компьютерного зрения для

контроля за персоналом теперь строго регламентировано Трудовым кодексом и законами о биометрии.

Главный вызов текущего регулирования — вопрос юридической ответственности. На данный момент логика такова: разработчик отвечает за корректность алгоритма, но проектировщик или инженер несет финальную ответственность, так как обязан верифицировать данные, выданные системой. Внедрение «регуляторных песочниц» в 2026 году позволило тестировать беспилотную технику и дроны для лазерного сканирования без длительного процесса изменения национальных стандартов.

2. Цифровизация государственной экспертизы и технического контроля

В Казахстане 2026 год официально объявлен годом цифровизации, что совпало с вступлением в силу нового Строительного кодекса. Цифровизация перешла от разрозненных сервисов к созданию Единой цифровой экосистемы. Портал Qportal.kz стал центральным узлом цифрового контроля. Внедрение ИИ-модулей позволило реализовать функционал автоматического нормоконтроля.

Система в течение нескольких минут сканирует загруженную ТИМСО-модель на предмет соответствия тысячам параметров национальных стандартов. Основные функции включают выявление пространственных коллизий между инженерными сетями и автоматическую генерацию замечаний, что сократило срок первичного рассмотрения документов на 65%.

Интеграция ИИ в процесс госэкспертизы практически исключила человеческий фактор при проверке сметной стоимости. Нейросеть анализирует рыночные индикаторы цен на материалы и логистику, блокируя попытки завышения бюджета в проектах с государственным финансированием. Это обеспечивает прозрачность распределения средств и повышает доверие инвесторов.

3. Сейсмическая устойчивость и инновации ТИМСО

Современное регулирование в 2026 году базируется на интеграции положений нового Строительного кодекса с цифровой экосистемой ТИМСО. Ключевой вектор сместился к созданию единой цифровой вертикали. Особое значение отведено обеспечению сейсмической устойчивости через внедрение цифровых сейсмопаспортов и систем активного вибромониторинга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Закон Республики Казахстан «Об искусственном интеллекте» (ноябрь 2025 г.).
2. Материалы форума Digital Almaty 2026: Материалы панельной сессии «AI в строительстве и урбанистике».
3. Техническое руководство по интеграции ИИ-модулей в процесс госэкспертизы (2026) // Официальный портал Qportal.kz.
4. Отчет АО «КазНИИИСА»: «Применение ТИМСО в сейсмоопасных зонах Республики Казахстан: итоги и перспективы» (2026).
5. Обзор рынка PropTech и внедрение нейросетей в девелопмент // Публикации Profit.kz (январь 2026).

АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В современных реалиях мостовое строительство все заметнее смещается от эпизодического надзора к непрерывному цифровому контролю, поскольку точность геометрии, режимы бетонирования, последовательность монтажа напрямую влияют на надежность сооружения. Сочетание технологий информационного моделирования, сенсорного мониторинга, лазерного сканирования, беспилотной съемки помогает сопоставлять фактическое состояние объекта с проектной моделью практически в реальном времени и раньше фиксировать технологические отклонения. В статье обоснованы направления дальнейшего развития таких систем: внедрение предиктивной аналитики, передача цифрового двойника от строительства к эксплуатации.

Ключевые слова: автоматизированный контроль качества; беспилотные летательные аппараты; мостовые сооружения; предиктивная аналитика; сенсорный мониторинг; строительно-монтажные работы; технологии информационного моделирования; цифровой двойник

Мостовое сооружение – сложная ответственная конструкция, состояние которой необходимо контролировать в режиме постоянного времени. Особенно это касается строений с экспериментальной технологией строительства, большепролетных мостов, а также мостовых сооружений, которые эксплуатируются не один десяток лет. Мониторинг технического состояния является критически важной задачей для обеспечения безопасности и долговечности транспортной инфраструктуры. По справедливому замечанию Е.Ю. Чурина, Традиционные методы инспекции, основанные на визуальном осмотре, ручных измерениях, отличаются трудоемкостью, субъективностью, высокой стоимостью [5].

Качество строительно-монтажных работ в мостостроении определяется как соблюдением проектных размеров, так и устойчивостью технологической дисциплины на всех этапах (от устройства опор до монтажа пролетных строений). Проблема в том, что традиционный контроль чаще работает дискретно: инженер фиксирует уже возникшее отклонение, а не момент его зарождения [2]. Поэтому часть дефектов выявляется с опозданием и требует дорогостоящей переделки. Именно в связи с этим цифровые системы мониторинга сегодня становятся не

дополнительным сервисом, а рабочим инструментом обеспечения безопасности мостовых объектов.

Наиболее продуктивная схема контроля складывается там, где ТИМ-модель связывается с календарным графиком, исполнительной документацией, полевыми измерениями в единой среде данных. В подобной конфигурации датчики температуры, влажности, деформаций, перемещений передают сведения о состоянии конструкций, а лазерное сканирование и БПЛА уточняют геометрию смонтированных элементов, помогают сравнивать фактический контур сооружения с проектным. По существу, цифровой двойник превращает контроль качества из набора разрозненных проверок в непрерывный аналитический процесс, где отклонение видно не по итогам этапа, а в момент его формирования [4].

Отраслевые материалы по цифровизации строительства показывают, что переход к интегрированным платформам дает не только инженерный, но и организационный эффект. В частности, отмечается сокращение бумажного документооборота примерно на 85%, уменьшение сроков обработки исполнительной документации на 50%, снижение числа проектных коллизий до 80% за счет автоматизированной проверки модели до начала монтажа [4, 5]. Для мостового строительства это особенно значимо, поскольку задержка согласований либо позднее обнаружение ошибки влияет, как правило, не на один локальный узел, а на весь технологический цикл работ (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика подходов к контролю качества СМР при строительстве мостовых сооружений
(составлено на основе [1, 3, 4])

Критерий	Традиционный вариант	Цифровая система (ТИМ + IoT + БПЛА)
Метод сбора данных	Ручные геодезические измерения, визуальный осмотр	Автоматизированный сбор (сенсоры, лазерное сканирование, дроны)
Скорость выявления дефектов	Низкая (обнаружение по факту завершения этапа СМР)	Мгновенная (предупреждение в режиме реального времени)
Точность, объективность	Зависит от квалификации специалиста (влияние человеческого фактора)	Высокая объективность, миллиметровая машинная точность
Работа с документацией	Бумажный документооборот, длительное согласование актов	Электронный документооборот, сокращение времени на 50%
Уровень предиктивности	Реактивный (устранение уже допущенного брака)	Проактивный (прогнозирование рисков на основе Big Data)
Взаимодействие сторон	Разобщенность, риск потери или искажения информации	Работа в единой среде общих данных (СОД), полная прозрачность

Для мостовых проектов целесообразно развивать не просто цифровой учет, а предиктивный контур контроля, в котором система заранее оценивает вероятность трещинообразования, потери геометрической устойчивости временных схем и прочих технологических рисков на основе накопленных массивов данных. Благодаря описываемому подходу снимается одна из самых чувствительных проблем стройплощадки – запаздывание управленческого решения относительно реального развития дефекта. Не менее значимо нормативно закрепить передачу исполнительной цифровой модели на этап эксплуатации, чтобы данные, которые были собраны при строительстве, не терялись после ввода моста в работу, а становились основой последующей диагностики и ремонта.

Таким образом, цифровые системы мониторинга в мостостроении меняют саму логику контроля качества. Вместо редких инспекций возникает плотная среда наблюдения, где проект, фактическое исполнение, исполнительная документация связаны между собой в одном информационном контуре. Практическая ценность характеризуемых решений состоит в том, что они уменьшают число скрытых дефектов, ускоряют согласовательные процедуры, делают строительный процесс заметно прозрачнее для подрядчика, заказчика, технического надзора. Для научного и прикладного дискурса наиболее перспективным выглядит дальнейшее сближение ТИМ, сенсорных сетей, интеллектуальной аналитики, поскольку именно эта связка дает возможность перейти от фиксации нарушений к их раннему предупреждению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклушин К.И., Гаджиев М.М., Рубцова С.Н., Пахомова Т.В. Мониторинг систем инженерных сооружений с использованием цифровых технологий // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса. Материалы Международной научно-практической конференции. Саратов: 2023. С. 17-24.
2. Гулицкая Л.В., Шиманская О.С. О мониторинге состояния несущих конструкций мостовых сооружений // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение. Материалы III Международной научно-технической конференции. Минск: 2022. С. 174-178.
3. Иванов Е.О. Оценка состояния пролетных строений мостов по результатам мониторинга // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее. Сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск: 2023. – С. 27-31.
4. Самодурова Т.В., Кузнецова С.В. Планирование работ по содержанию мостовых сооружений на основе мониторинга технического состояния // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2025. № S4 (76). С. 62-69.
5. Чурин Е.Ю. Перспективы диагностики и контроля мостовой инфраструктуры при помощи компьютерного зрения и нейронных сетей // Путевой навигатор. 2025. № 64 (90). С. 44-53.

ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Ячеистые бетоны нашли достаточно широкое применение в современном строительстве, на сегодняшний день ячеистый бетон является эффективным строительным материалом. Ячеистый бетон имеет специфические особенности пористой структуры, обладает многообразием функциональных назначений [1].

В последние годы в Казахстане используются новые технологии переработки промышленных отходов, эти технологии производства строительных материалов являются наиболее экономически и экологически выгодными [2, 3]. Это подтверждает опыт использования ячеистого бетона: эффективное обеспечение нужного микроклимата внутри различных зданий и сооружений, значительное уменьшение нагрузки на конструкции и фундаменты, возможность придания объектам современного и оригинального архитектурного облика. Также появляется возможность вести масштабное строительство в сейсмически активных районах, возможность существенной экономии сырья, экономии трудовых и энергетических ресурсов, возможность значительно улучшить экологию [4].

В успешной реализации жилищной проблемы страны может и должен помочь легкий и теплый строительный материал - ячеистый бетон, в частности, газобетон неавтоклавного способа твердения. Благодаря усовершенствованию технологии получения газобетона, улучшению его качеств, применение неавтоклавного газобетона становится целесообразней, чем использование автоклавного.

Отходы производства нефтехимических или железобетонных заводов могут быть использованы для производства модификаторов для строительной индустрии, на самих заводах, или в мастерских для производства добавок.

После проведенных экспериментов с добавками были предложены составы комплексных модификаторов газобетона на основе отходов промышленности (фосфогипс + соапсток растительных масел + послеспиртовая барда).

В работе приводятся функции компонентов разработанной органоминеральной комплексной добавки в процессе их приготовления и использования в газобетоне. Послеспиртовая барда в смеси с фосфогипсом образует качественную добавку в виде пасты, очищает от парафина алюминиевую пудру, кроме того, является пластификатором, снижает поверхностное натяжение, служит для лучшего распределения

алюминиевой пудры и частиц цемента в смеси, улучшает смачиваемость частиц.

Соапсток является гидрофобизатором, адсорбируется на поверхности зерен вяжущего, образуя тонкие гидрофобные пленки, вовлекает в смесь мельчайшие пузырьки воздуха, что улучшает подвижность бетонной смеси.

Тиосульфат натрия служит ускорителем гидратации (твердения), а каустическая сода нейтрализует процесс окисления. Фосфогипс служит омылителем, а также увеличивает пластичность и подвижность газобетонной смеси. Вода является дисперсной средой при получении эмульсии и смазкой в процессе получения газобетонной смеси.

Таким образом, разработанная органоминеральная комплексная добавка на основе отходов промышленности значительно улучшает эксплуатационные свойства модифицированного газобетона.

Нами предложена технологическая схема производства модифицированного неавтоклавного газобетона на основе промышленных отходов.

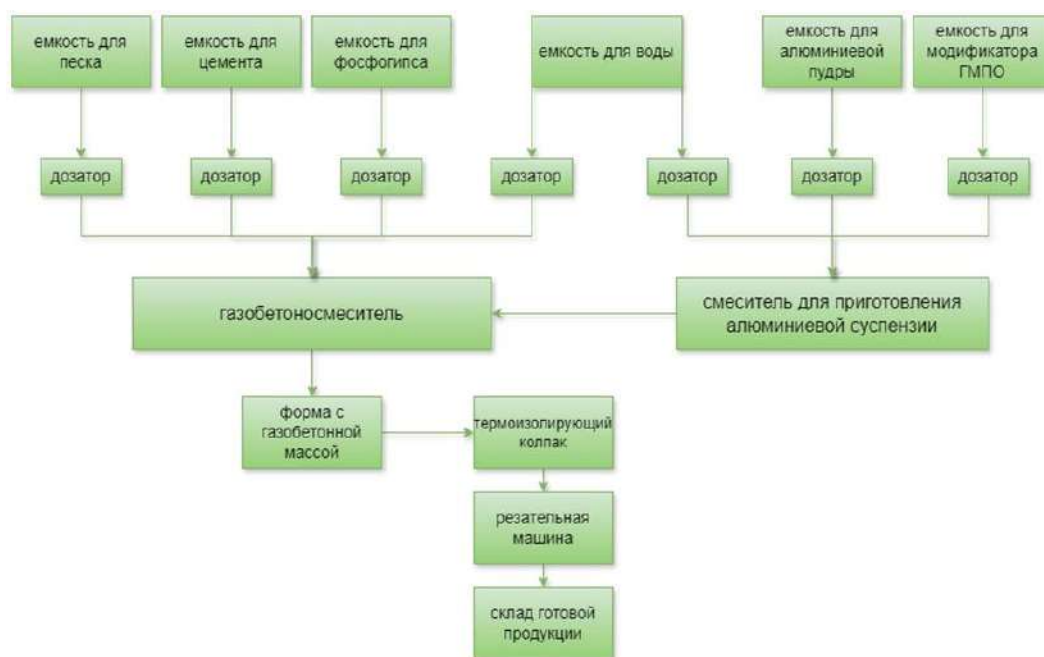


Рисунок 1 – Технологическая схема производства модифицированного газобетона на основе промышленных отходов

Как показывает опыт, ячеистые бетоны, в частности, газобетоны, в силу своих особенностей, таких как высокие теплоизоляционные свойства, долговечность, прочность, огнестойкость, морозостойкость, легкая обрабатываемость и другие, являются самым эффективным строительным материалом. Все более частое применение их в строительной практике Казахстана обусловлено наличием этих свойств. За счет своей самонесущей способности возможно использование газобетона для наружных стен при

строительстве промышленных, коммерческих, жилищных построек, при возведении малоэтажных зданий.

В ходе исследований выявлено, что теплопроводность и водопоглощение модифицированного газобетона зависит от расхода фосфогипса и расхода добавки ГМПО. Выявлено, что в натуральном виде прочность на сжатие ($R_{сж}$) принимает максимальное значение, а водопоглощение W_m – минимальное, коэффициент теплопроводности $\lambda=0,16$ Вт/м С, водопоглощение $W_m=3,2$ %.

Кроме того, определено, что при производстве изделий из модифицированного газобетона можно достичь экономии портландцемента в 61 кг на 1 м³ при использовании отходов промышленности. Экономия портландцемента, а также электроэнергии достигается при замене цемента фосфогипсом, как в составе газобетона, так и в составе комплексного модификатора ГМПО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Убиштаева Б.Б. Производственные отходы, как сырье для производства строительных материалов и конструкций. Педагогический журнал Adisteme.kz, 2016.
2. Серова Р.Ф., Стасилович Е.А. «Способ получения модифицированного газобетона на основе техногенных отходов», Свид-во о гос.регистрации прав на объект авторского права, №3209 от 06.05.2019 г.
3. Гаджилы Р.А. Целенаправленное изменение пористой структуры строительных материалов//Стройматериалы. – М., 2001. — №8. — С.41-43.
4. Ахметов Д.А., Ахметов А.Р., Бисенов К.А. Ячеистые бетоны. - Алматы. Ғылым. 2008 г. - 384 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИИ БАССЕЙНОВ: РОЛЬ ОСУШИТЕЛЕЙ И НАКРЫВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Существует множество способов укрепления здоровья, среди которых наибольшей популярностью пользуется плавание и его разновидности. Регулярные занятия плаванием позволяют быстро восстановить работоспособность организма, и оказывают положительное влияние на общее здоровье.

Здание или сооружение плавательного бассейна представляет собой комплекс, состоящий из одного или нескольких залов с чашами бассейнов различного назначения, вспомогательных помещений для обслуживания занимающихся, мест для зрителей, а также устройств для технической эксплуатации [1].

Для снижения износа строительных конструкций и уменьшения риска вреда здоровью людей, находящихся в бассейне, необходимы системы кондиционирования воздуха, которые могут автоматически поддерживать в закрытых помещениях параметры воздуха с целью создания оптимальных условий, которые будут благоприятны для людей и осуществления требуемых технологических процессов в бассейне.

В крытых водных комплексах предусматриваются нижеперечисленные параметры:

Подвижность воздуха в зонах нахождения занимающихся не должна превышать:

- 0,2 м³/с – в залах с чашами бассейнов [1];
- 0,5 м³/с – в залах подготовительных занятий [1];
- температура чаши бассейна для взрослых 24-26 °С, для детей – 30-32°С [2];
- температура залов бассейна на 1-2 °С выше температуры воды [2].
- параметры воздухообмена в 1 час по притоку и вытяжке составляет не менее 80 м³/час на 1 занимающегося и не менее 20 м³/час на 1 зрителя. Скорость движения воздуха не должна превышать 0,5 м/сек [2].

Указанные выше параметры играют важную роль, их необходимо учитывать при эксплуатации бассейнов во избежание образования конденсата на внутренних строительных конструкциях из-за постоянного испарения воды.

Система вентиляции бассейна должна обеспечивать постоянную подвижность воздуха. Если в жилых или офисных помещениях вентиляцию можно отключать на определенное время, то в бассейне это недопустимо. В случае прекращения движения воздуха на охлажденных поверхностях,

температура которых ниже точки росы, сразу же образуется конденсат. Важным моментом при проектировании вентиляции бассейна является правильная установка воздухораспределительных устройств. Они должны быть размещены так, чтобы направлять воздушный поток вдоль охлажденных поверхностей, например, вдоль окон. Над поверхностью воды же скорость движения воздуха должна быть минимальной и исключается образование сквозняков. Это позволяет предотвратить интенсивное испарение воды из бассейна и поддерживать комфортные условия для купающихся.

Для создания оптимального микроклимата в крытых бассейнах требуется следующее оборудование: системы вентиляции и осушения воздуха.

Автономный осушитель применяется для снижения уровня влажности в помещении до оптимального путем удаления избыточной влаги из воздуха. Главными функциями осушителя такого вида являются: улучшения качества воздуха; предотвращение повреждений материалов и оборудования, вызванных влажностью; компактный размер, за счёт этого возможно любое расположение в помещениях [3].

Одним из примеров автономных осушителей является Инверторный осушитель воздуха Fairland IDHR120 (Рис.1), он предназначен для поддержания микроклимата в помещениях с повышенной влажностью. Устройство оснащено полнoinверторной технологией, которая позволяет работать на средних и низких скоростях, обеспечивая максимальную производительность при минимальном потреблении энергии.



Рисунок 1 – осушитель воздуха Fairland IDHR120

Осушитель имеет следующие характеристики и особенности: установка: напольная/настенная; мощность осушения: 120 л/сутки; корпус выполнен из прочного антикоррозионного алюминиевого сплава; регулировка влажности: с точностью до 1%; чем ниже влажность в помещении, тем на меньшей мощности работает компрессор; производительность зависит от температуры окружающей среды; низкий уровень шума [4].

Для экономии тепла в системе вентиляции, необходимо предусматривать жалюзи для закрытия зеркала воды бассейна в нерабочее время. Так можно снизить влаговыведения бассейна, а значит уменьшить и объем воздуха, и потребление системы вентиляции на 70%.

Одним из способов решения данной задачи будет использование соляной пленки – накрывного материала, который снизит испарение воды, уменьшит нагрузку на осушители, сохранит тепло воды и сэкономит энергию. Например: Пленка соляная толщина 5мм 4*50 (Рис.2).



Рисунок 2 – Пленка соляная

Она изготовлена из прочного пузырчатого полиэтилена, который устойчив к воздействию хлорированной воды. Благодаря своей структуре, материал плавает на поверхности воды, создавая теплоизоляционный барьер. Данное покрытие имеет следующие преимущества: сохранение тепла; снижение испарения: уменьшает потери воды до 95%; долговечность: устойчив к химии; легкость использования: достаточно расстелить пленку на поверхность воды [5].

Таким образом, необходимым условием безопасного использования бассейнов является соблюдение оптимального микроклимата в помещении. Постоянство установленных параметров температуры, воздухообмена, влажности предотвращает образование конденсата и создает комфортные условия для посетителей. Достижение такого результата обеспечивается использованием систем вентиляции и осушителей разного вида. Применение дополнительных решений, таких как соляные пленки, также повышает эффективность эксплуатации бассейна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. СП РК 3.02-144-2022 «Бассейны»
2. "Санитарно-эпидемиологические требования к объектам коммунального назначения". Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 26 июля 2022 года № ҚР ДСМ-67.
3. И.С. Полянский, М.И. Ибрагимов «Системы вентиляции и кондиционирования бассейнов». Сборник тезисов I Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2024
4. Каталог Atlantispro.kz «Инверторный осушитель воздуха Fairland IDHR120».
5. Каталог Aquadvn.kz «Пленка соляная толщина 5мм 4*50».

ҚАЛАЛЫҚ ОРТАНЫ ІЗГІЛЕНДІРУДЕГІ ЛАНДШАФТТЫҚ СӘУЛЕТ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МАҢЫЗЫ

Қалалық ортаны ізгілендіру қазіргі уақытта сәулеттік-дизайнерлік жобалаудың негізгі қызметінің бірі болып табылады. Ол сәулеттік жобалау барысында қалалық ортаны тұтынушылар үшін жайлылығын арттыруға көбірек көңіл бөлуді талап етеді. Сол мәселені шешуде қалалық ортадағы қызметтік жабдықтардың жетіспеушілігі өткір проблемаға айналды. Қоршаған ортаның кеңістіктік сипаттамаларының ыңғайлылығы мен сапасын жақсарту – жер беті жабындарын, рельефті өңдеу, дренаж ұйымдастыру, магистральдық қоршаулар орнату, сатылар жасау, көгалдандыру және т. б. әртүрлі абаттандыру құралдарының көмегімен іске асырылады.

Аталған мәселе қалалық ортаны абаттандырудың ажырамас бөлігі болып табылатын шағын сәулеттік пішіндердің көмегімен, ландшафтық сәулет құралдары арқылы шешіледі. Шағын сәулеттік пішіндерге ландшафтық сәулет нысандарын сәулеттік-жоспарлық ұйымдастыруға, келушілердің демалысын жайлы етуге, жалпы аумақты ландшафтық-эстетикалық байытып, сәулет құрылыс ансамблінің жалпы құрамын толықтыратын құрылымдар енеді. Олардың кейбіреулері нақтылы утилитарлық қызметтерді атқармаса да, көркемдік және сәндік мақсаттарға қызмет етіп, сәулеттік ансамбльде өзіндік маңызды рөл атқара алады және ортаны көгалдандыру барысында кеңістікті безендірудің негізгі элементтерінің бірі болып табылады. Сондай-ақ, шағын сәулеттік пішіндерге жеңіл құрылымдардан жасалған және іргетас орнатпай уақытша орнатылған шағын құрылымдар да енеді [3, 10].

Ортаны ізгілендіру тұрғысынан қарағанда, қаладағы жаңа ғимараттар адамның өлшемдерімен салыстырғанда масштабтық сәйкессіздікке ие. Соңғы кездерде тұрғызылған ғимараттардың биіктіктері үзіліссіз өсуде, соған байланысты қаладағы сәулеттік элементтердің, онымен қоса тұтастай қаланың адаммен салыстырғандағы өлшемсәйлілігі бұзылуда және ол назар аудараралықтай проблемаға айналууда. Оны бірнеше жолмен – ғимаратқа горизонталь жіктеулер беру немесе үлкен өлшемдегі сәулеттік ғимарат пен адам арасындағы жарастырушы өткел болатын шағын сәулеттік пішіндерді пайдалану арқылы шешу мүмкіндігі бар.

Қала кеңістігін абаттандыру нысандарына көше жиһаздары, тұрғын аудандардағы, скверлердегі, саябақтардағы әртүрлі алаңдардың жабдықтары, қызметтік аймақтарды жіктеуге арналған құрылғылар

(шарбақтар, тротуар мен жол арасындағы барьерлер және т.б.) да енеді. Оларға субұрқақтар, би алаңдары мен театр ареналары сияқты партерлік нысандар да жатады, қала ортасының дизайнын қалыптастыруда сулық нысандар мен жасыл кеңістіктерге де ерекше орын беріледі. Қала кеңістігіндегі тастан, бетоннан және шыныдан тұратын жасанды орта оларды сулық нысандармен абаттандыруды және көгалдандыруды қажет етеді.

Қалалық ортаны көгалдандыру нысандарына трильяждар, перголалар, сұхбатханалар, жабық аллеялар және жеке тұрған көгалдандырылған қабырғалар жатады. Онда қарапайым ағаштар, бұталар, гүлдер сияқты жасыл кеңістіктер ауқымды және үлкен тиімділікпен қолданылады және олар еркін өсетін және қырқылған, кейде сатылы профильдегі ағаштар мен бұталарды қамтитын тірі қоршаулар түрінде болады. Өсімдік қоршаулары, сәндік мақсатпен қатар, жаяу жүргіншілерді шаңнан, автомобильдерден шығатын газдардан және артық күн радиациясынан қорғауға да қызмет етеді.

Қазіргі қалалық саябақтар әртүрлі жастағы тұрғындардың қажеттіліктерін қанағаттандыратын, арнайы жабдықталған табиғи кеңістік болса, ал ықшамаудандық кішірек саябақтар әр тұрғын үшін қолжетімді, тұрғын үйлерге таяу орналасқан жасыл табиғаттың бөлігі болып табылады. Бұнда әдеттегі қалалық саябақтарға тән сұхбатханалар, аттракциондар және басқа да шулы алаңдар жоқ болғанымен, ондағы табиғи және шағын сәулеттік нысандар кішірек саябақ кеңістігін интеллектуалды байытып, оның әралуандығын арттырады, ал ыңғайлы жол-соқпақтар желісі халықтың аз қозғалатын топтарына жыл бойы дерлік рекреациялық аймақты пайдалануға мүмкіндік жасайды. Ондағы көркемдеп жарықтандыру келушілерге кешкі мерзімдегі қауіпсіздікті қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар, ойластырылған түс пен жарықтың әсерінен эстетикалық ләззат алуға да кепілдік береді.

Сәулетшілер мен ландшафтық дизайнерлер жасанды қалалық ортаның адамға агрессивтілігін, қарама-қайшылығын жою мақсатында қалалық ортада табиғи және жасанды жасыл кеңістіктерді, су нысандарын, шағын сәулеттік пішіндерді пайдалану арқылы оның қызметтік-кеңістіктік жүйесін өзара үйлесімді етулері қажет, ал ол ортаны тұтынушылардың қажеттіліктерін қанағаттандырып, қалалық ортаның ізгілендірілуіне мүмкіндік жасайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Шимко В.Т. Основы дизайна и средовое проектирование. – М.: Архитектура-С., 2004.
2. Астахова Е.В., Крупа Т.Н., Череватенко М.Г. Ландшафтный дизайн: современные решения. – Харьков: Книжный клуб, 2007. – 318 с.
3. Сүйіндіков Е.Т., Гомарова Б.М. Ландшафт сәулеті: Оқу құралы, 2019. – 133 б.
4. Сүйіндіков Е.Т., Гомарова Б.М., Бекова Ж.М. Қалалық ортаны абаттандырудағы шағын сәулеттік пішіндердің ролі және оларды жобалаудың негіздері // XVI Сағынов оқулары. Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы: Халықар. ғыл.-практ. конф. еңб., 13-14 маус. 2024 ж. 3 бөлімнен тұрады. 3-бөлім /- Қарағанды: Сағынов ат. ҚарТУ, 2024. – Б. 375-377.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОМПЛЕКСНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Создание и развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) оказывает значительное влияние на строительную отрасль, в том числе на процессы обследования и оценки технического состояния зданий и сооружений. В условиях увеличения объема строительного фонда и его физического износа возникает необходимость внедрения современных методов диагностики, обеспечивающих повышение точности, оперативности и эффективности обследований.

Искусственный интеллект представляет собой совокупность алгоритмов и методов обработки данных, позволяющих анализировать большие массивы информации и принимать решения на основе выявленных закономерностей. В области обследования железобетонных конструкций ИИ используется как инструмент автоматизации анализа технического состояния.

В отличие от традиционных методов, основанных на визуальном осмотре и инструментальных измерениях, системы ИИ способны обрабатывать цифровые изображения, результаты неразрушающего контроля и эксплуатационные данные, формируя объективную оценку состояния конструкций.

Одним из ключевых направлений является использование компьютерного зрения для выявления дефектов. Современные алгоритмы позволяют автоматически распознавать трещины, сколы, оголение арматуры и признаки коррозии по фотоматериалам, полученным в ходе обследования.

Другим важным направлением является прогнозирование остаточного ресурса конструкций. На основе анализа данных о нагрузках, климатических воздействиях и характеристиках материалов ИИ способен оценивать срок службы железобетонных элементов и выявлять потенциальные зоны риска.

Также активно развивается применение ИИ при обработке результатов неразрушающего контроля, включая ультразвуковые и тепловизионные исследования. Это позволяет выявлять скрытые дефекты, недоступные при традиционном обследовании.

Внедрение искусственного интеллекта приводит к изменению подхода к обследованию зданий. Если ранее основная роль специалиста заключалась в непосредственном выявлении дефектов, то в современных условиях

возрастает значение анализа и интерпретации данных, полученных с использованием цифровых технологий.

Формируется новый тип инженерного мышления, включающий:

- аналитический подход к обработке данных;
- использование цифровых моделей конструкций;
- интеграцию результатов обследования в информационные системы.

Таким образом, специалист становится не только исполнителем обследования, но и оператором интеллектуальных систем.

Применение искусственного интеллекта в обследовании железобетонных конструкций обеспечивает:

- повышение точности диагностики;
- сокращение сроков проведения обследований;
- снижение влияния человеческого фактора;
- возможность мониторинга состояния конструкций в режиме реального времени.

Особую актуальность это имеет в условиях Казахстана, где значительная часть зданий эксплуатируется в сложных климатических условиях.

Несмотря на значительные преимущества, внедрение ИИ сопровождается рядом проблем. К ним относятся необходимость формирования качественных баз данных для обучения алгоритмов, высокая стоимость внедрения технологий, а также сложность интерпретации результатов, полученных с использованием нейронных сетей.

Кроме того, существует риск чрезмерной автоматизации процессов, что может привести к снижению роли инженерного анализа и профессионального опыта.

Заключение

Искусственный интеллект является перспективным инструментом повышения эффективности комплексного обследования надежности железобетонных конструкций. Его применение позволяет значительно расширить возможности диагностики и прогнозирования технического состояния зданий.

В то же время ИИ следует рассматривать как вспомогательный инструмент, дополняющий традиционные методы обследования. Ключевая роль в принятии инженерных решений по-прежнему остается за специалистом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Риос А.Дж. и др. Редакционная статья: Методы и приложения вычислительных методов в строительной инженерии. – 2023. – V.9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1339541>
2. Манас М. АФФ-ИОЛО: метод обнаружения промышленных дефектов в режиме реального времени, основанный на механизме внимания и объединении функций. – 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3449230/v1>
3. Князева Н. В., Назойкин Е. А., Орехов А. А. Применение искусственного интеллекта для обнаружения дефектов в строительных конструкциях // Строительство и архитектура. 2023. №. 3. С. 18-18. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-3-18-18>

ВІМ-МОДЕЛЬ ҒИМАРАТТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ: ЖОБАЛЫҚ АҚПАРАТТАН ӨМІРЛІК ЦИКЛДІ ЦИФРЛЫҚ БАСҚАРУҒА КӨШУ

Ақпараттық модельдеу технологиясы бүгінде үш өлшемді визуализация құралы ғана емес, ғимарат туралы деректерді біріктіретін ортақ цифрлық орта ретінде қарастырылады [4, 5]. Қазіргі ВІМ-модельде нысанның геометриясы, материалдары, инженерлік жүйелері, жабдықтары, пайдалану сипаттамалары мен қызмет көрсетуге қатысты мәліметтер жинақталады. Осыған байланысты ғимараттың өмірлік цикліндегі жобалау кезеңімен қатар, пайдалану фазасы да ерекше маңызға ие. Себебі дәл осы кезең ұзақтығы мен шығын көлемі жағынан ең ауқымды кезең болып саналады.

Зерттеулер көрсеткендей, ВІМ жобалау барысында белсенді қолданылғанымен, пайдалану сатысында оның толыққанды енгізілуі әлі де баяу жүріп жатыр [1-3]. Соған қарамастан, дәл осы кезеңде ВІМ-нің нақты практикалық құндылығы айқын көрінеді. Ол қағаз атқарушы құжаттаманы, шашыраңқы ведомостарды және жергілікті мұрағаттарды біртұтас цифрлық басқару ортасына біріктіруге мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл инженерлік, құрылыстық және пайдалану ақпаратының құрылыс аяқталғаннан кейін жоғалмай, техникалық қызмет көрсету, жөндеу және жаңарту жұмыстарында қолданылуын қамтамасыз етеді.

Мақаланың мақсаты - ғимараттарды пайдалану кезеңінде ВІМ-модельді қолданудың мүмкіндіктерін жинақтап, оны facility management жүйесінің жұмыс құралына айналдыратын негізгі шарттарды айқындау.

Зерттеу ВІМ-ді пайдалану сатысында қолдануға арналған ғылыми және қолданбалы еңбектерді салыстырмалы талдау негізінде орындалды [1-5]. Негізгі назар ВІМ-модельдің жобалық және пайдалану кезеңдеріндегі функцияларын салыстыруға, сондай-ақ цифрлық модельді жобалаушы мен мердігерден пайдаланушы ұйымға беру тәжірибесін бағалауға аударылды.

Әдістемелік тұрғыдан ВІМ графикалық файл ретінде емес, нысан туралы құрылымдалған деректер қоры ретінде қарастырылды. Осы тұрғыдан алғанда, пайдалану моделі инженерлік жүйелердің құрамы, жабдық паспорттары, жасырын коммуникациялар, қызмет көрсету регламенттері, жөндеу тарихы және қажет болған жағдайда сенсорлық деректерді қамтуы тиіс [2-5].

Дереккөздерді талдау ВІМ-модельдің пайдалану сатысындағы құндылығы бірнеше бағытта көрінетінін көрсетті. Біріншіден, модель нысанның электрондық паспорты қызметін атқарады. Егер ол құрылыс аяқталғаннан кейін атқарушы құжаттама бойынша өзектілендірілсе,

конструкциялар, инженерлік желілер мен жабдықтар туралы ақпаратты жедел іздеуге мүмкіндік береді [1, 2]. Бұл әсіресе авариялық жағдайларда, тексерулер мен жоспарлы жөндеулер кезінде маңызды.

Екіншіден, BIM басқару шешімдерін қабылдауды қолдайды. Пайдалану кезеңінде модель техникалық қызмет көрсетуді жоспарлауға, жабдықтарды ауыстыру мерзімдерін бақылауға, жөндеу шығындарын бағалауға және мердігерлерге тапсырма қалыптастыруға көмектеседі [3-5]. Егер модель FM немесе CMMS жүйелерімен байланыстырылса, ол нысанды басқарудың интерфейсіне айналып, үй-жайлар, жабдықтардың жай-күйі, өтінімдер тарихы және қызмет көрсету аймақтары туралы деректерді біріктіреді.

Үшіншіден, BIM-модель цифрлық егізге өтудің негізін қалайды. 6D параметрлері мен IoT-сенсорлары қосылған жағдайда техникалық жай-күйді бақылау, тозуды болжау және энергия тұтынуын талдау мүмкіндігі артады [5]. Бірақ бұл үшін модельді тек құрып қою жеткіліксіз, оны тұрақты түрде жаңартып, пайдалану ортасымен байланыстыру қажет.

Сонымен бірге, BIM-ді пайдалануда бірқатар шектеулер сақталады. Егер модельге жөндеу, қайта жоспарлау немесе жабдықты ауыстыруға қатысты өзгерістер уақытылы енгізілмесе, ол тез ескіреді. Бұдан бөлек, BIM-платформалар мен пайдалану жүйелері арасындағы үйлесімділік әрдайым толық емес, ал салада цифрлық деректермен жұмыс істей алатын мамандар жетіспейді [3, 5]. Сондықтан BIM-нің тиімділігі оның жай ғана болуына емес, модельді сүйемелдеу сапасына тәуелді.

Қорыта айтқанда, BIM-модельді пайдалану кезеңінде мұрағаттық жобалық файл ретінде емес, ғимараттың өмірлік циклін басқарудың тұрақты құралы ретінде қарастырған жөн. Оның басты артықшылығы - техникалық қызмет көрсету, жөндеу, энергияны басқару және жаңарту шешімдері үшін сенімді әрі жедел жаңартылатын деректер ортасын қалыптастыруында.

Жүргізілген талдау үш негізгі тұжырымды көрсетті. Біріншіден, BIM пайдалану кезеңінде тиімді болуы үшін ақпараттық талаптар жобалау басталғанға дейін анықталуы қажет. Екіншіден, пайдалануға беру процесі жобалық файлдарды жай тапсырумен шектелмей, атқарушы цифрлық модельді қалыптастырумен қатар жүруі тиіс. Үшіншіден, ең жоғары нәтиже BIM-ді FM/CMMS/BMS жүйелерімен және нақты пайдалану деректерімен интеграциялау кезінде байқалады [3-5]. Осы шарттар орындалғанда BIM реактивті қызмет көрсетуден болжамды әрі экономикалық негізделген басқаруға көшуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, пайдалану кезеңінде BIM технологиясын енгізудің негізгі практикалық әсерлері, қолданылатын деректер түрлері мен шектеулері 1-кестеде жүйелендірілген. Кестеде көрсетілгендей, BIM-модельді пайдалану тәжірибесін кеңейту ғимараттарды техникалық

басқарудың цифрлық мәдениетін қалыптастыруға, ақпараттың өзектілігін сақтауға және пайдалану шешімдерінің сапасын арттыруға ықпал етеді.

Кесте 1 - Ғимаратты пайдалану сатысында BIM қолданудың негізгі әсерлері

BIM моделінің функциясы	Қандай деректер пайдаланылады	Практикалық нәтиже	Негізгі шектеулер
Нысанның электрондық паспорты	Атқарушы құжаттама, спецификациялар, жабдықтардың паспорттары, үй-жайлар туралы деректер	Құрылымдар мен инженерлік жүйелер туралы мәліметтерді іздеуді жеделдету, құжаттаманың жоғалу қаупін төмендету	Құрылыстан кейін модельді толық және дұрыс толтыруды талап етеді
Техникалық қызмет көрсету мен жөндеулерді жоспарлау	Қызмет көрсету регламенттері, ауыстыру мерзімдері, ақаулар мен жөндеулер тарихы	Шашыраңқы ведомостардан бірыңғай цифрлық сценарий бойынша жұмыстарды басқаруға көшу	Жүйелі жаңартып отырмаса, модель тез ескіреді
FM/CMMS/BMS-пен интеграция	Пайдаланушылардың өтінімдері, жабдықтардың статусы, пайдалану параметрлері, авариялық оқиғалар	Нысанды визуалды басқару, ақаулықтарға реакция уақытын қысқарту	Жүйеаралық үйлесімділік пен атрибуттардың дұрыс алмасуын талап етеді
Цифрлық егізге көшу	Сенсорлардың деректері, энергия тұтыну көрсеткіштері, техникалық жай-күй параметрлері	Тозуды болжау, жөндеулер мен энергия тұтынуды оңтайландыру	IoT-инфрақұрылымы, деректер стандарттары және даярланған мамандарды қажет етеді

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Гришина Н. Эксплуатируй это: о пользе BIM на этапе эксплуатации [Электронный ресурс]. 2017. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19458
2. Таланов В. В. Применение BIM к существующим зданиям [Электронный ресурс]. 2010. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14159
3. Исследование: использование BIM на стадии эксплуатации [Электронный ресурс] // SODIS Lab. URL: <https://www.sodislab.com/ru/blog/bim-fm>
4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 648 p.
5. Новоселова И. В., Чернявский И. А. Применение BIM-технологий на всех стадиях жизненного цикла строительного проекта // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2022. Т. 1. № 3. С. 4-15. DOI: 10.23947/2949-1835-2022-1-3-4-15.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛЕКСИКИ И ЕЁ ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Строительная лексика представляет собой специализированную систему языковых единиц, обслуживающих сферу строительства и инженерии. Она включает термины, обозначающие материалы, конструкции, технологические процессы и профессиональные действия. Терминология в данной области выполняет важнейшую функцию – обеспечивает точность и однозначность передачи информации в научной и производственной коммуникации [4].

В XXI веке развитие строительной лексики тесно связано с научно-техническим прогрессом. Появляются новые термины, связанные с цифровыми технологиями, например BIM (информационное моделирование зданий), которые закрепляются в профессиональной практике и научной литературе. Это свидетельствует о динамичности строительного языка и его адаптации к современным условиям.

Характерной особенностью строительной лексики является её системность и логическая организованность. Термины формируют терминосистему, в которой каждая единица связана с другими на понятийном уровне. Такая система отличается структурированностью, устойчивостью и иерархичностью, что позволяет эффективно описывать сложные инженерные процессы [2].

Таблица 1. Особенности строительной терминологии

Особенность	Описание	Примеры
Антропоморфизм	Название частей здания по аналогии с телом человека	Подошва (фундамента), шейка (колонны), глава (храма).
Метафоричность	Перенос значения из других сфер (животный мир)	Бык (опора моста), конек (крыши), баба (молот для свай).
Интернационализм	Большинство терминов понятны специалистам во всем мире	Цемент, конструкция, проект, фасад.
Двойственность	Разрыв между официальным термином и жаргоном рабочих	Опалубка, щиты, неровность, косяк.

Формирование строительной терминологии происходит в результате нескольких лингвистических процессов: терминологизации общеязыковых слов, заимствования и словообразования. Значительная часть терминов образована на основе общеупотребительной лексики, которая приобретает узкоспециальное значение в профессиональной среде [5].

Особую роль играет заимствование. Многие ключевые термины пришли из европейских языков. Например, термин «инженерия» восходит к французскому и латинскому происхождению и связан с понятием «изобретательность» и «способность». Это свидетельствует о влиянии европейской научной традиции на развитие строительной отрасли [3].

Кроме того, строительная лексика включает значительное количество интернационализмов и англицизмов, особенно в современных условиях цифровизации отрасли. Развитие технологий приводит к появлению новых терминов, связанных с автоматизацией, моделированием и инновационными строительными методами [1,3].

С точки зрения структуры строительная терминология включает как однословные, так и многокомпонентные термины. Последние отличаются высокой информативностью и точностью, поскольку позволяют детально описывать свойства объектов и процессов. Исследования показывают, что многокомпонентные термины играют ключевую роль в научно-техническом дискурсе строительства [1,4].

Таблица 2. Основные источники формирования строительной лексики

Источник формирования	Пример	Способ образования	Особенности
Исконная лексика	Дом, стена	Историческое развитие	Базовые понятия
Заимствования	Инженер, бетон	Адаптация иностранных слов	Научный характер
Терминологизация	Узел, нагрузка	Переосмысление значения	Специализация
Словообразование	Железобетон	Сложение основ	Точность
Англицизмы	ВІМ, инжиниринг	Прямое заимствование	Современность

Функции строительной терминологии обусловлены её ролью в профессиональной коммуникации и научно-технической деятельности. Термины не только называют объекты и процессы, но и обеспечивают точность передачи информации, способствуют формированию и систематизации знаний, а также выступают инструментом

профессионального взаимодействия между специалистами. Благодаря этому строительная терминология выполняет ряд взаимосвязанных функций, отражающих её значение в языке и практике строительства [2,4].

Таблица 3. Функции строительной терминологии

Функция	Содержание
Номинативная	Обозначение объектов и процессов
Коммуникативная	Обеспечение профессионального общения
Когнитивная	Формирование научного знания
Систематизирующая	Упорядочение понятийной области

В современных условиях развитие технологий способствует дальнейшему расширению строительной терминологии, что требует её стандартизации и научного анализа. Изучение данной терминосистемы подтверждает её динамичность и высокую адаптивность к научно-техническому прогрессу.

Особую значимость приобретает процесс интеграции инновационных понятий, связанных с цифровизацией отрасли, таких как BIM-технологии. Использование многокомпонентных терминов в научно-техническом дискурсе позволяет детально описывать сложные инженерные объекты, минимизируя риск профессиональных ошибок. Дальнейшее развитие строительной лексики будет неразрывно связано с автоматизацией и новыми методами моделирования, что предопределяет важность точной передачи информации в профессиональной коммуникации.

Таким образом, строительная лексика является сложной и многоуровневой системой, формирующейся под влиянием исторических, культурных и научно-технических факторов. Её основными особенностями являются системность, терминологическая точность и активное использование заимствований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Абдурахманова А. З. Лингвистическое моделирование строительной терминологии. – М.: Наука, 2018. – 156 с.
2. Лейчик В. М. Терминоведение: предмет, методы, структура. – М.: ЛКИ, 2007. – 256 с.
3. Строительная инженерия: учебное пособие / под ред. В. И. Теличенко. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 320 с.
4. Гринев-Гриневиц С. В. Терминоведение. – М.: Академия, 2008. – 304 с.
5. Хакиева З. У. Англоязычная терминология строительства и строительных технологий. – М.: Инфра-М, 2016. – 198 с.

РОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЯЗЫКА В УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ РИСКАМИ

В современных условиях развития строительной отрасли управление рисками становится одним из ключевых элементов успешной реализации строительных проектов. Строительство связано с большим количеством технических, организационных и экономических факторов, которые могут приводить к возникновению различных рисков. В этой связи особое значение приобретает профессиональный язык, который обеспечивает точность передачи информации, эффективное взаимодействие между участниками проекта и снижение вероятности ошибок при выполнении строительных работ.

Профессиональный язык представляет собой систему специализированных терминов, понятий и выражений, используемых специалистами определённой отрасли для точной передачи профессиональной информации. В строительстве профессиональная терминология позволяет инженерам, архитекторам, проектировщикам, прорабам и рабочим правильно интерпретировать проектную документацию, технические задания и нормативные требования.

Одной из основных причин возникновения строительных рисков является недостаточно точная или искажённая передача информации между участниками строительного процесса. Использование профессионального языка способствует формированию единого информационного пространства и минимизации недопонимания между специалистами различных направлений.

Под строительными рисками понимаются возможные события или условия, которые могут привести к отклонениям от запланированных сроков, увеличению стоимости проекта, снижению качества строительных работ или возникновению аварийных ситуаций. Эффективное управление такими рисками требует четкой коммуникации и точности формулировок в технической документации.

Таблица 1. Факторы строительных рисков и роль профессионального языка

Факторы строительной среды	Роль профессионального языка
Сложность проектной документации	Обеспечивает точность понимания технических требований
Многоуровневая структура участников проекта	Позволяет унифицировать коммуникацию между специалистами

Использование специализированного оборудования	Обеспечивает корректное описание технологий и процессов
Высокая ответственность за безопасность	Способствует точной передаче инструкций и нормативов

Профессиональный язык играет важную роль на всех этапах строительного проекта — от проектирования до эксплуатации объектов. Использование единых терминологических стандартов позволяет значительно снизить вероятность возникновения ошибок при выполнении строительных работ.

Таблица 2. Основные элементы профессионального языка и их влияние на управление рисками

Элемент профессионального языка	Характеристика	Влияние на управление рисками
Терминология	Система специальных строительных терминов	Обеспечивает точность технических описаний
Нормативные формулировки	Использование стандартов и строительных норм	Снижает вероятность нарушений требований
Техническая документация	Проекты, спецификации, инструкции	Минимизирует ошибки при реализации проекта
Профессиональная коммуникация	Общение специалистов строительной отрасли	Улучшает координацию работ

Таким образом, профессиональный язык является важным инструментом управления строительными рисками. Он обеспечивает точность передачи информации, способствует эффективному взаимодействию между участниками строительного процесса и снижает вероятность возникновения ошибок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Аубакир А.С., Нуркатова М.М. Анализ профессиональной коммуникации в строительной отрасли. – Алматы, 2022.
2. Косаева Б.Б. Управление рисками в строительстве. – Шымкент, 2024.
3. Панкова Т.А. Профессиональная коммуникация специалистов технических отраслей. – Москва, 2019.

ЯЗЫКОВАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

В условиях глобализации строительной отрасли владение иностранным языком становится инструментом профессиональной адаптации. Современному инженеру необходимо работать с международными стандартами и ПО на английском языке в рамках цифровой образовательной среды (ЦОС).

Актуальность работы обусловлена поиском баланса между традиционным обучением и информационно-коммуникационными технологиями для формирования цифровой компетенции студентов.

Эффективная подготовка строителей в ЦОС базируется на курсе ESP (English for Specific Purposes). Использование междисциплинарного подхода позволяет интегрировать языковые задачи в инженерные кейсы.

Таблица 1. Компоненты цифровой образовательной среды в обучении ESP

Компонент	Инструменты	Результат
LMS (Системы управления обучением)	Moodle, Google Classroom	Структурированный доступ к материалам
Интерактивный контент	Quizlet, мультимедийные словари	Ускоренное запоминание строительных терминов
Проектная деятельность	Совместная работа в облачных сервисах	Навыки профессиональной коммуникации
Специализированное ПО	Симуляторы, видео-кейсы процессов стройки	Погружение в реальную среду

Современный строительный сектор характеризуется высокой степенью интернационализации и внедрением технологий информационного моделирования зданий (BIM). Цифровая образовательная среда (ЦОС) становится не просто инструментом, а

необходимым условием формирования профессиональной и коммуникативной компетенций студента.

Процесс преодоления ключевых вызовов в языковой подготовке студентов-строителей можно представить в виде четырехэтапной детерминированной модели:

- 1) Лексическая база - освоение технической терминологии для работы с международными стандартами;
- 2) Методологическая адаптация – переход от традиционных к гибким гибридным и дистанционным формам обучения;
- 3) Цифровая синергия – повышение уровня ИКТ-грамотности преподавателей и студентов для эффективного взаимодействия в ЦОС;
- 4) Профессиональная интеграция – применение междисциплинарного подхода (ESP) для решения реальных инженерных задач в глобальной цифровой среде.



Рисунок 1 – Этапы реализации в ЦОС

Использование ЦОС позволяет реализовать междисциплинарный подход: иностранный язык перестает быть изолированной дисциплиной и становится инструментом решения инженерных задач.

Преимущества цифровой подготовки:

- 1) Индивидуализация: студенты могут двигаться по собственной траектории, уделяя больше внимания сложным темам (например, «Расчет конструкций» или «Материалы»);
- 2) Аутентичность: доступ к актуальным англоязычным ресурсам, чертежам и спецификациям в режиме реального времени ;

3) Развитие Soft Skills: работа в цифровой среде развивает критическое мышление и умение работать в распределенных командах.

Таблица 2. Сравнение традиционного и цифрового подходов

Критерий	Традиционный подход	Цифровой подход (ЦОС)
Роль преподавателя	Источник информации	Тьютор, фасилитатор
Материалы	Статичные учебники	Динамичные медиа-ресурсы
Обратная связь	Отложенная (проверка работ)	Мгновенная (автоматизированные тесты)

Цифровая образовательная среда трансформирует языковую подготовку строителей из пассивного изучения грамматики в активный процесс формирования цифровой и профессиональной компетенций. Цифровая образовательная среда выступает не просто техническим фоном, а катализатором качественных изменений в подготовке кадров для строительной отрасли. Переход от формального изучения иностранного языка к модели «язык как инструмент инженера» позволяет эффективно преодолеть разрыв между академической теорией и требованиями современного высокотехнологичного производства. Междисциплинарная интеграция ИКТ и ESP обеспечивает конкурентоспособность выпускника на глобальном рынке труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Алмазова, Н. И. Эволюция систем обучения иностранным языкам в вузе: от коммуникативного к профессионально-ориентированному обучению / Н. И. Алмазова, Л. П. Халяпина, Т. А. Баранова // *Вопросы методики преподавания в вузе*. — 2017. — Т. 6, № 22. — С. 8–19.
2. Безукладников, К. Э. Обучение иностранному языку для специальных целей в цифровой образовательной среде / К. Э. Безукладников, Б. А. Жигалев // *Язык и культура*. — 2019. — № 45. — С. 138–154.
3. Евдокимова, М. Г. Профессионально-ориентированное обучение иностранному языку в неязыковом вузе как система / М. Г. Евдокимова // *Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки*. — 2018. — Вып. 2 (796). — С. 58–71.
4. Коньшева, А. В. Организация самостоятельной работы студентов по иностранному языку в условиях цифровизации образования / А. В. Коньшева // *Высшее техническое образование*. — 2020. — Т. 4, № 1. — С. 43–49.

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ФАКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В условиях современной экономики строительная отрасль требует не только высокой технической подготовки специалистов, но и развитых личностных и коммуникативных компетенций. Одним из важнейших факторов успешной профессиональной деятельности становится эмоциональный интеллект, который обеспечивает эффективное взаимодействие в коллективе, управление стрессом и адаптацию к профессиональной среде. Эмоциональный интеллект рассматривается как способность человека распознавать собственные эмоции и эмоции других людей, понимать их причины и управлять ими в процессе взаимодействия и принятия решений [1].

Для молодых специалистов строительной отрасли проблема профессиональной адаптации является особенно актуальной, поскольку начало трудовой деятельности связано с новыми требованиями, профессиональными нагрузками и необходимостью интеграции в рабочий коллектив [2].

Исследования показывают, что уровень развития эмоционального интеллекта напрямую влияет на социально-психологическую адаптацию молодых специалистов и их профессиональную успешность [2].

Профессиональная адаптация представляет собой процесс приспособления специалиста к условиям профессиональной деятельности, требованиям организации и особенностям трудового коллектива [3].

Таблица 1. Факторы профессиональной адаптации в строительной отрасли и роль эмоционального интеллекта

Факторы профессиональной среды	Роль эмоционального интеллекта
Высокие производственные требования	Способствует эффективному управлению собственными эмоциями
Необходимость командной работы	Помогает понимать эмоциональное состояние коллег
Взаимодействие с различными специалистами (инженерами, проектировщиками, рабочими)	Способствует выстраиванию конструктивного взаимодействия
Стрессовые ситуации на производстве	Позволяет предотвращать конфликты и сохранять эмоциональную устойчивость

Таблица 2. Компоненты эмоционального интеллекта и их влияние на профессиональную адаптацию

Компонент эмоционального интеллекта	Характеристика	Влияние на адаптацию
Самоосознание	Способность понимать собственные эмоции	Помогает контролировать поведение в стрессовых ситуациях
Саморегуляция	Управление эмоциями и реакциями	Снижает уровень конфликтов в коллективе
Эмпатия	Понимание эмоций других людей	Улучшает коммуникацию в рабочей группе
Социальные навыки	Навыки взаимодействия и сотрудничества	Способствуют эффективной командной работе
Мотивация	Внутренняя направленность на достижение целей	Повышает профессиональную результативность

Таким образом, эмоциональный интеллект является важным фактором успешной профессиональной адаптации молодых специалистов строительной отрасли. Он способствует формированию эффективных коммуникативных навыков, развитию стрессоустойчивости и улучшению взаимодействия в профессиональной среде.

Развитие эмоционального интеллекта должно рассматриваться как важный элемент подготовки будущих специалистов строительной отрасли. Включение программ по развитию эмоциональных компетенций в образовательный процесс может повысить уровень профессиональной адаптации выпускников и эффективность их трудовой деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Мурзалинова А.Ж. Развитие эмоционального интеллекта как решающий фактор социально-профессиональной адаптации студентов ТиПО // Вестник Карагандинского университета. Серия педагогика. – 2022.
2. Панкова Т.А. Эмоциональный интеллект как фактор социально-психологической адаптации молодых специалистов: диссертация кандидата психологических наук. – Москва, 2011.
3. Косаева Б.Б. Роль эмоционального интеллекта в снижении профессионального стресса и повышении эффективности труда // Наука высших школ Казахстана. – Шымкент, 2025
4. Аубакир А.С., Нуркатова М.М. Анализ уровня эмоционального интеллекта и особенностей профессиональной адаптации // Вестник КазНПУ им. Абая. – 2021.

ДЕКОРАТИВНАЯ ЛЕПНИНА ФАСАДОВ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА КАЗАХСТАНА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Введение и актуальность проблемы

Декоративная отделка фасадов является неотъемлемым элементом архитектурного облика городской среды. Лепные украшения — карнизы, пилястры, капители, розетки, фризy — на протяжении столетий формировали визуальную идентичность зданий. В последние два десятилетия на строительном рынке Казахстана наблюдается устойчивый интерес к возрождению декоративных фасадных элементов как в жилом, так и в общественном строительстве.

Вместе с тем традиционная технология изготовления лепнины из цементно-известковых и гипсовых растворов обнаруживает существенные ограничения в условиях резко континентального климата. Среднегодовая амплитуда температур в Карагандинской области достигает 75–80°C: зимой температура опускается до –40°C, летом — поднимается выше +40°C. На смену традиционным составам приходят современные материалы — полиуретан (ПУ), стеклофибробетон (СФБ), модифицированные гипсовые смеси. Сравнительный анализ этих материалов как по эксплуатационным, так и по декоративным свойствам является актуальной задачей для проектировщиков и строителей.

2. Климатические факторы как критерий выбора материала

Резко континентальный климат Казахстана определяется тремя ключевыми факторами, критически важными для долговечности фасадных материалов. Во-первых, количество циклов замораживания-оттаивания в год — 80–120 циклов для центральных и северных районов страны, что значительно превышает западноевропейские значения (20–40 циклов). Каждый переход через 0°C вызывает расширение воды в порах материала примерно на 9%, постепенно разрушая структуру. Именно этот параметр нормируется показателем морозостойкости по ГОСТ 10060.

Во-вторых, интенсивное ультрафиолетовое излучение: годовая суммарная солнечная радиация составляет 1600–2000 кВт·ч/м², что ускоряет деградацию полимерных связующих без специального UV-стабилизирующего покрытия. В-третьих, суточные перепады температур в летний период достигают 25–30°C, создавая термические напряжения на границе «несущая стена — отделочный элемент». При несовпадении коэффициентов линейного теплового расширения материалов это приводит к отслоению и трещинообразованию.

3. Сравнительный анализ материалов: эксплуатационные и декоративные характеристики

На основании требований действующих нормативных документов (ГОСТ 10060, ГОСТ 24544, ГОСТ 30244, СП 131.13330.2020) составлена сравнительная характеристика четырёх групп материалов. Таблица 1 объединяет технические («Техн.») и декоративные («Эстет.») показатели.

Таблица 1 — Сравнение эксплуатационных и декоративных характеристик материалов для лепнины фасадов

Показатель	Минеральная лепнина	Полиуретан (ПУ)	Стекло-фибробетон	Гипсовые составы	Тип показателя
Морозостойкость (циклов)	F50–F100	F200+	F150–F200	F35–F75	Техн.
Масса (кг/м²)	40–120	2–5	15–30	10–25	Техн.
Рабочий диапазон темп. (°C)	–30/+70	–60/+90	–50/+80	–20/+60	Техн.
Срок службы (лет)	50–100	20–30	30–50	15–25	Техн.
Устойчивость к UV	Высокая	Средняя*	Высокая	Низкая	Техн.
Точность воспроизв. форм	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая	Эстет.
Мин. толщина элемента (мм)	10–15	3–5	8–12	5–10	Эстет.
Имитация историч. профилей	Отлично	Хорошо	Удовл.	Хорошо	Эстет.
Стоимость монтажа	Высокая	Низкая	Средняя	Средняя	Техн.

* Без UV-защитного покрытия; при наличии акрилового финишного слоя — высокая.

С точки зрения эксплуатационных характеристик полиуретановые изделия показывают наилучшую морозостойкость и наименьшую массу, что особенно важно для навесных систем и сейсмических районов. Стеклофибробетон обеспечивает оптимальный баланс долговечности и рабочего температурного диапазона. Традиционная минеральная лепнина, несмотря на наихудшие показатели морозостойкости и максимальную массу, сохраняет ценность при реставрации исторических объектов.

С точки зрения декоративных возможностей картина иная. Минеральная лепнина и гипсовые составы обеспечивают наивысшую точность воспроизведения тонких архитектурных профилей благодаря высокой пластичности в незатвердевшем состоянии. Полиуретан также допускает высокую детализацию при литьевом производстве. Стеклофибробетон несколько уступает по минимальной толщине элемента и сложности профиля — его технологические ограничения не позволяют воспроизводить тончайшую детализовку классических ордерных форм. Таким образом, для объектов, где архитектурная аутентичность является

приоритетом, предпочтение следует отдавать минеральным или гипсовым составам при условии применения морозостойких модифицирующих добавок.

4. Выводы

Проведённый теоретический анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Выбор материала для декоративной лепнины фасадов в условиях казахстанского климата определяется сочетанием климатической зоны, конструктивного решения фасада и требований к архитектурной детализации.

2. Морозостойкость и совместимость коэффициентов теплового расширения лепнины и несущего основания — определяющие эксплуатационные параметры для резко континентального климата.

3. Декоративные возможности материалов обратно коррелируют с их морозостойкостью: наиболее пластичные составы (минеральная лепнина, гипс) демонстрируют наихудшую устойчивость к климатическим воздействиям.

4. Дальнейшее исследование предполагает лабораторные испытания образцов в условиях ускоренного климатического старения, имитирующего температурные циклы Карагандинской области, и разработку региональных рекомендаций по применению материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. — М.: Минстрой России, 2021.
2. Blazy J., Blazy R., Drobiec L. Glass Fiber Reinforced Concrete as a Durable and Enhanced Material for Structural and Architectural Elements in Smart City — A Review // *Materials*. — 2022. — Vol. 15, № 8. — Art. 2754. — DOI: 10.3390/ma15082754.
3. Yuan Z., Jia Y. Experimental Study on the Mechanical Properties, Water Absorption, and Fiber Degradation of Naturally Aged Glass Fiber and Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete // *Materials*. — 2022. — Vol. 15, № 11. — P. 3760. — DOI: 10.3390/ma15113760.
4. Ahmad J., González-Lezcano R.A., Majdi A. et al. Glass Fibers Reinforced Concrete: Overview on Mechanical, Durability and Microstructure Analysis // *Materials*. — 2022. — Vol. 15, № 15. — Art. 5111. — DOI: 10.3390/ma15155111.

РОЛЬ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ В СОХРАНЕНИИ ЦЕЛОСТНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Основными элементами предотвращения прогрессирующего разрушения мостов являются контроль состояний, деформационных швов, антикоррозионной защиты металлических элементов, восстановление защитного слоя бетона, соблюдение целостности гидроизоляционного слоя. Далее более подробно поговорим об важности деформационных швов в мостах.

Деформационный шов (ДШ) улучшает плавность и безопасность проезда, минимизируя шум и ударные нагрузки, компенсирует относительные перемещения частей конструкции, не допуская передачи напряжений на несущие элементы. Без него возникают трещины, коррозия арматуры и разрушение бетона. Поэтому деформационные швы имеют ключевую роль в долговечности мостовых сооружений и к ним должно быть соответствующие требования, которые подробно описаны в учебном пособии [2].

Повреждения деформационных швов приводит к проникновению влаги, грязи, противогололедных реагентов, нефтепродуктов, приводящие к коррозии металлических и железобетонных конструкции, в результате чего долговечность пролетных строений и опор снижается примерно на 50-70%.

В основе современной практики — сравнительно небольшое число удачных конструктивных решений, благодаря которым деформационные швы подразделяются на несколько основных категорий:

- Деформационные швы закрытого типа- предназначены для компенсации перемещений пролётных строений моста (горизонтальных, вертикальных и угловых) без видимого разрыва в уровне проезжей части. Они состоят из металлических профилей (из оцинкованной стали или алюминия), анкеруемых в несущей конструкции, и эластичными элементами (мастика, эластомер, резиновая вставка) между профилями.

- Швы заполненного типа- в отличие от закрытых швов, имеют явный разрыв над зазором слоя дорожной одежды. С проезжей части отчётливо видны кромки зазора и эластичный заполняющий материал. Зазор заполняется эластичными материалами (мастиками, резиновыми компенсаторами),

- Швы перекрытого типа- промежуток между торцами пролётных строений закрывают специальные гребенчатые, резино- металлические или стальные накладки (листы). При смещении концов пролётных конструкций

эти детали двигаются относительно краёв шва, не образуя открытой щели. Такие устройства выпускаются двух видов:

- Гребенчатые швы оборудованы водоотводящими лотками (уклон лотка –5 %) для сбора воды и грязи.
- Откатные швы — подвид перекрытых деформационных швов, оснащённые плитами на опорах, которые при смещениях перемещаются в межпролётное пространство.

Деформационные швы в процессе эксплуатации подвергаются воздействию внешних факторов; комплексное влияние этих факторов значительно (в 2–3 раза) сокращает срок службы ДШ. Основные факторы воздействия приведены в таблице 1.

Таблица 1. Классификация воздействий конструкции ДШ

Факторы	Воздействия
Природно- климатические	Температура воздуха Переходы температуры через ноль Загрязненность окружающей среды Осадки Воздействия солнечной радиации Сейсмические колебания
Эксплуатационные	Истирающие воздействия шин колес транспортные средств Многократное нагружение колесами Возможность попадания в конструкцию инородных материалов Загрязнение деформационных швов
Перемещения концов пролетных строений	Линейные горизонтальные продольные и поперечные относительные смещения Линейные вертикальные относительные смещения Угловые перемещения в продольной вертикальной плоскости Угловые перемещения в поперечной вертикальной плоскости Угловые перемещения в горизонтальной плоскости

Составлено авторами

Среди всех внешних факторов, приведённых в таблице 1, особого внимания заслуживает динамическое воздействие от наезда шин — оно является одной из основных причин локальных повреждений и ускоренной усталости материалов шва. В приведенной статье [3], проведены исследования наезда шин на деформационные шов. На основе данного исследования можно сформулировать следующие выводы;

- Самым неблагоприятным для деформационного шва случаем является передача нагрузки от контактной зоны только на одну переходную зону и на сам шов с одной стороны.
- В рассмотренном диапазоне скоростей зависимость максимальных напряжений от скорости автомобиля носит нелинейный характер. Согласно

рисунку 1, наибольшие напряжения зафиксированы при скорости 20 км/ч, тогда как при 40 км/ч они оказались ниже.

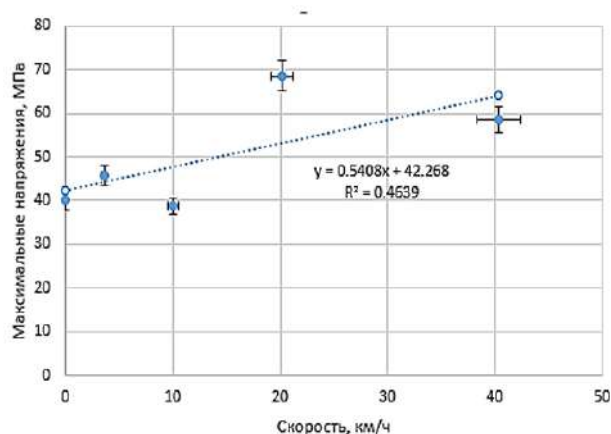


Рисунок.1 Градуировочная зависимость максимальных напряжений в деформационном шве от скорости движения. [3]

Исправный деформационный шов - это барьер, предотвращающий прогрессирующее разрушение моста. Для реализации его защитной функции необходим комплексный подход: обоснованный выбор типа шва (с учётом интенсивности движения, климата и фактических перемещений), регулярный контроль целостности герметизирующего слоя, очистка от загрязнений и своевременный ремонт прилегающего покрытия. Только при соблюдении этих условий деформационный шов сможет выполнять свою ключевую роль — обеспечивать безопасность, долговечность и надёжность мостового сооружения на протяжении всего проектного срока службы.

Список использованных источников

- 1 ОДМ 218.2.025-2012. Деформационные швы мостовых сооружений на автомобильных дорогах: отраслевой дорожный методический документ. — Москва: Росавтодор, 2013. — 90 с.
- 2 Ефанов, А. В. Деформационные швы автодорожных мостов: особенности конструкции и работы: учебное пособие / А. В. Ефанов, И. Г. Овчинников, В. И. Шестериков, В. Н. Макаров. — Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2005. — 140 с.
- 3 Смоленкин, В. С. Определение напряженно-деформированного состояния и динамических параметров деформационных швов заполненного типа с резиновым компенсатором / В. С. Смоленкин, Ш. Н. Валиев, М. С. Наумов // Транспортные сооружения. — 2024. — Т. 11, № 4. — DOI: 10.15862/11SATS424. — URL: <https://t-s.today/PDF/11SATS424.pdf> (дата обращения: 31.03.2026)

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Введение

Строительный контроль при возведении мостов осуществляется для того, чтобы убедиться, что строительство полностью соответствует утвержденному проекту, рабочим чертежам и проекту производства работ.

Строительство мостов требует передовых технологий, которые обеспечивают высокую точность и надежность на всех этапах работ. Традиционные методы контроля качества и мониторинга технологических процессов часто неэффективны в контексте сложных инженерных проектов. Применение цифровых технологий значительно повышает уровень автоматизации и оперативного контроля [1;2].

Роль строительного контроля в системе управления строительством мостовых сооружений

Строительный контроль – это своего рода центр, который объединяет всю информацию о проекте строительства, действует в интересах заказчика и контролирует организацию строительства и сопутствующие процессы от разработки документации до окончательного ввода в эксплуатацию. Практический опыт проведения надзора за работами по основным проектам строительства мостов дает основу для определения и анализа отношений между участниками строительства и установления связей между ними. (рис. 1).



Рис.1 Общая схема взаимодействия участников мостового строительства

Виды и этапы строительного контроля

В современном мостостроении выделяют три основных этапа строительного контроля:

1. Входной контроль: проверка поступающих материалов на объект строительства.

2. Операционный контроль: выполняется в ходе производства работ на строительной площадке (контроль за технологией выполнения работ).

3. Приемочный контроль: это контроль качества СМР работ, который осуществляется при сдаче моста в эксплуатацию.

Инновационные методы контроля и мониторинга

Мониторинг - это системное наблюдение за работой мостового сооружения в эксплуатационных условиях при помощи специальных технических средств.

Основные системы мониторинга за мостами основаны на использовании современных цифровых технологий, которые позволяют обеспечить непрерывный мониторинг всех этапов строительства сооружения.

Ключевыми элементами современных систем являются сенсорные сети, которые в режиме реального времени обнаруживают вибрации, нагрузки, колебания температуры и т.д. Датчики, установленные на конструктивных элементы мостового сооружения, передают данные в центральную систему для анализа.

Критически важен выбор датчиков, соответствующих специфике контролируемых параметров. Для измерения ускорений и наклонов применяются трёхосевые MEMS-акселерометры и инклинометры с низким уровнем шума, например IOLITE® 3xMEMS (рис. 2) [3].



Рис.2 Трёх-осевой MEMS акселерометр с интерфейсом EtherCAT и поддержкой программного обеспечения DEWESoft

(источник: <https://www.althensensors.com/uploads/products/datasheets/iolitei-3xmems-accelerometer-en.pdf>)

Наиболее важным направлением является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Примером успешного применения БПЛА является использование противобударного квадрокоптера Elios (рис. 3) для осмотра мостов. Беспилотники исследовал труднодоступные места между ригелями и коробчатыми балками и выполнял задачи, которые требовали специального оборудования и большого количества времени. Использование Elios значительно сократило время и затраты на проверку, а также повысило безопасность персонала.

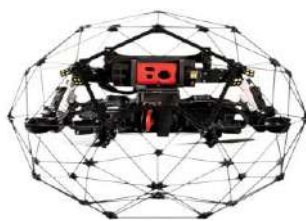


Рис.3 Квадрокоптер Flyability Elios 2 (источник:

https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Equipment/resources/typo3temp_MediaUpload_Elios-2-Brochure-EN-HQ-spreads.pdf)

Другим направлением мониторинга являются геоинформационные системы (ГИС), которые также широко используются при мониторинге строительства мостов.

ГИС играют важную роль в контроле и мониторинге строительства мостовых сооружений, предоставляя инструменты для анализа и визуализации пространственных данных. Они позволяют отслеживать изменения геометрии конструкций и окружающей среды, что важно при строительстве мостов в сложных природных и климатических условиях. Интеграция данных с различных датчиков и дронов с геоинформационными картами обеспечивает комплексный подход к оценке состояния объекта [4].

Вывод

В общем и целом, внедрение современных систем мониторинга в практику строительного контроля мостовых сооружений представляет собой сложную научно-техническую задачу, требующую баланса между современными методами диагностики и экономичностью.

Благодаря постоянному совершенствованию нормативно-правовой базы, унификации протоколов передачи данных и снижению стоимости сенсорного оборудования, системы видеонаблюдения можно перевести из разряда "экспериментальных решений" в разряд обязательных элементов строительного контроля на объектах с высокой ответственностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Маринин, А.Н. Поиск новых технологий в транспортном строительстве / А.Н. Маринин // *Материалы Международной научно-технической конференции "Инновационные технологии при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортных сооружений"*, 4–6 октября 2010 г., Сочи. — Саратов: КУБик, 2010. — С. 86–94. — EDN HRLKSV.
2. Сластин, С.В. Система мониторинга работ при строительстве мостов с использованием инновационных технологий / С.В. Сластин, А.Н. Маринин // *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2023: Сборник докладов IV Национальной научной конференции*, Москва, 15 декабря 2023 года. — Москва: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 2024. — С. 719–724. — EDN NXDNNX.
3. Althen Sensors & Controls. IOLITEI-3XMEMS-ACC : 3-axial MEMS accelerometer with EtherCAT interface and DEWESoft software support [Электронный ресурс] : технический паспорт. — Май 2021. — Режим доступа: <https://www.althensensors.com/uploads/products/datasheets/iolitei-3xmems-acc-accelerometer-en.pdf>.
4. Рассказова, Н.С. Представление данных цифровых моделей рельефа в экологических геоинформационных системах (на примере геоинформационной системы Шеринёвского водохранилища) / Н.С. Рассказова, А.В. Бобылев // *Вестник Челябинского государственного университета*. — 2010. — № 8(189). — С. 36–39. — EDN MOTOTL.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СОВРЕМЕННУЮ АРХИТЕКТУРУ И СТРОИТЕЛЬСТВО

Современная архитектура уже сложно представима без цифровых технологий, поскольку именно они во многом определяют подход к проектированию, строительству и дальнейшей эксплуатации зданий. Если ранее основная работа выполнялась вручную с использованием чертежей и расчётов, то сегодня большая часть процессов перенесена в цифровую среду. Это связано с тем, что требования к зданиям значительно выросли: они должны быть не только эстетически привлекательными, но и функциональными, безопасными, энергоэффективными и удобными для пользователей. В таких условиях цифровые инструменты становятся важной частью профессиональной деятельности архитектора, позволяя повысить точность решений, ускорить процесс проектирования и снизить вероятность ошибок на различных этапах работы.

Одним из ключевых инструментов современной архитектуры является информационное моделирование зданий (BIM). Его особенность заключается в создании не просто визуального представления объекта, а полноценной цифровой модели, содержащей всю необходимую информацию о здании. В такой модели учитываются геометрические параметры, материалы, инженерные системы, а также этапы строительства и эксплуатации. Благодаря этому все участники проекта работают с едиными данными, что значительно улучшает координацию между специалистами. Кроме того, при внесении изменений в одну часть модели автоматически обновляются связанные элементы, что помогает избежать несоответствий и ошибок. Еще одним важным преимуществом BIM является координация между различными разделами проекта. В единой цифровой модели можно объединить архитектурные, конструктивные и инженерные решения. Это позволяет выявлять возможные коллизии между элементами здания еще на стадии проектирования, что значительно снижает риск ошибок в процессе строительства. Например, система может автоматически обнаружить пересечения инженерных коммуникаций с несущими конструкциями здания и предложить варианты их корректировки. BIM-технологии позволяют проводить более точные расчеты строительных материалов, стоимости проекта и сроков строительства. Информационная модель здания содержит подробные данные о количестве используемых материалов, их характеристиках и стоимости. Это дает возможность более точно планировать бюджет проекта и контролировать расход ресурсов на всех этапах строительства. Важным преимуществом BIM является также возможность анализа энергоэффективности зданий. Современные программные комплексы

позволяют моделировать тепловые характеристики здания, анализировать освещенность помещений и оптимизировать архитектурные решения с точки зрения энергосбережения. Это особенно актуально в условиях современных требований к экологичности и устойчивому развитию архитектурной среды.

Не менее важную роль в архитектуре играет трёхмерная визуализация, которая значительно изменила способ представления проектов. В отличие от традиционных чертежей, 3D-модели дают возможность увидеть будущий объект в объёме и оценить его внешний вид, пропорции и взаимодействие с окружающей средой. Это особенно важно при работе со сложными архитектурными формами, где необходимо учитывать множество деталей. Архитектор может на ранних этапах выявить возможные недостатки и внести корректировки, не дожидаясь стадии строительства. Для заказчика такие визуализации делают проект более понятным и наглядным, что облегчает процесс обсуждения и согласования. В результате уменьшается количество изменений на поздних этапах и повышается общая эффективность работы над проектом.

Существенное влияние на развитие архитектуры оказывает также использование искусственного интеллекта и алгоритмических методов проектирования. Современные программные решения способны анализировать большое количество параметров и предлагать оптимальные варианты планировочных и конструктивных решений. Например, системы могут учитывать освещённость, вентиляцию, теплопотери и ориентацию здания, что позволяет создавать более комфортные и энергоэффективные объекты. Такие технологии помогают архитекторам принимать более обоснованные решения и находить нестандартные подходы к проектированию. При этом искусственный интеллект не заменяет специалиста, а выступает в качестве инструмента, который расширяет его возможности и повышает качество конечного результата.

Цифровые технологии находят широкое применение и непосредственно в строительстве. Одним из перспективных направлений является использование 3D-печати, которая позволяет создавать строительные элементы с высокой точностью и минимальными затратами времени. В некоторых случаях с её помощью возможно возведение целых зданий, что открывает новые возможности для отрасли. Помимо этого, активно развиваются роботизированные системы и автоматизированная техника, выполняющие сложные и трудоёмкие операции. Их применение способствует повышению безопасности на строительных площадках и снижению влияния человеческого фактора, что особенно важно при выполнении работ в сложных условиях.

На этапе эксплуатации зданий цифровые технологии также играют важную роль, обеспечивая более эффективное управление ресурсами и комфортом пользователей. Системы «умного дома» позволяют

автоматически регулировать освещение, температуру и другие параметры, адаптируя их под потребности человека. Это не только повышает удобство проживания, но и способствует экономии энергии. В более широком масштабе подобные технологии применяются в концепции «умного города», где цифровые решения используются для управления транспортной системой, коммунальной инфраструктурой и общественными пространствами. Такой подход позволяет улучшить качество городской среды и сделать её более удобной для жизни.

Несмотря на значительные преимущества, внедрение цифровых технологий сопровождается рядом сложностей. В первую очередь это связано с необходимостью финансовых вложений в программное обеспечение и оборудование, а также с потребностью в подготовке квалифицированных специалистов. Переход к новым технологиям требует времени и изменения привычных рабочих процессов. Кроме того, возрастает значимость вопросов информационной безопасности, поскольку работа с цифровыми моделями предполагает хранение и передачу большого объёма данных. Тем не менее, по мере развития технологий эти трудности постепенно уменьшаются, а цифровые инструменты становятся более доступными и удобными в использовании.

В Казахстане процесс цифровизации архитектурной и строительной отрасли активно развивается и получает поддержку на государственном уровне. Всё больше организаций внедряют современные технологии в свою деятельность, что способствует повышению качества проектирования и строительства. Однако для дальнейшего прогресса необходимо совершенствовать систему образования, готовить специалистов нового поколения и создавать условия для широкого внедрения цифровых решений. Это позволит повысить конкурентоспособность отрасли и обеспечить её устойчивое развитие в будущем.

Таким образом, цифровые технологии оказывают значительное влияние на современную архитектуру и строительство, изменяя подходы к проектированию, реализации и эксплуатации зданий. Их использование позволяет повысить точность, эффективность и качество работы, а также создавать более удобную и технологичную архитектурную среду. В перспективе роль цифровых решений будет продолжать расти, формируя новые принципы развития архитектуры и строительства.

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. *BIM Handbook*. – Hoboken: Wiley, 2018.
2. Петров В.В. *Информационные технологии в строительстве*. – М.: АСВ, 2020.
3. Смирнов А.А. *Цифровизация строительной отрасли*. – СПб.: Питер, 2021.
4. Жумагулов А.Б. *Развитие BIM-технологий в Казахстане*. – Алматы, 2022.
5. Kensek K., Noble D. *Building Information Modeling*. – London: Routledge, 2019.

АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ КАРАГАНДЫ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОГО ОБЛИКА ГОРОДА

Архитектурное развитие города Караганды представляет собой сложный и многогранный процесс, тесно связанный с историей индустриализации Казахстана в XX веке. Формирование городской среды происходило под влиянием экономических, социальных и культурных факторов, что нашло отражение в архитектурно-планировочной структуре города. Согласно исследованиям в области архитектуры Казахстана, именно промышленное освоение территорий стало ключевым фактором возникновения новых городских центров, к числу которых относится Караганда.

Градостроительная структура города формировалась на основе принципов функционального зонирования, характерных для советского периода. В соответствии с теорией градостроительства, изложенной в профильных научных трудах, городская территория делилась на жилые, производственные и общественные зоны, что обеспечивало рациональную организацию пространства. Данные принципы нашли широкое применение в Караганде, где жилые районы формировались в непосредственной близости от промышленных объектов.

Архитектурное наследие Караганды включает значительное количество объектов, выполненных в стилях конструктивизма, сталинского ампира и советского модернизма. Конструктивизм, как отмечается в трудах по истории архитектуры, характеризуется простотой форм, функциональностью и отказом от излишнего декора. В последующие годы развитие архитектуры сопровождалось появлением более выразительных решений, ориентированных на создание монументального облика городской среды.

Одним из ярких примеров архитектурного наследия является Дворец культуры горняков, который представляет собой важный элемент культурной инфраструктуры города. Данное здание выполняет не только общественную функцию, но и играет значительную роль в формировании архитектурного силуэта центральной части Караганды. Подобные объекты создают уникальную идентичность городской среды и являются носителями исторической памяти.

Современный этап развития архитектуры Караганды характеризуется активным внедрением новых технологий проектирования и строительства. В соответствии с современными тенденциями, описанными в работах по всеобщей истории архитектуры, наблюдается переход к более гибким и инновационным решениям, включающим использование цифровых технологий, энергоэффективных материалов и устойчивых архитектурных

подходов. Однако внедрение новых архитектурных форм требует бережного отношения к существующему историческому контексту.

Одной из ключевых проблем современного градостроительства является сохранение архитектурного наследия в условиях активной урбанизации. В научной литературе подчёркивается, что утрата исторической застройки приводит к разрушению культурной преемственности и снижению эстетической ценности городской среды. В Караганде данная проблема проявляется в виде частичной утраты объектов советского периода и их замены типовыми современными зданиями.

В последние годы Караганда развивает направление стрит-арта. Это появление муралов на торцах типовых домов и административных зданий. Тематика которых раскрывает историю региона, шахтёрский труд, казахскую культуру, экологию и будущее нашего города. В работе с муралом художники работают с масштабом архитектуры, превращая «серые» фасады в визуальные акценты. Муралы вступают в диалог с архитектурой, оживляя пространство. Архитектурное наследие и муралы формируют современный облик Караганды через переосмысление индустриальной идентичности, визуальной гуманизации среды, туристическую и культурную привлекательность и соответственно связь поколений. Где типовая советская застройка становится более «живой» и эмоционально привлекательной. Муралы формируют новые маршруты, превращая город в открытую галерею. Старые здания, связанные с шахтёрской историей, получают новые смыслы, через изображения людей, символов труда и культуры.

В этой связи особую актуальность приобретает разработка стратегий сохранения и адаптации архитектурного наследия. К числу таких мер можно отнести реставрацию исторических зданий, их функциональную адаптацию под современные нужды, а также интеграцию в новые градостроительные проекты. Комплексный подход к решению данной задачи позволяет сохранить уникальность городской среды и обеспечить её устойчивое развитие. Архитектурное наследие Караганды играет ключевую роль в формировании её современного облика. Оно отражает исторические этапы развития города и служит основой для дальнейшего архитектурного и градостроительного развития. Сохранение и рациональное использование данного наследия является важным условием создания гармоничной, комфортной и эстетически выразительной городской среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архитектура Казахстана XX века* — М.: Алматы, 2004. — 930 с.
2. *Градостроительство Казахстана* — Алма-Ата: Казахстан, 1973. — 78 с.
3. *Архитектура Казахстана* — Алматы: Онер, 2013.
4. *История архитектуры* — Учебное пособие для студентов архитектуры, 2015.
5. *Всеобщая история архитектуры* — М.: Эксмо, 2017.

ШҰҒЫЛ КОНТИНЕНТТІК КЛИМАТ ЖАҒДАЙЫНДА ҒИМАРАТТАРДЫҢ ҚОРШАУ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАУЫН ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ МОНТАЖДАУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

Ғимараттардың энергия тиімділігін арттыру мәселесі құрылыс саласының негізгі бағыттарының бірі болып саналады. Әсіресе шұғыл континенттік климат тән аймақтарда температураның айтарлықтай ауытқуы ғимараттардың жылу қорғау қасиеттеріне жоғары талаптар қояды. Осындай климаттық жағдайда ғимараттардың қоршау конструкциялары арқылы жылу жоғалту мөлшері едәуір жоғары болуы мүмкін. Сондықтан тиімді жылу оқшаулау жүйелерін қолдану ғимараттарды пайдалану кезіндегі энергия шығынын азайтуда маңызды рөл атқарады [1].

Қазақстанның климаттық жағдайы қыстың суықтығымен және жаздың ыстығымен ерекшеленеді. Температура айырмашылығының жоғары болуы ғимараттардың сыртқы қабырғаларына, шатырларына және басқа қоршау элементтеріне қосымша жылу жүктемесін түсіреді. Осыған байланысты құрылыс кезінде жылу техникалық талаптарды сақтау және энергия үнемдейтін материалдарды пайдалану маңызды болып табылады [2].

Кесте 1.

Ғимарат элементтері бойынша жылу шығынының үлесі

Ғимарат элементі	Жылу шығыны үлесі
Қоршау конструкциялары	40-60%
Сыртқы қабырғалар	35-40%
Терезелер	20-25%
Шатыр	15-20%
Еден	10-15%
Желдету және инфильтрация	10-15%

Ғимараттардың қоршау конструкциялары ішкі кеңістікті сыртқы климаттық әсерлерден қорғауға арналған негізгі элементтер болып табылады. Оларға сыртқы қабырғалар, шатырлар, едендер, терезелер және есік жүйелері жатады. Зерттеулер көрсеткендей, ғимараттардағы жалпы жылу шығынының шамамен 40-60% дәл осы қоршау конструкциялары арқылы жоғалады [3].

Жылу оқшаулау жүйелерінің негізгі мақсаты – ғимарат ішіндегі қолайлы микроклиматты сақтау және энергия тұтыну көлемін төмендету. Қазіргі құрылыс тәжірибесінде минералды мақта, пенополистирол, базальт талшықты плиталар және полиуретанды материалдар кеңінен қолданылады. Бұл материалдар төмен жылу өткізгіштік коэффициентіне ие болғандықтан ғимараттың жылу қорғау қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді [4].

Сонымен қатар жылу оқшаулау тиімділігі тек материалдардың сапасына ғана емес, сонымен қатар монтаж жұмыстарының дұрыс орындалуына да байланысты. Монтаж кезінде жіктердің дұрыс герметизацияланбауы, жылу көпірлерінің пайда болуы немесе бу оқшаулау қабатының дұрыс орналастырылмауы ғимараттың жылу жоғалтуын арттыруы мүмкін. Сондықтан жобалау кезеңінде конструкцияның жылу техникалық есептері жүргізіліп, монтаж технологиясы дұрыс таңдалуы қажет [5].

Қазіргі кезде энергия тиімді ғимараттарды жобалау кезінде көп қабатты қоршау конструкцияларын қолдану кең таралған. Мұндай жүйелер бірнеше функционалдық қабаттардан тұрып, жылу ағынын төмендетуге және ғимараттың жалпы энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [6].

Кесте 2.

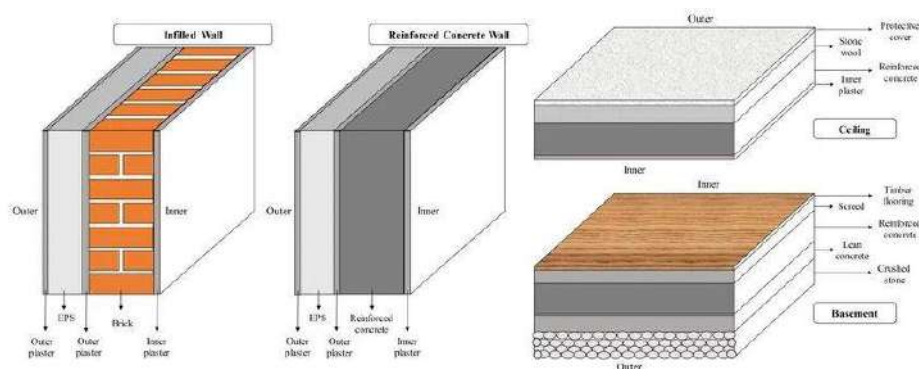
Негізгі жылу оқшаулағыш материалдардың сипаттамалары

Материал	Жылу өткізгіштік коэффициенті (Вт/м·К)	Тығыздығы (кг/м ³)	Қолданылуы
Минералды мақта	0,035-0,045	50-200	Қабырға, шатыр
Пенополистирол	0,032-0,038	15-40	Қасбет, іргетас
Базальт плиталары	0,034-0,042	80-200	Қасбеттік жүйелер
Пенополиуретан	0,025-0,030	30-80	Шатыр, қабырға

Бұл материалдар төмен жылу өткізгіштік қасиеттеріне байланысты ғимараттардың жылу қорғау көрсеткіштерін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді [4].

Төменде көрсетілген суретте ғимарат қабырғасының көп қабатты құрылымы көрсетілген: ішкі қабырға, бу оқшаулау қабаты, жылу оқшаулағыш материал және сыртқы қорғаныс қабаты.

Мұндай жүйе жылу шығынын азайтып, ғимараттың энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [6].



Сурет 1 – Қабырғаның көп қабатты жылу оқшаулау жүйесінің схемасы

Жүргізілген талдау нәтижесінде шұғыл континенттік климат жағдайында ғимараттардың қоршау конструкцияларын тиімді жылу оқшаулау маңызды екендігі анықталды. Қоршау конструкцияларын дұрыс жобалау, жылу техникалық есептеулерді жүргізу және сапалы монтаж жұмыстарын орындау ғимараттардың энергия тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар заманауи жылу оқшаулағыш материалдарды қолдану ғимараттардың жылу шығынын азайтып, энергия ресурстарын үнемдеуге ықпал етеді. Бұл өз кезегінде ғимараттардың эксплуатациялық шығындарын төмендетіп, тұрғындардың өмір сүру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Умерешова С.Г., Шингужиева А.Б. Энергоэффективные материалы в ограждающих конструкциях зданий. – 2023. <https://ojs.wkau.kz/index.php/gbj/article/view/1712>
2. СНиП РК 2.04-03-2002. Строительная теплотехника. – Алматы.
3. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих конструкций зданий. – Москва: АСВ, 2016.
4. Жуков А.Д., Кудряшов В.И. Теплоизоляционные материалы в строительстве. – Москва: Стройиздат, 2018.
5. ҚР СТ ISO 6781-2015. Жылу оқшаулау. Қоршау конструкцияларындағы жылу техникалық бұзылуларды анықтау.

КӨЛІК ЖӘНЕ ЛОГИСТИКА

Khuseinov U.U. (Tashkent, TSTU)
Nurmukhamedov J.T. (Tashkent, TSTU)
Makhmudov M.G. (Tashkent, TSTU)

DETERMINING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INCREASING THE CAPACITY OF SINGLE-TRACK RAILWAY SECTIONS USING AN AUTOMATIC BLOCK POST SYSTEM

Currently, the technological modernization of railway transport is recognized as a critical determinant of sustainable national economic development. In this context, comprehensive reforms are being undertaken to enhance the quality and efficiency of transport services, facilitate the country's integration into the global economic framework, and ensure the systematic advancement of transport and logistics infrastructure. Concurrently, the design and implementation of energy-efficient, reliable, and uninterrupted traffic management systems along with their modernization through centralized control mechanisms represent one of the most significant scientific and applied challenges in the railway sector [1].

The throughput capacity of railway sections constitutes a fundamental performance indicator that directly influences the efficiency of freight transportation operations. It plays a pivotal role in optimizing the utilization of railway infrastructure, increasing traffic density, and improving the overall organization of transport processes [2]. The continuous growth in freight transportation demand exacerbates the discrepancy between available and required line capacity. This imbalance is primarily обусловлен by factors such as station processing capabilities, interstation distances, track configuration, and the characteristics of traffic control systems. Notably, the segmentation of interstation sections equipped with semi-automatic block systems into discrete block intervals enables the sequential dispatching of trains. This operational approach contributes to mitigating capacity constraints and enhancing the effective use of railway infrastructure.

This paper determines the economic efficiency of increasing the capacity of the “Tukimachi – Angren” railway section of JSC “Uzbekistan railways”, which is equipped with a semi-automatic block system, by introducing automatic block posts (ABP) on its interstation sections. The study clarifies the required capital investments for implementing block posts to increase the existing capacity of this section, as well as the expected cost savings.

For a partially grouped (packet) train dispatch schedule, the existing capacity of single-track railway sections is determined using the following formula [3-4]:

$$N_{exist}^{chp} = \frac{K \cdot (1440 - t_{tech}) \cdot \alpha_{rel}}{[K - (K - 1) \cdot \alpha_p] \cdot T_{per} + (K - 1) \cdot (J' + J'') \cdot \alpha_p}, \text{ paired train} \quad (1)$$

where, T_{per} – timetable period ($T_{per} = t^{odd} + t_{ac} + t^{even} + t_{dec} + \tau_a + \tau_b$), minute; t_{ac} , t_{dec} – train acceleration and deceleration times, minute ($t_{ac} = 3$, $t_{dec} = 2$ minute); t^{odd} , t^{even} – train running times between sections in odd and even directions, minute; τ_a , τ_b – respectively, station crossing intervals at stations b and a , minute ($\tau_a = 2$, $\tau_b = 3$ minute); α_{rel} – coefficient accounting for the reliability of technical systems (infrastructure and rolling stock, for electric traction $\alpha_{rel} = 0,93$); t_{tech} – duration of the daily time budget allocated for planned maintenance and construction works, minutes (for single-track sections – 75 minute); t' , t'' – travel time over the limiting block section in the odd and even directions, respectively, taking into account acceleration and deceleration ($t' + t'' = t^{odd} + t_{ac} + t^{even} + t_{dec}$), minute; K – number of trains in a block, trains; α_p – train batching coefficient; J' , J'' – interval between trains in a block in the odd and even directions, respectively, minutes.

The interval between trains in a packet is determined for the odd and even directions as follows:

$$J' = \left\lceil \frac{t^{odd}}{x} \right\rceil + \tau_{ps} \quad J'' = \left\lceil \frac{t^{even}}{x} \right\rceil + \tau_{ps} \quad (2)$$

where, τ_{ps} – interval of consecutive trains in the same direction, minutes ($\tau_{ps} = 1$ minute); x – number of block sections on the line sections.

It is recommended to adopt the packetization coefficient at a value not exceeding 0,7 [3]. Therefore, when calculating the existing throughput capacity, α_p is taken as 0,7 in accordance with the guideline [4].

Considering that the technical condition of the “Tukimachi – Angren” railway section of JSC “Uzbekistan railways” does not fully accommodate the current freight volumes, it indicates that the section is not ready for the projected future freight volumes. Taking into account the expected transit freight flows from the prospective “China – Kyrgyzstan – Uzbekistan” railway project, the task has been set to increase the throughput capacity of this section to 35-40 train pairs. This creates the need for costly reconstruction measures, such as constructing a second main track. To save investments, it highlights the necessity of methods for identifying reconstruction measures aimed at eliminating sections limiting the throughput capacity of railway segments by dividing them into block sections. As one of such reconstruction measures, dividing sections that limit throughput capacity into multiple block sections using automatic block posts (ABP) is considered one of the most optimal solutions. Because once the section is divided into multiple block sections with automatic block posts (ABP), train movements can be organized based on a partially grouped (packet) schedule, allowing consecutive dispatch of trains.

The stations located on the “Tukimachi – Angren” railway section, the running time of freight trains, the lengths of sections, and the throughput capacity of trains on each section are shown in figure 1.

The existing throughput capacity of the section for each segment was calculated according to formula (1). Based on Figure 1, it is required to increase the throughput capacity of all segments except the “Sergeli – Jaloir” section. The results of determining the number of block posts necessary to increase the throughput capacity of the section’s segments within the required range are presented in table 1.

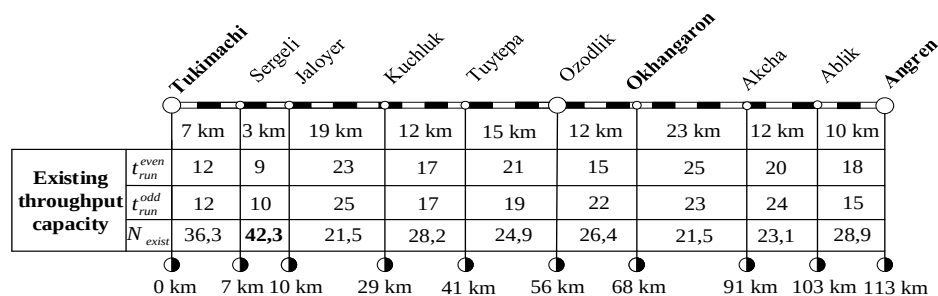


Fig. 1. Current indicators of the “Tukimachi – Angren” railway section

Table 1

Results of determining the number of ABPs required to increase the throughput capacity of the section

Inter-station sections	N_{exist}^{chp}	t^{odd}	t^{even}	χ	J'	J''	t_{ac}	t_{dec}	τ_a	τ_b	$*n$	$**C_t$
Tukimachi – Sergeli	45,9	12	12	2	7	7	3	2	3	3	1	1,9
Jaloir – Kuchluk	38,8	25	23	5	6	6	3	2	3	3	4	2,9
Kuchluk – Tuytepa	41,6	17	17	3	7	7	3	2	3	3	2	2,3
Tuytepa – Ozodlik	40,9	19	21	4	6	7	3	2	3	3	3	2,6
Ozodlik – Okhangaron	38,9	22	15	3	9	6	3	2	3	3	2	2,3
Okhangaron – Akcha	38,8	23	25	5	6	6	3	2	3	3	4	2,9
Akcha – Ablik	38,5	24	20	4	7	6	3	2	3	3	3	2,6
Ablik – Angren	43,0	15	18	3	6	7	3	2	3	3	2	2,3
Total:											21	19,8

$*n$ – required number of ABPs ($n=21$); $**C_t$ – cost of implementing an ABP, billion UZS

Conclusion. According to table 1, a total of 21 ABPs are required to increase the throughput capacity of the “Tukimachi – Angren” railway section within the required range. The funds required (capital investments) to implement 21 ABPs amount to $C_t = 19,8$ billion UZS, or 162 million USD. Currently, the “Tukimachi – Angren” railway section operates using manned block posts. By implementing ABPs, it is possible to reduce 21 workers per shift, totaling 63 positions. The annual savings from the reduced workforce amount to 3,4 billion UZS, or 0,28 million USD.

LIST OF REFERENCES

1. Хусенов У.В., Суюнбаев Ш.М., Худайбергенов С.К., Тохтаходжаева М.М. Метод определения экономической эффективности развития инфраструктуры железнодорожной станции // Научно-технический журнал машиностроение. – 2022. – №3. – С. 101-116.

UDC006.85.(574.3)=111

Kudaibergenova A.B. (Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

Zhakupova Sh.S. (Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

STANDARDIZATION OF LOGISTICS PROCESSES AS A FACTOR IN INCREASING THE EFFICIENCY OF URBAN TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Modern urban development is characterized by rapid growth of population, motorization, and freight flows, which significantly increases the load on transport infrastructure. Under these conditions, the efficiency of logistics processes becomes a key factor in ensuring the sustainable functioning of the city. One of the most important tools for improving logistics performance is the standardization of processes, which ensures uniform requirements, transparency of operations, and coordination between infrastructure participants.

In the context of digital transformation and the introduction of SMART technologies, the lack of unified standards for managing transport and logistics processes leads to fragmentation of information flows, duplication of functions, and increased operational costs. Standardization makes it possible to formalize procedures, unify documentation, optimize interaction between carriers, dispatch services, and municipal authorities, and ensure compliance with quality and safety requirements.

The aim of this research is to study the impact of standardization of logistics processes on the efficiency of urban transport infrastructure and to develop practical recommendations for its implementation at the city level.

Main objectives:

- Analyze theoretical approaches to the standardization of logistics processes;
- Identify key problem areas in the organization of urban transport logistics;
- Determine the main standards applicable in transport and logistics activities;
- Develop a model for integrating standardized procedures into urban infrastructure management;
- Assess the expected economic and operational effects of standardization.

The methodological basis of the research includes system analysis, comparative analysis, process modeling, and performance evaluation methods. International and national regulatory frameworks were considered, including standards of the International Organization for Standardization (ISO), in particular ISO 9001 (quality management systems), ISO 28000 (security management systems for the supply chain), and ISO 39001 (road traffic safety management systems). In addition, elements of digital logistics platforms and intelligent transport systems were analyzed as tools supporting standard implementation.

Standardization in logistics can be implemented at several levels: organizational, technological, informational, and regulatory. At the organizational level, it involves the formalization of business processes (transport planning, routing, dispatching, warehouse operations). At the technological level, it includes unified requirements for vehicles, loading equipment, and traffic control systems. At the informational level, it ensures compatibility of digital platforms and data exchange formats. At the regulatory level, it defines legal norms governing transport activities.

Key elements of standardized logistics processes and their impact

Element of standardization	Description	Expected effect
Process regulation	Formalized procedures and operating instructions	Reduction of operational errors
Unified documentation	Standard forms and reporting systems	Transparency and traceability
Performance indicators (KPI)	Standardized evaluation criteria	Objective efficiency assessment
Digital integration	Unified data exchange protocols	Faster decision-making
Risk management procedures	Identification and mitigation of logistics risks	Increased reliability

The implementation of standardized logistics procedures contributes to measurable improvements in transport infrastructure performance. Among the main performance indicators influenced by standardization are:

- Reduction in average delivery time;
- Decrease in transport operating costs;
- Increase in vehicle utilization rate;
- Improvement of traffic safety indicators;
- Reduction in environmental impact due to optimized routing.

The practical model proposed in this study includes the following stages:

1. Diagnostics of existing logistics processes in the urban transport system;
2. Identification of inconsistencies and inefficiencies;
3. Selection and adaptation of relevant international and national standards;
4. Development of internal regulations and digital monitoring tools;
5. Training of personnel and phased implementation;
6. Monitoring and continuous improvement based on performance metrics.

The economic effect of standardization is expressed through cost reduction, increased service quality, and enhanced investment attractiveness of the city's

transport sector. Operational efficiency improves due to better coordination between infrastructure elements, reduced downtime, and optimized traffic management.

In the long term, the integration of standardized logistics processes with intelligent transport systems and digital platforms creates a foundation for the development of a sustainable and adaptive urban transport environment. Standardization not only improves current operational indicators but also ensures scalability and resilience of infrastructure under conditions of growing demand and technological change.

Thus, standardization of logistics processes is a strategic factor in increasing the efficiency of urban transport infrastructure. Its systematic implementation allows cities to enhance competitiveness, ensure transport safety, and achieve sustainable socio-economic development.

LIST OF REFERENCES

6. International Organization for Standardization. *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements*. Geneva: ISO, 2015.
7. International Organization for Standardization. *ISO 28000:2022 Security and resilience — Security management systems — Requirements*. Geneva: ISO, 2022.
8. International Organization for Standardization. *ISO 39001:2012 Road traffic safety (RTS) management systems — Requirements with guidance for use*. Geneva: ISO, 2012.
9. Christopher, M. *Logistics & Supply Chain Management*. 5th ed. Harlow: Pearson Education, 2016.

IMPROVING FREIGHT TARIFFS IN RAILWAY TRANSPORT: AN ECONOMIC MATHEMATICAL MODEL BASED ON INCENTIVE-EFFECTIVENESS

Fares for transportation of all goods in wagon shipments in universal wagons (closed wagons, platforms, semi-open wagons) Price list 10-01 [1] Part 1 of: is determined according to the tariff scheme №1 for the transportation of goods in universal wagons of the railway. In the accounting table of transportation in universal wagons belonging to the inventory fleet, prices are given in separate columns for infrastructure, locomotives and wagons. The total shipping cost is calculated by the bar and row intersecting the freight weight and shipping distance, respectively.

Local transportation rates [2] and taking into account value added tax, the total cost of transportation for wagons belonging to the inventory fleet (1) and (2) looks like this:

$$T_{inv.wag.} = [T_{inv.} + T_{loc.} + T_{wag.}] \quad (1)$$

where, $T_{inv.wag.}$ – total transportation cost, UZS; $T_{inv.}$ – payment for infrastructure (railway network), UZS; $T_{loc.}$ – payment for locomotive service, UZS; $T_{wag.}$ – payment for a wagon UZS;

$$T_{inv.wag.} = [(T_{inv.} + T_{loc.}) \cdot k_1 + T_{wag.} \cdot k_2] \quad (2)$$

where, k_1 – coefficients of infrastructure and locomotive parts; k_2 – wagon part coefficient. According to [2], it is recommended to use $k_1=0,774$ and $k_2=0,91$.

For the transportation of goods in universal wagons owned or leased by ministries and departments, enterprises and organizations, the tariff is determined according to tariff scheme № 2 [1]. In the calculation table, prices for transport in private and leased universal wagons are given in separate columns for infrastructure and locomotives. The total shipping cost is calculated by the bar and row intersecting the freight weight and shipping distance, respectively. According to Tariff Guide № 4, payment for the distance traveled by an empty railway locomotive of wagons owned or leased by enterprises, ministries and departments is charged based on tariff schemes 14-15-16, depending on the type of wagon. The total price of cargo transportation in private wagons and taking into account local dispatching rates and value added tax is as follows (3) and (4):

$$T_{inv.wag.} = [T_{inv.} + T_{loc.} + T_{wag.empty.}], \text{ UZS} \quad (3)$$

where, $T_{wag.empty.}$ – payment for the distance traveled by a railway locomotive with an empty private wagon, UZS;

$$T_{inv.wag.} = [(T_{inv.} + T_{loc.}) \cdot k_1 + T_{wag.empty.} \cdot k_3] \cdot r_{vat} , \text{ UZS} \quad (4)$$

where, k_3 – wagon part coefficient; $r_{vat.}$ – value added tax (12 %).

Using the calculation method currently used to calculate the total transportation cost, freight transportation prices for universal wagons on local routes were calculated for various distances, with a load of 60-80 tons per wagon.

The prices for transporting 10 tons of cargo over distances of 500 km and 2000 km in a universal wagon and tank truck belonging to the inventory and private fleet are calculated Table 1 as follows:

Table 1

Prices for freight transportation in wagons belonging
to inventory and private fleet

Wagon type	Inventory park		Private park	
	500 km	2000 km	500 km	2000 km
Universal	3 985 887,67	11 111 472,5	2 941 571,81	8 581 929,16
Tanker	225 146,764	673 407,905	200 025,626	1 868 144,54

According to the calculation analysis, it was determined that the cost of freight transportation in private wagons is 65-67% of the cost of freight transportation in wagons belonging to the inventory fleet for short distances (5-200 km), and 71-75% for long distances (201-2000 km).

In general, these factors cause the same problem as in (5):

$$T_{total}^{private} < T_{total}^{inven.} \quad (5)$$

Solving this problem can be achieved by encouraging private operators, reducing idleness, and optimizing the use of wagons. Efficiency coefficient determined and stimulated optimization model based on the integration of fundamental economic and mathematical laws through mathematical laws, a railway tariff model (6) based on efficiency was created:

$$T_{rail.} = [(T_{inv.} + T_{loc.}) \cdot k_1 + T_{wag.} \cdot k_2 \cdot \alpha - S_{eff.}] \cdot (1 + r_{vat}) \quad (6)$$

where, α – payment for the distance traveled by a railway locomotive with an empty private wagon, UZS; $S_{eff.}$ – efficiency-based incentive.

In this study, the existing methods of forming freight transportation tariffs using universal wagons in railway transport were comprehensively analyzed, and their economic and logistical limitations were identified.

The calculation results show that the proposed approach has a more stable and economically justified tariff dynamics than traditional models, with a smoother growth rate of costs with increasing distance. As a result, it expands the possibilities of efficient use of resources in freight transportation processes involving private operators.

In general, the developed model provides both a theoretical and practical foundation for improving tariff policy in railway transport, expanding private sector participation, and fostering a competitive environment.

LIST OF REFERENCES

1. Прейскурант № 10-01 на грузовые железнодорожные перевозки во внутриреспубликанском сообщении (Тарифное руководство № 1 Узбекской железной дороги): сог. постановлением М-ва финансов Респ. Узбекистан от 17.07.2000 № МА/15-01-36/193 (утв ГАЖК “Ўзбекистон темир йўллари” № ННТП – 15/25 17.07.2000): сб. правил перевозок и тарифов железнодорожного транспорта общего пользования / Узбекская железная дорога. – Ташкент, 2000. – 182 с.
2. “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ раисининг 2025-йил 13-январдаги Н/181-А-сонли буйруғи.

THE IMPORTANCE OF LANGUAGE PLAY IN LINGUOPOETICS: HISTORICAL DEVELOPMENT AND TYPOLOGY

Linguopoetics has emerged as a significant interdisciplinary field that examines the aesthetic potential of language in literary texts. It focuses on how linguistic units function not only as carriers of meaning but also as instruments of artistic expression. Within this framework, language play represents a key manifestation of linguistic creativity, involving the intentional manipulation of linguistic norms to produce expressive and stylistic effects [2]. Despite its importance, the role of language play in linguopoetics remains insufficiently explored, particularly in comparative contexts.

The theoretical foundation of linguopoetics can be traced to the concept of the poetic function proposed by Jakobson [3], who argued that language in literary texts draws attention to its own form. This perspective highlights the importance of structural and phonetic features in shaping meaning. Similarly, the notion of defamiliarization introduced by Shklovsky emphasizes the role of artistic language in transforming ordinary perception into a more complex and intensified experience. Language play can thus be understood as a mechanism that disrupts conventional linguistic patterns and enhances perceptual engagement.

Another important theoretical contribution is found in Wittgenstein's concept of language games, which suggests that meaning is not fixed but emerges through use in specific contexts. This idea reinforces the view that language play is inherently dynamic and context-dependent. In modern linguistics, [1] and [2] further developed the concept by emphasizing its role in creativity, communication, and language learning.

The aim of this study is to investigate the importance of language play in linguopoetics by analyzing its theoretical foundations, historical development, and functional properties.

The research adopts a comprehensive methodological framework that combines linguopoetic analysis with functional-semantic and structural-functional approaches. Linguopoetic analysis serves as the primary method, enabling the examination of the aesthetic and expressive potential of linguistic elements in literary discourse. The functional-semantic method is employed to analyze how meaning and stylistic effects are constructed through language play, while the structural-functional approach is used to identify the relationship between linguistic forms and their communicative functions. In addition, a historical-descriptive method is applied to trace the evolution of key theoretical concepts and to contextualize language play within broader linguistic traditions.

The analysis confirms that linguopoetics can be defined as the study of the interaction between linguistic form and artistic function in literary texts [4].

Within this framework, language play emerges as a central mechanism that enables the transformation of language into an artistic medium. It involves the deliberate manipulation of phonetic, lexical, and syntactic elements to create humor, ambiguity, and stylistic innovation [1].

The historical analysis demonstrates that the concept of language play has developed through several theoretical stages. Early formalist approaches emphasized the role of deviation and artistic innovation, while structuralist theories highlighted the importance of linguistic form. Later developments in cognitive and pragmatic linguistics have further expanded the understanding of language play as a dynamic and context-sensitive phenomenon [2].

From a structural perspective, language play operates across multiple levels of language organization. At the lexical level, it includes processes such as word formation and semantic shifts. At the phonetic level, it involves sound patterns such as rhythm and repetition. At the syntactic level, it is reflected in unusual or unexpected constructions. These structural features are closely linked to their functional roles, including the creation of humor, enhancement of expressiveness, and activation of reader engagement.

The findings suggest that language play should be considered a fundamental component of linguopoetics rather than a peripheral stylistic device. It plays a crucial role in shaping the aesthetic and communicative properties of literary texts. The integration of different theoretical perspectives demonstrates that language play is closely related to the concepts of deviation, creativity, and contextual meaning.

The relationship between structure and function is particularly significant in linguopoetic analysis. Linguistic forms are not used arbitrarily but are selected and manipulated to achieve specific artistic effects. This supports the view that language play operates as a systematic and functional phenomenon within literary discourse.

Furthermore, the relevance of language play extends beyond literary analysis to include cognitive and educational dimensions. It enhances engagement, stimulates imagination, and contributes to the development of linguistic awareness.

This study demonstrates that language play is a central mechanism of linguopoetics, contributing to the creation of aesthetic value, expressive depth, and communicative effectiveness in literary texts. By integrating theoretical perspectives, historical analysis, and structural-functional approaches, the research provides a comprehensive understanding of language play as a linguopoetic phenomenon.

LIST OF REFERENCES

1. Cook G. *Language play, language learning* / G. Cook. – Oxford: Oxford Press, 2000. – 204 p.
2. Crystal D. *Language play* / D. Crystal. – Chicago: University of Chicago Press, 1998. – 239 p.
3. Jakobson R. *Linguistics and poetics* / R. Jakobson // *Style in language* / ed. by T. A. Sebeok. – Cambridge, MA: MIT Press, 1960. – P. 350–377.
4. Leech G., Short, M. *Style in fiction* / G. Leech, M. Short. – Harlow: Pearson, 2007. – 404 p.

IMPROVING FREIGHT TARIFFS IN RAILWAY TRANSPORT: AN ECONOMIC MATHEMATICAL MODEL BASED ON INCENTIVE-EFFECTIVENESS

Fares for transportation of all goods in wagon shipments in universal wagons (closed wagons, platforms, semi-open wagons) Price list 10-01 [1] Part 1 of: is determined according to the tariff scheme №1 for the transportation of goods in universal wagons of the railway. In the accounting table of transportation in universal wagons belonging to the inventory fleet, prices are given in separate columns for infrastructure, locomotives and wagons. The total shipping cost is calculated by the bar and row intersecting the freight weight and shipping distance, respectively.

Local transportation rates [2] and taking into account value added tax, the total cost of transportation for wagons belonging to the inventory fleet (1) and (2) looks like this:

$$T_{inv.wag.} = [T_{inv.} + T_{loc.} + T_{wag.}] \quad (1)$$

where, $T_{inv.wag.}$ – total transportation cost, UZS; $T_{inv.}$ – payment for infrastructure (railway network), UZS; $T_{loc.}$ – payment for locomotive service, UZS; $T_{wag.}$ – payment for a wagon UZS;

$$T_{inv.wag.} = [(T_{inv.} + T_{loc.}) \cdot k_1 + T_{wag.} \cdot k_2] \quad (2)$$

where, k_1 – coefficients of infrastructure and locomotive parts; k_2 – wagon part coefficient. According to [2], it is recommended to use $k_1=0,774$ and $k_2=0,91$.

For the transportation of goods in universal wagons owned or leased by ministries and departments, enterprises and organizations, the tariff is determined according to tariff scheme №2 [1]. In the calculation table, prices for transport in private and leased universal wagons are given in separate columns for infrastructure and locomotives. The total shipping cost is calculated by the bar and row intersecting the freight weight and shipping distance, respectively. According to Tariff Guide №4, payment for the distance traveled by an empty railway locomotive of wagons owned or leased by enterprises, ministries and departments is charged based on tariff schemes 14-15-16, depending on the type of wagon. The total price of cargo transportation in private wagons and taking into account local dispatching rates and value added tax is as follows (3) and (4):

$$T_{inv.wag.} = [T_{inv.} + T_{loc.} + T_{wag.empty.}], \text{ UZS} \quad (3)$$

where, $T_{wag.empty.}$ – payment for the distance traveled by a railway locomotive with an empty private wagon, UZS;

$$T_{inv.wag.} = [(T_{inv.} + T_{loc.}) \cdot k_1 + T_{wag.empty.} \cdot k_3] \cdot r_{vat}, \text{ UZS} \quad (4)$$

where, k_3 – wagon part coefficient; r_{vat} – value added tax (12%).

Using the calculation method currently used to calculate the total transportation cost, freight transportation prices for universal wagons on local routes were calculated for various distances, with a load of 60-80 tons per wagon.

The prices for transporting 10 tons of cargo over distances of 500 km and 2000 km in a universal wagon and tank truck belonging to the inventory and private fleet are calculated Table 1 as follows:

Table 1

Prices for freight transportation in wagons belonging
to inventory and private fleet

Wagon type	Inventory park		Private park	
	500 km	2000 km	500 km	2000 km
Universal	3 985 887,67	11 111 472,5	2 941 571,81	8 581 929,16
Tanker	225 146,764	673 407,905	200 025,626	1 868 144,54

According to the calculation analysis, it was determined that the cost of freight transportation in private wagons is 65-67% of the cost of freight transportation in wagons belonging to the inventory fleet for short distances (5-200 km), and 71-75% for long distances (201-2000 km).

In general, these factors cause the same problem as in (5):

$$T_{total}^{private} < T_{total}^{inven.} \quad (5)$$

Solving this problem can be achieved by encouraging private operators, reducing idleness, and optimizing the use of wagons. Efficiency coefficient determined and stimulated optimization model based on the integration of fundamental economic and mathematical laws through mathematical laws, a railway tariff model (6) based on efficiency was created:

$$T_{rail.} = [(T_{inv.} + T_{loc.}) \cdot k_1 + T_{wag.} \cdot k_2 \cdot \alpha - S_{eff.}] \cdot (1 + r_{vat}) \quad (6)$$

where, α – payment for the distance traveled by a railway locomotive with an empty private wagon, UZS; $S_{eff.}$ – efficiency-based incentive.

In this study, the existing methods of forming freight transportation tariffs using universal wagons in railway transport were comprehensively analyzed, and their economic and logistical limitations were identified.

The calculation results show that the proposed approach has a more stable and economically justified tariff dynamics than traditional models, with a smoother growth rate of costs with increasing distance. As a result, it expands the possibilities of efficient use of resources in freight transportation processes involving private operators.

At the same time, the incentive mechanism introduced in the model economically motivates operators to reduce empty runs and accelerate wagon turnover. In general, the developed model provides both a theoretical and practical foundation for improving tariff policy in railway transport, expanding private sector participation, and fostering a competitive environment.

LIST OF REFERENCES

1. Прейскурант №10-01 на грузовые железнодорожные перевозки во внутриреспубликанском сообщении (Тарифное руководство №1 АО «Узбекистан темир йуллари»). – Ташкент, 2000. – 182 с.
2. Приказ председателя АО «Узбекистан темир йуллари» №Н/181-А от 13 января 2025 года.

JUSTIFICATION OF OPERATING MODES OF AN AUTONOMOUS EXCAVATOR IN SOIL EXCAVATION

The modern development of the construction and mining industries is characterized by the active introduction of automated and intelligent technologies. One of the most promising directions is the use of autonomous earthmoving machines, particularly excavators capable of performing operations without direct operator involvement. This improves productivity, reduces costs, and enhances operational safety.

In the context of digitalization and the development of artificial intelligence technologies, there is an increasing need for scientific justification of operating modes of autonomous excavators in the excavation of various soil types. The optimal selection of digging parameters, travel speed, excavation depth, and working equipment forces directly affects machine efficiency, energy consumption, and component wear.

The purpose of this research is to develop and justify rational operating modes of an autonomous excavator during soil excavation based on the analysis of soil physical properties and the application of intelligent control methods.

Main Objectives:

- Analyze existing technologies and autonomous control systems for excavators;
- Study the physical and mechanical properties of soils and their influence on the digging process;
- Develop a mathematical model of interaction between the working tool and soil;
- Investigate excavator operating modes under various operating conditions;
- Create an algorithm for automatic selection of optimal operating parameters;
- Experimentally verify the effectiveness of the proposed modes.

The study applied methods of mathematical modeling, automatic control theory, machine learning, and computer simulation. Software tools included MATLAB, Simulink, SolidWorks, Python, and specialized systems for earthmoving machinery modeling.

Experimental data processing included analysis of digging forces, bucket movement speed, excavation depth, fuel consumption, and working cycle time. Based on the obtained data, optimal operating modes of the autonomous excavator were formed.

Main Operating Modes of an Autonomous Excavator

Operating Mode	Characteristics	Advantages	Disadvantages
Economic	Minimum energy consumption	Reduced fuel costs	Lower productivity
Optimal	Balanced parameters	High efficiency	Requires precise tuning
Intensive	Maximum power	High productivity	Increased wear
Adaptive	Adjustment to soil type	Versatility	Complex implementation

Stages of Autonomous Excavator Operation:

- Scanning the working area using sensors and cameras;
- Determining soil type and density;
- Planning the bucket movement trajectory;
- Selecting the digging mode;
- Performing excavation operations;
- Monitoring excavation quality and adjusting parameters.

Experimental studies were conducted at a training and production site with an area of 12 hectares. Manual, semi-automatic, and autonomous control modes were compared. The results demonstrated the superiority of autonomous mode in terms of stability, accuracy, and energy efficiency.

Application Areas of the Developed Modes:

- Construction of roads and engineering structures;
- Development of quarries and mineral deposits;
- Installation of utility networks;
- Land reclamation;
- Urban improvement projects.

The use of intelligent control systems for autonomous excavators contributes to increased automation in construction works. In the future, it is advisable to develop adaptive algorithms based on machine learning and integrate them with digital twins of construction sites.

LIST OF REFERENCES

1. Ivanov I.I. *Automation of Earthmoving Machinery*. Moscow: Mashinostroenie, 2021.
2. Petrov P.P. *Theory of Excavator Working Processes*. Saint Petersburg: Polytekhpres, 2020.
3. Goodfellow I. et al. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
4. ISO 23727:2022. *Earth-moving machinery — Autonomous systems*.
5. Zhang Y. et al. *Intelligent Control of Excavators*. Automation in Construction, 2023.

JUSTIFICATION OF THE OPERATING MODES OF AN AUTONOMOUS
EXCAVATOR IN THE DEVELOPMENT OF SOIL

In the context of modern digitalization of the industrial sector, the transition to autonomous special equipment is becoming a key factor in improving safety and economic efficiency. The traditional operation of an excavator depends entirely on the skill of the operator, his ability to "feel" the resistance of the ground and visually assess the condition of the face.

When creating an autonomous excavator, a critical gap arises: the software algorithm must not just repeat human movements, but adapt to changing environmental conditions. Incorrectly selected operating mode leads to premature wear of the hydraulics, increased energy consumption and the risk of accidents. Thus, the justification of scientifically proven operating modes is the foundation for the creation of intelligent control systems.

The main scientific idea is to move from static trajectory planning to dynamic response.

During the interaction of the bucket with the soil, the resistance of the medium is constantly changing due to the heterogeneity of the soil, the presence of solid inclusions and changes in humidity. The scientific direction involves the use of "digital feedback", where the system analyzes pressure changes in the hydraulic system in real time and compares them with the position of the working body in space.

The kinematic factor is to determine the optimal bucket insertion angles at which the ground drag is minimal. The energy factor involves selecting the speed of movement of the handle and boom, at which the energy consumption per cubic meter of excavated soil will be the lowest. The geometric factor is associated with the formation of a trajectory that ensures maximum bucket filling with a minimum cutting path length.

The object of the study is the technological process of excavation of soil performed by a robotic complex without direct human involvement, and the subject is the patterns of changes in the power and speed parameters of working equipment depending on the physical and mechanical properties of the developed array.

A multi-level approach is proposed to justify the operating modes. It includes environmental recognition using sensor systems such as lidars and cameras to pre-map the surface, which allows the system to pre-determine the height of the ledge and the approximate amount of capture. During the bucket insertion, sensory identification is performed, in which the system measures the rate of load build-up: if the resistance increases too quickly, for example, when

encountering a stone or a dense layer, the algorithm automatically reduces the chip thickness or adjusts the cutting angle.

Filling optimization assumes that instead of moving in a fixed arc, the autonomous excavator builds a spline trajectory that takes into account the redistribution of the drawing prism inside the bucket.

The scientific novelty of the work lies in the development of an algorithm that links the physics of soil destruction with intelligent drive control.

This approach is fundamentally different from existing automation systems due to the creation of deep synergy between process mechanics and intelligent control. First of all, this is reflected in a significant reduction in dynamic loads on the metal structure of the machine. Due to the instantaneous reaction of the system to changes in the resistance of the medium, it is possible to effectively prevent the fatigue failure of working equipment elements, which inevitably occurs in traditional machines due to control inertia or operator errors.

At the same time, the autonomous system implements the function of an intelligent sensor, allowing automatic classification of soil types directly during the development process. The information received is transmitted in real time to the general enterprise management system, which turns an ordinary piece of equipment into an active node for collecting geological and technological data.

Ultimately, such integration makes it possible to completely eliminate the negative impact of the human factor on the production process. Unlike manual control, where efficiency inevitably drops by the end of a shift due to fatigue, autonomous algorithms guarantee consistently high productivity and accuracy of operations throughout the entire working period, while maintaining complete independence from extreme external conditions or the complexity of the current slaughter.

The justification of the operating modes will make it possible to create a software module for a "virtual operator" capable of operating an excavator with an efficiency exceeding that of an experienced person by 10-15%. The main result will be a reduction in the specific energy intensity of the soil development process and an increase in the coefficient of technical utilization of an autonomous machine.

This scientific direction opens the way to the creation of fully autonomous quarry and construction sites. The development of methods for justifying operating modes is a necessary step for the transition from remote control to full-fledged artificial intelligence in heavy engineering.

LIST OF SOURCES USED

1. Drozdov A. N. *Patterns of Interaction between the Working Organs of Earthmoving Machines and Soil under Automated Control*. — Moscow: MADI, 2012.
2. Zavyalov A. M., Zavyalov M. A. *Theory of Interaction between the Working Organs of Road Construction Machines and the Environment*. — Omsk: SibADI, 2014.
3. Kuznetsova V. N. *Improving the Operational Efficiency of Construction Machines based on Adaptive Control*. — Omsk, 2015.
4. Ginzburg S. P. *Automation of Single-Bucket Excavators*. — Moscow: Stroyizdat, 1971.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Современное развитие строительной отрасли характеризуется усложнением технологических процессов, ростом требований к срокам и качеству выполнения работ, а также необходимостью повышения экономической эффективности использования ресурсов. В этих условиях особую актуальность приобретает задача рационального комплектования строительных машин, обеспечивающего оптимальное соотношение производительности, затрат и надежности функционирования машинного комплекса.

Комплектование строительных машин представляет собой многокритериальную задачу, в рамках которой необходимо учитывать техническую совместимость оборудования, производительность ведущих и вспомогательных машин, стоимость жизненного цикла, условия строительной площадки, логистические ограничения и организационные факторы. Неправильно сформированный машинный комплекс приводит к простоям техники, перерасходу ресурсов и снижению общей эффективности строительного производства.

Традиционно выбор строительных машин осуществлялся на основе нормативно-справочного подхода. Данный метод базируется на строительных нормах, типовых технологических картах и отраслевых рекомендациях. Его преимуществом является соответствие установленным требованиям и практическая проверенность. Однако недостатком выступает ограниченная гибкость, поскольку нормативные документы не всегда отражают специфику конкретного объекта, включая геологические условия, климатические особенности и динамику цен на ресурсы.

Экспертный подход основывается на профессиональном опыте инженеров и технологов. Он позволяет учитывать уникальные характеристики строительного объекта и оперативно корректировать принимаемые решения. Вместе с тем данный метод характеризуется субъективностью и высокой зависимостью от уровня квалификации специалистов, что снижает воспроизводимость и масштабируемость решений.

Технологический подход предполагает формирование комплекса машин вокруг ведущей машины, выполняющей основную операцию. Остальные механизмы подбираются таким образом, чтобы обеспечить

непрерывность технологического процесса и согласованность производительности. Преимуществом является снижение простоев и повышение синхронизации операций. Недостатком — необходимость точных расчетов и ограниченный учет экономических и организационных факторов.

Экономический подход ориентирован на минимизацию эксплуатационных затрат и стоимости жизненного цикла техники. При этом учитываются амортизация, затраты на топливо, техническое обслуживание и ремонт. Данный метод способствует снижению себестоимости работ, однако при чрезмерной ориентации на экономию возможно ухудшение производственных показателей и качества выполнения работ.

Современный этап развития строительной науки характеризуется активным применением методов математического моделирования и оптимизации. Используются методы линейного и целочисленного программирования, сетевые модели, имитационное моделирование, а также многокритериальные методы принятия решений. Эти инструменты позволяют одновременно учитывать технические, экономические и организационные параметры, формируя научно обоснованные решения. Основным ограничением является сложность построения моделей и необходимость достоверных исходных данных.

Развитие цифровых технологий способствовало появлению информационных систем поддержки принятия решений в области управления машинными парками. Базы данных, содержащие технические характеристики машин, позволяют автоматизировать процесс подбора техники по заданным параметрам, выполнять расчеты производительности и анализировать экономическую эффективность различных вариантов комплектования. Цифровизация сокращает время анализа и повышает точность расчетов, однако требует регулярного обновления информационных ресурсов.

Наиболее перспективным направлением является интеграция алгоритмов машинного обучения и элементов искусственного интеллекта в систему выбора строительных машин. Применение интеллектуальных алгоритмов позволяет анализировать большие массивы данных, прогнозировать производственные показатели, учитывать изменяющиеся условия строительства и формировать адаптивные решения. В отличие от традиционных методов, такие системы способны обучаться на основе накопленного опыта эксплуатации техники.

Проведенный аналитический обзор показал, что наибольшая эффективность достигается при использовании комбинированного подхода, объединяющего нормативную базу, экспертные знания и цифровые инструменты оптимизации. Такой подход обеспечивает комплексный учет факторов, влияющих на выбор машин, и позволяет повысить обоснованность принимаемых управленческих решений.

В рамках исследования обоснована структура перспективной методики оптимизации комплектования строительных машин, включающая следующие этапы:

1. формирование исходных данных о строительном объекте и производственных условиях;
2. определение технических ограничений и требований к производительности;
3. экономическую оценку вариантов с учетом стоимости жизненного цикла;
4. многокритериальный анализ альтернатив;
5. цифровую обработку данных и прогнозирование показателей эффективности.

Предлагаемый подход обеспечивает снижение совокупных затрат на 10–15 %, повышение коэффициента использования техники и сокращение времени принятия решений. Кроме того, создается основа для разработки программного прототипа интеллектуальной системы управления машинным парком.

Таким образом, эволюция методов комплектования строительных машин демонстрирует переход от нормативных и экспертных решений к интегрированным цифровым системам, основанным на математическом моделировании и искусственном интеллекте. В условиях цифровой трансформации строительной отрасли разработка интеллектуальных инструментов оптимизации является стратегически важным направлением научных исследований и практической деятельности.

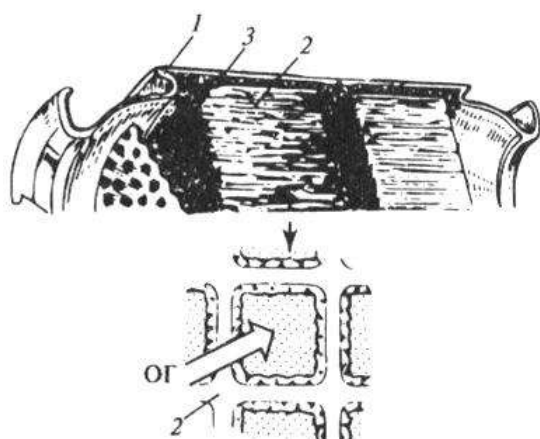
Перспективы дальнейших исследований связаны с созданием программного обеспечения, расширением математической модели за счет учета вероятностных факторов, накоплением статистических данных эксплуатации техники и внедрением алгоритмов машинного обучения для повышения точности прогнозирования. Реализация указанных направлений позволит повысить эффективность управления ресурсами и обеспечить устойчивое развитие строительного производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Кудрявцев Е.М. *Строительные машины и оборудование (с примерами расчётов, включая и на компьютере)*. — М.: АСВ, 2016.
2. Ключникова О.В., Шаповалова А.Г., Цыбульская А.А. Основные принципы выбора типа и количества строительных машин для комплексного производства работ // *Инженерный вестник Дона*, 2013.
3. Ким Б.Г., Тур Н.Н., Пенчук В.А. и др. *Строительные машины и оборудование стройиндустрии. Учебное пособие*. — Владимир: Владимирский государственный университет, 2015.
4. Кадыров А.С., Бойко Н.В., Харченко В.В., Щелконогов В.Н. *Технология, организация и комплексная механизация свайных работ*. — М.: Стройиздат, 1985.
5. Георгиади И.В. *Организация и оптимизация применения строительной техники в условиях Республики Казахстан*. — Караганда: Сагиновский технический университет, 2019–2024.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ВЫХЛОПНЫХ ГАЗАХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

Нейтрализатор представляет собой устройство, состоящее из металлического корпуса (1), выполненного из жаропрочной стали толщиной около 1,5 мм, внутри которого размещён носитель (2), покрытый активным каталитическим слоем (3). Для присоединения к элементам выпускной системы корпус нейтрализатора оборудован фланцами. С целью уменьшения вибрационных нагрузок, передаваемых от двигателя, корпус может соединяться с выпускным трубопроводом через компенсатор колебаний.



Устройство каталитического нейтрализатора

Это обуславливает преимущественное применение в нейтрализаторах дорогостоящих благородных металлов, таких как платина, палладий и родий. В более ранних конструкциях также использовались рутений и иридий. На изготовление одного нейтрализатора обычно требуется от 1,5 до 3 г благородных металлов. Платина в основном обеспечивает протекание окислительных реакций, тогда как родий способствует процессам восстановления азота из его оксидов. В современных конструкциях нейтрализаторов всё более широкое применение находит палладий. Широкое применение палладия обусловлено его более низкой стоимостью по сравнению с платиной (примерно в четыре раза), а также более высокой эффективностью при окислении парафиновых и ароматических углеводородов. В настоящее время наблюдается тенденция к расширению

использования жаропрочных аустенитных сталей в качестве носителя. Такие материалы применяются в виде гофрированной фольги толщиной 0,04–0,05 мм. Изначально металлические носители использовались преимущественно в пусковых (стартовых) нейтрализаторах, однако в настоящее время они находят применение и при производстве основных нейтрализаторов. Тем не менее более широкое использование металлических носителей в основных катализаторах пока ограничивается их сравнительно высокой стоимостью. При прохождении ОГ вдоль покрытых активным каталитическим слоем поверхностей имеют место три основных процесса: адсорбция, собственно сами химические реакции и десорбция. Керамические монолитные и металлические носители для увеличения их эффективности покрываются вначале промежуточным слоем из оксида алюминия. Благодаря этому эффективная поверхность каталитически активного слоя существенно возрастает.

Промежуточный слой имеет небольшую толщину и содержит так называемые промоторы, повышающие способность аккумуляирования O_2 и ускоряющие реакции взаимодействия углеводородов и CO с парами воды. Протекающие при этом в трехкомпонентных нейтрализаторах реакции накопления-расхода кислорода в активном слое могут описываться уравнением



Накапливаемый в активном слое кислород используется затем для окисления продуктов неполного сгорания и углеводородов.

Твердый раствор $CeO_2 - ZrO_2$ не только повышает долю аккумуляруемого активным слоем кислорода, но и ускоряет окисление CO и восстановление NO_x .

Первоначально наибольшее распространение нашли нейтрализаторы окислительного типа, предназначенные для окисления CO и CH в CO_2 и H_2O , для нормальной работы которых требуется наличие свободного кислорода. В общем случае дополнительные количества кислорода вводятся в поток ОГ перед каталитическим нейтрализатором с вторичным воздухом. Он подается дополнительными воздушными насосами или же специальными клапанными устройствами, обеспечивающими введение в поток ОГ вторичного воздуха в момент прохождения волны разрежения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей/Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1985. 456 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей/Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1984. 384 с.
3. Z. Musabekov, B. Ergashev, O. Daminov, O. Khushnaev, A. Kurbanov, G. Kukharonok. Efficiency and environmental indicators of diesel engine operation when using water injection. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1142 012024. DOI 10.1088/1755-1315/1142/1/012024. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315>
4. Musabekov Z., Ergashev B., Shadimetov Y., Uralova H. Experimental Study on the Presence of Cadmium in The Atmospheric Air and Other Elements of the Ecosystem of Tashkent AIP Conf. Proc. 2432, 050007 (2022), Volume 2432, Issue 1 16 June 2022, <https://doi.org/10.1063/5.089737>

Абдығалиева С.Ж.

(Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

Маратов А.М.

(Қарағанды, АҚ жолаушылар вагондарын жөндеу жөніндегі Ақмола филиалының Қарағанды телімінің бастығы

ТЕМІРЖОЛДАҒЫ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ

Жасанды интеллекттің (ЖИ) дамуы теміржол саласының тарихында жаңа кезеңнің басталуына жол ашты. Бұрын ғылыми фантастиканың элементі ретінде қабылданған интеллектуалды жүйелер бүгінде теміржол инфрақұрылымы мен жылжымалы құрамды жоспарлау, қызмет көрсету және пайдалану үдерістеріне белсенді түрде енгізілуде. ЖИ қолдану тасымалдау тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырып қана қоймай, кадр тапшылығын шешуге, шығындарды азайтуға және адам факторынан туындайтын тәуекелдерді төмендетуге мүмкіндік береді.

Бұл мақалада теміржол қызмет көрсетуде жасанды интеллектіні қолданудың негізгі бағыттары қарастырылып, оның артықшылықтары талданып, енгізу барысында кездесетін басты қиындықтар айқындалады.



Сурет 1.1-Теміржол станциясы аясындағы заманауи техникалық қызмет көрсету вагоны.

1. Диагностика және болжамды техникалық қызмет көрсету

Теміржол саласында жасанды интеллектіні қолданудың ең перспективалы бағыттарының бірі - жабдықтарды болжамды диагностикалау болып табылады. Поездар мен инфрақұрылымға орнатылған датчиктерден, камералардан және микрофондардан алынған деректерді пайдалана отырып, ЖИ қозғалыстың тоқтауына немесе апатқа әкелмей тұрып-ақ ықтимал ақауларды анықтай алады.

Машиналық оқыту алгоритмдері дірілді, шуды, температураны, бөлшектердің тозуын және басқа параметрлерді талдай отырып: ақауларды

алдын ала болжайды; техникалық қызмет көрсету кестесін оңтайландырады; компоненттердің қызмет ету мерзімін ұзартады; жоспардан тыс жөндеу шығындарын азайтады.

2. ЖИ және компьютерлік көру арқылы инфрақұрылым жағдайын бақылау.

Жасанды интеллект негізіндегі компьютерлік көру технологиясы рельстердің, бұрмалы бағыттамаңның, байланыс желілерінің және инфрақұрылымның басқа да маңызды элементтерінің жағдайын талдау үшін қолданылады. Дрондардан, локомотивтерге орнатылған камералардан және арнайы тексеру пойыздарынан алынған бейнеағындар ақауларды тануға үйретілген нейрондық желілер арқылы автоматты түрде өңделеді.

Жүйе келесілерді анықтай алады: рельстер мен шпалалардағы жарықтарды; жол төсемінің деформацияларын; коррозия белгілерін; жолдардың ластануын немесе зақымдануын; байланыс желісіндегі ақауларды.

Жасанды интеллект инфрақұрылымды тексеру үдерісін жылдамдатып қана қоймай, адам шаршауы немесе назарсыздығы сияқты факторларды болдырмай, тексерудің дәлдігін арттырады.



Сурет 1.2 - Таулы аймақтағы теміржол желілерінің дроннан көрінісі.

3. Цифрлық ассистенттер және персонал жұмысын автоматтандыру

Жасанды интеллект операторларға, машинистерге және техникалық мамандарға көмек көрсету үшін де кеңінен қолданылады. ЖИ қолдану қағазбастылықты азайтып, бөлімшелер арасындағы ақпарат алмасуды жеделдетуге және жұмыс кезеңдерінің барлығында персоналды тиімді қолдауға мүмкіндік береді.

Болашақта толықтай автономды техникалық пойыздардың және негізгі шешімдер нақты уақыт режимінде интеллектуалды жүйелер арқылы қабылданатын автоматтандырылған деполардың пайда болуы да ықтимал.

4. Үлкен деректерді өңдеу және логистиканы оңтайландыру.

Жасанды интеллект әртүрлі дереккөздерден келіп түсетін үлкен көлемдегі мәліметтерді талдауда маңызды рөл атқарады. Оларға борттық

жүйелер, инфрақұрылым датчиктері, метеостанциялар, қозғалыс кестелері, бейнебақылау жүйелері және басқа да ақпарат көздері жатады.

Осы деректерді талдау негізінде: қозғалыс маршруттарын оңтайландыруға; ауа райы мен инфрақұрылымдық шектеулерді ескеруге; деполар мен станциялардың жүктемесін болжауға; логистикадағы «тар жерлерді» анықтап, жедел жоюға болады.

5. ЖИ енгізудің артықшылықтары.

Жасанды интеллектіні теміржол қызмет көрсету жүйесіне енгізу бірқатар маңызды артықшылықтар береді: ЖИ ақауларды ерте анықтау және дәл диагностика арқылы апаттар мен оқиғалар қаупін төмендетеді, болжамды техникалық қызмет көрсету қымбат жоспардан тыс жөндеулердің алдын алып, жабдықтардың қызмет ету мерзімін ұзартады, оңтайландырылған техникалық қызмет көрсету жылжымалы құрам мен инфрақұрылымның қолжетімділігін арттырады.

Теміржолдың цифрлық экожүйесінің графикалық көрінісі: пойыз, депо, жөндеу орталығы және бұлттық сервер деректер ағындары арқылы байланысқан, ал айналасында ЖИ элементтері (нейрондық желі, датчиктер, аналитика, киберқауіпсіздік) бейнеленген.

Қорытындылай келе, жасанды интеллект енді болашақтың элементі емес - ол теміржол саласының келбетін қазірдің өзінде белсенді түрде өзгертуде. Қиындықтардың болуына қарамастан, интеллектуалды шешімдерді дұрыс енгізу теміржол саласына тиімділік пен тұрақтылықтың жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Теміржолдағы жасанды интеллект - бұл жай ғана инновация емес, технологиялардың қарқынды дамуы мен көлік қызметтерінің сапасына қойылатын талаптардың артуынан туындаған қажеттілік. Ең маңыздысы - ЖИ-ді тек енгізу ғана емес, технологиялар адамды алмастырмай, оның сенімді көмекшісіне айналатын тұтас цифрлық стратегия қалыптастыру.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

- Балгабеков Т.К., Исина Б.М., Кенжекеева А.Р. «Пойыздар қозғалысын басқару» пәні бойынша «Теміржол желісінде тасымалдау және өткізу қабілетін өсіру» Қараганды 2011ж.
2. Берестов. П.С. Весомизмерительное оборудование в складской логистике. - М.: Дело, 2004. – 134 с.
3. Кемени Т. Новейшие достижения в весостроении// Измерение, контроль, автоматизация. - 2001. - №5. - С.28-35.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА ЛИНИИ С АВТОМОБИЛЕМ

При работе на линии водитель не должен передавать управление автомобилем лицом, не имеющим при себе удостоверение на право управления транспортным средством данной категории или не указанным в путевом (маршрутном) листе, и лицам, находящимся в состоянии алкогольного или наркотического опьянения. Водитель должен придерживаться маршрута, указанного в путевом (маршрутном) листе. Во время движения следует избегать резких торможений и поворотов если они не вызваны обстановкой на дороге, соображениями безопасности. Скорость автомобиля выбирается с учетом интенсивности движения, дорожных условий и особенностей груза. Следует помнить, что при движении по мокрой и скользкой дороге тормозной путь значительно увеличивается, поэтому интервал между автомобилями в этом случае необходимо также увеличить. Большого внимания требует движение задним ходом. Маневрировать можно, лишь убедившись в безопасности маневра. Двигаясь задним ходом, нельзя создавать помех для других участников движения [1, 24 с.].

При необходимости для обеспечения безопасности движения следует прибегать к помощи других лиц. С наступлением темноты водитель должен включить осветительные приборы: на неосвещенных участках дорог – дальний или ближний свет фар, а на освещенных участках дорог – ближний свет фар и (или) габаритные огни. Чтобы не ослеплять встречных водителей, дальний свет фар следует переключать на ближний за 150 м до идущего навстречу транспортного средства. При разъезде нельзя смотреть на фары встречного автомобиля. Если же произошло ослепление светом встречного автомобиля, необходимо, не меняя полосы движения, снизить скорость или остановиться и включить аварийную сигнализацию. В том случае, когда возникает необходимость покинуть автомобиль, водитель должен выключить двигатель, а автомобиль затормозить стояночным тормозом при включенной низшей передаче. Ключ замка зажигания следует взять с собой, а дверь кабины запереть. Прежде чем выйти из кабины автомобиля на проезжую часть дороги, необходимо убедиться в отсутствии движения, как в попутном, так и во встречном направлениях. Во время остановки или стоянки на неосвещенном участке дороги необходимо включить габаритные либо стояночные огни. При неисправности осветительных приборов позади автомобиля на расстоянии 25 – 30 м от него установить знак аварийной остановки или мигающий красный фонарь. Во время дождя, тумана или снегопада, когда видимость ограничена (расстояние видимости менее 300 м), должен включаться ближний свет фар, а во время остановки или стоянки

– габаритные или стояночные огни. На крутых спусках сцепление и передача должны быть включены [1, 43 с.]. Пользоваться прямой передачей во время длительного спуска запрещается.

Работ на автопоездах требует дополнительных мер безопасности. Сцепку автопоезда, состоящего из автомобиля и прицепов, производят, как правило, 3 чел.: водитель, рабочий-сцепщик и лицо, координирующее их работу. При этом водитель должен подавать автомобиль с минимальной скоростью и обеспечить безопасность выполняемой сцепщиком работы. Только в исключительных случаях сцепку может производить один водитель. При этом водитель должен соблюдать меры безопасности и выполнять работы в следующей последовательности: затормозить прицеп ручным тормозом; проверить состояние буксирного прибора; подложить упоры под задние колеса прицепа; сцепить автомобиль с прицепом; надеть страховочный буксирный трос или цеп и закрепить его (ее) за поперечину рамы автомобиля (за буксирный прибор крепить трос или цепь запрещается); соединить гидравлические, пневматические и электрические системы автомобиля и прицепа.

Места разгрузки автомобилей-самосвалов у откосов, оврагов, обрывов должны оборудоваться специальными колесо отбойными брусками. Если колесо отбойный брус отсутствует, то подъезжать к краю обрыва разрешается на расстояние не ближе 1 м от заднего колеса [2, 14-15 с.].

В карьерах, на строительных площадках, на территории промышленных предприятий автомобили могут работать только с разрешения ответственных лиц этих объектов с соблюдением установленного направления (маршрута) движения.

При управлении автомобилем-цистерной, емкость, которой залита менее чем на $\frac{3}{4}$, водитель обязан на поворотах с целью безопасности снизить скорость движения до минимальной.

Если во время работы на линии возникли какие-либо технические неисправности, требующие немедленного устранения, водитель должен поставить автомобиль на обочину и осмотреть его. К ремонту можно приступать, если есть все необходимые инструменты и если объем его соответствует разрешенному на линии: продувка системы питания, проверка действия приборов зажигания, устранение неисправностей в системе освещения, монтаж и демонтаж шин, смена колес, подтяжка ослабленных креплений и т. п. Если водитель не может самостоятельно устранить неисправность, он должен вызвать техническую помощь.

Допускать к ремонту грузчиков, пассажиров и других лиц, не имеющих на это право, запрещается. Во время работы водитель должен строго соблюдать правила техники безопасности. Автомобиль необходимо затормозить стояночным тормозом и включить 1 передачу, а при работе на

крутых спусках положить под колеса автомобиля не менее двух противооткатных упоров (башмаков).

Систему питания можно ремонтировать только на холодном двигателе. Тяги привода дроссельной заслонки следует расплинтовывать пассатижами. Разгибать концы шплинтов руками не разрешается, так как это может привести к травме. При отвертывании штуцеров топливопроводов необходимо под место разъема подставить какую-нибудь посуду, чтобы бензин не попадал на двигатель [1, 47 с.].

Продувать засорившиеся топливопроводы следует только при помощи насоса. При необходимости подъема части автомобиля домкратом нужно выполнить следующие мероприятия: затормозить автомобиль при помощи стояночного тормоза; удалить пассажиров из кабины автомобиля или салона автобуса и установить под колеса, которые не предполагается поднимать, противооткатные упоры. При вывешивании автомобиля на грунтовой поверхности необходимо выровнять место установки домкрата, положить широкую подкладку и установить на нее домкрат. Поднятый домкратом автомобиль не должен иметь наклона.

Запрещается находиться под автомобилем при работающем двигателе. При этом недопустимо испытывать тормозную систему [2, 28-29 с.].

Выполняя работы, связанные со снятием колес, под поднятый автомобиль необходимо подставить козелки, а под неснятые колеса установить противооткатные упоры. Нельзя применять вместо козелков в качестве подставок случайные предметы (камни, диски колес и т. п.) При накачивании шины, если колесо снято с автомобиля, пользуются приспособлением, предохраняющим от удара при выскакивании замочного кольца. Запрещается проводить работы по обслуживанию и ремонту автомобиля во время погрузочно-разгрузочных работ и на расстоянии ближе 3 м от зоны действия погрузочно-разгрузочных механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кузнецов Ю. М. *Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта: Справочник.* – Москва: Транспорт, 1986. – 38 с.
2. Коган Э. Н., Хайкин В. Н. *Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта: Учебник для техникумов,* 1984. – 97 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Актуальность

Эксплуатация строительно дорожной техники осуществляется в условиях повышенных нагрузок, интенсивного использования и неблагоприятных климатических факторов. В Республике Казахстан ситуация усложняется резкими перепадами температур, пылевыми условиями и длительными периодами непрерывной работы техники.

Надежность функционирования техники напрямую влияет на эффективность строительных процессов, сроки выполнения работ и экономические затраты. Отказы машин приводят к простоям, увеличению расходов на ремонт и снижению производительности.

В связи с этим особую актуальность приобретает внедрение современных цифровых технологий, в частности методов искусственного интеллекта (ИИ), позволяющих повысить надежность эксплуатации техники за счет анализа данных и прогнозирования неисправностей.

Цель исследования

Цель данного исследования заключается в комплексном изучении и систематизации современных методов искусственного интеллекта (ИИ), направленных на повышение надежности эксплуатации строительно-дорожной техники в условиях интенсивной эксплуатации и неблагоприятных климатических факторов, характерных для регионов с резкими перепадами температур и пылевыми условиями, таких как Республика Казахстан.

Обосновать перспективы дальнейшего развития и масштабирования применения искусственного интеллекта в строительной отрасли для повышения экономической эффективности, безопасности и устойчивости эксплуатации техники.

Таким образом, исследование направлено на создание научно-обоснованной базы для внедрения инновационных цифровых технологий, способствующих значительному улучшению надежности, долговечности и эффективности эксплуатации строительно-дорожной техники.

Результаты исследования

В ходе исследования были рассмотрены основные методы искусственного интеллекта, применяемые в эксплуатации строительно-дорожной техники, и определены их преимущества.

Одним из ключевых направлений является предиктивное обслуживание. Данный подход основан на анализе данных, поступающих с

датчиков, установленных на оборудовании. К таким данным относятся температура, вибрация, давление, нагрузка и другие параметры. Алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять отклонения от нормального состояния и прогнозировать возможные неисправности.

Применение предиктивной аналитики позволяет проводить техническое обслуживание не по заранее установленному графику, а по фактическому состоянию техники. Это существенно снижает вероятность внезапных отказов и повышает надежность эксплуатации.

Внедрение ИИ позволяет значительно повысить эффективность эксплуатации техники. Во-первых, снижается количество отказов и простоев. Во-вторых, уменьшаются затраты на ремонт и техническое обслуживание. В-третьих, повышается безопасность эксплуатации.

Кроме того, правильная работа техники способствует снижению расхода топлива. Неправильные режимы эксплуатации и неисправности увеличивают сопротивление и нагрузку на двигатель, что приводит к дополнительным затратам.

Заключение

В современных условиях эксплуатации строительно-дорожной техники, характеризующихся высокими нагрузками, интенсивным использованием и воздействием неблагоприятных климатических факторов, обеспечение надежности и безопасности работы оборудования становится одной из приоритетных задач строительной отрасли. Традиционные методы технического обслуживания и контроля, основанные на плановых ремонтах и визуальных проверках, уже не способны обеспечить необходимый уровень эффективности и предотвращения аварийных ситуаций.

В ходе исследования было выявлено, что методы искусственного интеллекта, такие как машинное обучение, искусственные нейронные сети, экспертные системы и компьютерное зрение, обладают значительным потенциалом для повышения надежности эксплуатации строительно-дорожной техники. Предиктивное обслуживание, основанное на анализе данных с датчиков, позволяет своевременно выявлять отклонения от нормального состояния и прогнозировать возможные неисправности, что снижает количество внезапных отказов и простоев.

Таким образом, применение методов искусственного интеллекта является стратегически важным направлением, открывающим новые горизонты для повышения надежности и эффективности эксплуатации строительно-дорожной техники, что в конечном итоге способствует развитию строительной отрасли и улучшению качества инфраструктурных проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания кафедры (по направлению техники/эксплуатации). — Караганда: КарТУ, 2022.
2. Геленов А. А., Сочевко Т. И., Спиркин В. Г. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. — Москва: Академия, 2013. — 304 с

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Актуальность

Эксплуатация строительно дорожной техники осуществляется в условиях повышенных нагрузок, интенсивного использования и неблагоприятных климатических факторов. В Республике Казахстан ситуация усложняется резкими перепадами температур, пылевыми условиями и длительными периодами непрерывной работы техники.

Надежность функционирования техники напрямую влияет на эффективность строительных процессов, сроки выполнения работ и экономические затраты. Отказы машин приводят к простоям, увеличению расходов на ремонт и снижению производительности.

В связи с этим особую актуальность приобретает внедрение современных цифровых технологий, в частности методов искусственного интеллекта (ИИ), позволяющих повысить надежность эксплуатации техники и за счет анализа данных и прогнозирования неисправностей.

Цель исследования

Цель данного исследования заключается в комплексном изучении и систематизации современных методов искусственного интеллекта (ИИ), направленных на повышение надежности эксплуатации строительно-дорожной техники в условиях интенсивной эксплуатации и неблагоприятных климатических факторов, характерных для регионов с резкими перепадами температур и пылевыми условиями, таких как Республика Казахстан.

Обосновать перспективы дальнейшего развития и масштабирования применения искусственного интеллекта в строительной отрасли для повышения экономической эффективности, безопасности и устойчивости эксплуатации техники.

Таким образом, исследование направлено на создание научно-обоснованной базы для внедрения инновационных цифровых технологий, способствующих значительному улучшению надежности, долговечности и эффективности эксплуатации строительно-дорожной техники.

Результаты исследования

В ходе исследования были рассмотрены основные методы искусственного интеллекта, применяемые в эксплуатации строительно-дорожной техники, и определены их преимущества.

Одним из ключевых направлений является предиктивное обслуживание. Данный подход основан на анализе данных, поступающих с датчиков, установленных на оборудовании. К таким данным относятся температура,

вибрация, давление, нагрузка и другие параметры. Алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять отклонения от нормального состояния и прогнозировать возможные неисправности.

Применение предиктивной аналитики позволяет проводить техническое обслуживание не по заранее установленному графику, а по фактическому состоянию техники. Это существенно снижает вероятность внезапных отказов и повышает надежность эксплуатации.

Внедрение ИИ позволяет значительно повысить эффективность эксплуатации техники. Во-первых, снижается количество отказов и простоев. Во-вторых, уменьшаются затраты на ремонт и техническое обслуживание. В-третьих, повышается безопасность эксплуатации.

Кроме того, правильная работа техники способствует снижению расхода топлива. Неправильные режимы эксплуатации и неисправности увеличивают сопротивление и нагрузку на двигатель, что приводит к дополнительным затратам.

Заключение

В современных условиях эксплуатации строительно-дорожной техники, характеризующихся высокими нагрузками, интенсивным использованием и воздействием неблагоприятных климатических факторов, обеспечение надежности и безопасности работы оборудования становится одной из приоритетных задач строительной отрасли. Традиционные методы технического обслуживания и контроля, основанные на плановых ремонтах и визуальных проверках, уже не способны обеспечить необходимый уровень эффективности и предотвращения аварийных ситуаций.

В ходе исследования было выявлено, что методы искусственного интеллекта, такие как машинное обучение, искусственные нейронные сети, экспертные системы и компьютерное зрение, обладают значительным потенциалом для повышения надежности эксплуатации строительно-дорожной техники. Предиктивное обслуживание, основанное на анализе данных с датчиков, позволяет своевременно выявлять отклонения от нормального состояния и прогнозировать возможные неисправности, что снижает количество внезапных отказов и простоев.

Таким образом, применение методов искусственного интеллекта является стратегически важным направлением, открывающим новые горизонты для повышения надежности и эффективности эксплуатации строительно-дорожной техники, что в конечном итоге способствует развитию строительной отрасли и улучшению качества инфраструктурных проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания кафедры (по направлению техники/эксплуатации). — Караганда: КарТУ, 2022.
2. Геленов А. А., Сочевко Т. И., Спиркин В. Г. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. — Москва: Академия, 2013. — 304 с

Аманжолов А.Ш.
(Караганда, Карагандинский университет Казпотребсоюза)
Привалова О.А.
(Караганда, Карагандинский университет Казпотребсоюза)

ЗЕЛЁНАЯ ЛОГИСТИКА И ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

На сегодняшний день логистика играет ключевую роль в развитии экономики и международной торговли. Однако рост объёмов перевозок, расширение производственных цепочек и увеличение количества складских операций приводят к серьёзному воздействию на окружающую среду. Транспортный сектор является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, что усиливает проблему изменения климата. Именно поэтому всё большую актуальность приобретает понятие «зелёная логистика», направленное на снижение негативного влияния логистических процессов на природу и повышение устойчивости цепей поставок.

Зелёная логистика представляет собой совокупность методов и решений, позволяющих организовать транспортировку, хранение и распределение товаров с минимальным экологическим ущербом. Её главная цель - сокращение выбросов углекислого газа (CO_2), снижение потребления топлива и энергии, уменьшение объёма отходов и рациональное использование ресурсов. Данный подход соответствует концепции устойчивого развития, предполагающей баланс между экономическим ростом, социальной ответственностью и защитой окружающей среды.

Одним из ключевых направлений зелёной логистики является оптимизация транспортных маршрутов. Современные информационные системы, GPS-мониторинг и цифровые платформы управления перевозками позволяют минимизировать пробег транспорта, сократить холостые рейсы и снизить расход топлива. Крупные международные компании, такие как DHL, активно внедряют программы по снижению углеродного следа, используя альтернативные виды топлива и электромобили. Оптимизация маршрутов также снижает нагрузку на дорожную инфраструктуру и уменьшает уровень загрязнения воздуха в городах.

Важным направлением является переход на экологически чистые виды транспорта. Железнодорожные перевозки, как правило, менее энергоёмки по сравнению с автомобильными. В ряде стран развивается морская логистика с использованием сжиженного природного газа (LNG) и других альтернативных видов топлива. Электрификация транспорта и развитие водородных технологий становятся перспективными направлениями декарбонизации логистики.

Не менее значимым элементом зелёной логистики является экологизация складской деятельности. Современные распределительные центры внедряют энергоэффективное освещение, автоматизированные системы управления складом (WMS), солнечные панели и технологии переработки отходов. Оптимизация складских процессов снижает потребление электроэнергии и минимизирует потери продукции. Кроме того, автоматизация позволяет сократить избыточные перемещения техники и тем самым уменьшить энергозатраты. Существенное значение имеет сокращение объёма упаковочных материалов и переход на перерабатываемую или биоразлагаемую упаковку. Многие компании внедряют системы возвратной тары и многоразовой упаковки, что снижает количество отходов и уменьшает экологическую нагрузку. Данные меры также способствуют формированию циркулярной экономики, в которой ресурсы используются повторно.

Зелёная логистика тесно связана с управлением цепями поставок (Supply Chain Management). Экологические принципы интегрируются во все этапы движения товара - от закупки сырья до доставки конечному потребителю. Всё больше компаний ориентируются на стандарты ESG (Environmental, Social, Governance), оценивая не только финансовые показатели, но и экологическую ответственность. Это повышает инвестиционную привлекательность бизнеса и укрепляет доверие со стороны клиентов и партнёров.

В Республике Казахстан устойчивое развитие логистики и снижение экологического воздействия транспортных операций тоже становятся важной государственной и бизнес-стратегией. Благодаря стратегическому географическому положению страна играет ключевую роль в транзитных перевозках между Европой и Азией: через Казахстан проходит значительная часть грузопотока по Среднему коридору, а объёмы транзитных перевозок растут год от года, что делает логистику важным элементом транспортной политики государства.

В последние годы в Казахстане реализуются проекты, направленные на повышение экологической эффективности транспортной инфраструктуры. Например, электрификация участка железной дороги Мойынты–Актогай длиной более 500 км позволила сократить выбросы CO₂ до 150 тыс. тонн в год и одновременно увеличила пропускную способность и снизила расходы на топливо. Такие проекты способствуют переходу к более устойчивой логистике - снижению углеродного следа транспорта и улучшению экологических показателей перевозок.

Развитие «зелёной» логистики в РК также стимулируется участием деловых объединений, таких как Союз транспортников Казахстана «KAZLOGISTICS», в обсуждении вопросов устойчивого развития и координации действий бизнеса и государства в логистической сфере.

В целом переход на устойчивые транспортно-логистические решения в Казахстане открывает дополнительный потенциал не только для снижения экологической нагрузки, но и для повышения конкурентоспособности логистических услуг, укрепления транзитного потенциала страны и реализации принципов циркулярной экономики.

Таким образом, зелёная логистика является важным направлением развития современной экономики. Она способствует сохранению окружающей среды, повышению конкурентоспособности предприятий и формированию устойчивых цепей поставок. В условиях глобализации и усиления экологических вызовов внедрение зелёных технологий становится не просто желательным, а необходимым условием устойчивого развития мирового хозяйства.

АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА СТАНЦИИ «КАРАГАНДА»

Станция «Караганда» по характеру работы является пассажирской станцией и относится к внеклассным железнодорожным станциям (рисунок 1). Прилегающие к станции перегоны с указанием числа путей и средств сигнализации и связи: в нечетном направлении «Караганда-Пассажирская–Сортировочная»; в четном направлении «Караганда-Пассажирская–Караганозек» [1, 2].



Рисунок 1 – Путевое развитие станции «Караганда»

В настоящем исследовании в ходе проведения анализа работы железнодорожной станции «Караганда» был рассчитан прогноз по основному показателю станции – вагонооборот (рисунок 2).

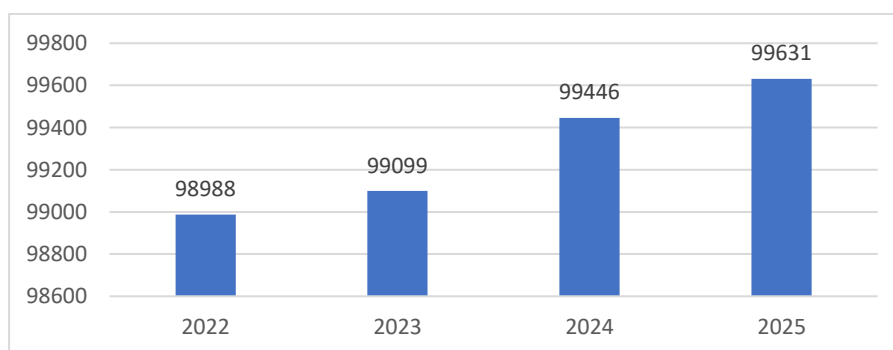


Рисунок 2 – Вагонооборот станции «Караганда»

Расчет аппроксимации вагонооборота выполнен по общеизвестной типовой методике [2] и исходным данным [3]. В результате получены аппроксимирующая функция для определения вагонооборота станции «Караганда»:

$$U_{\text{ваг.}} = 98\,972,7 \cdot e^{0,002 \cdot (T-2022)}.$$

График фактических значений вагонооборота и значений аппроксимирующей функции представлены на рисунке 3.

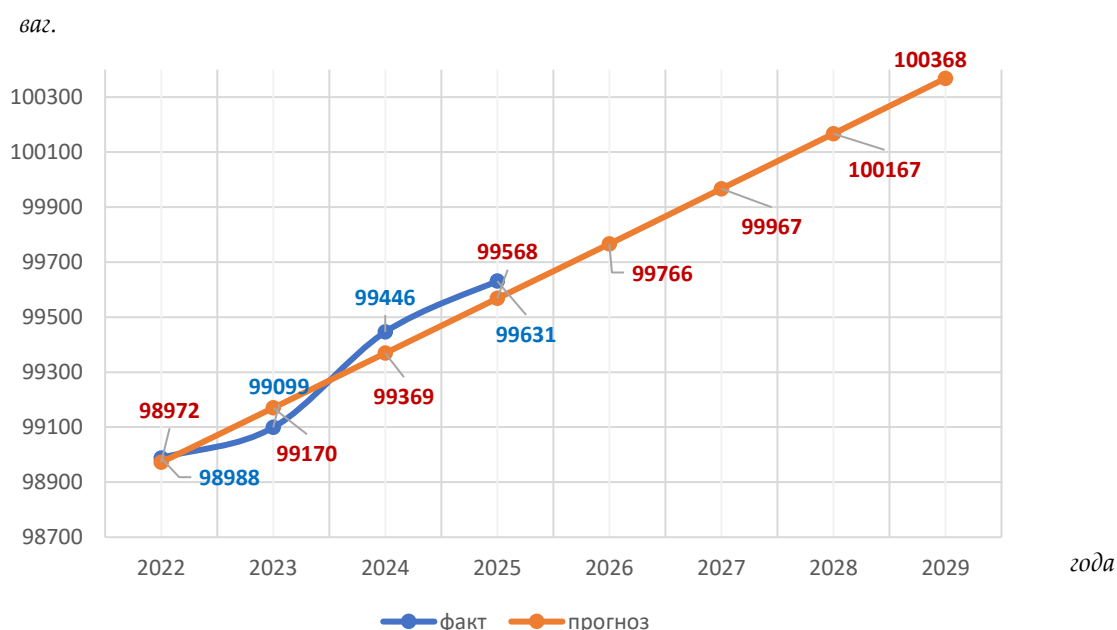


Рисунок 3 – Аппроксимация вагонооборота станции «Караганда»

Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей железнодорожных станций на перспективу, прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей станции «Караганда» на перспективу.

Таким образом, проведенные результаты исследований, имеют прикладное значение, и будут интересны для научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами в области транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техническо-распорядительный акт станции «Караганда».
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Вычислительные методы математического анализа. – Москва: Учебное электронное издание, 2017. – 512 Мб.
3. Технологический процесс работы станции «Караганда».

АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА СТАНЦИИ «ПРОКАТ»

Станция «ПРОКАТ» по характеру работы является грузовой станцией и относится к 1 классу (рисунок 1). В нечетном направлении: Прокат-Ремонтная – однопутный, двухсторонняя автоматическая блокировка; Прокат-Стальная – однопутный, соединительные ж.д.пути №807, №810, №814, маневровый порядок; Прокат-Доменная (склад чугуна) – однопутный, соединительный ж.д.путь №40, маневровый порядок. В четном направлении: Прокат-Входная I – однопутный, двухсторонняя автоматическая блокировка; Прокат-Входная II – однопутный, двухсторонняя автоматическая блокировка [1, 2].



Рисунок 1 – Путьное развитие станции «ПРОКАТ»

В настоящем исследовании в ходе проведения анализа работы железнодорожной станции «ПРОКАТ» был рассчитан прогноз по основному показателю станции – вагонооборот (рисунок 2).

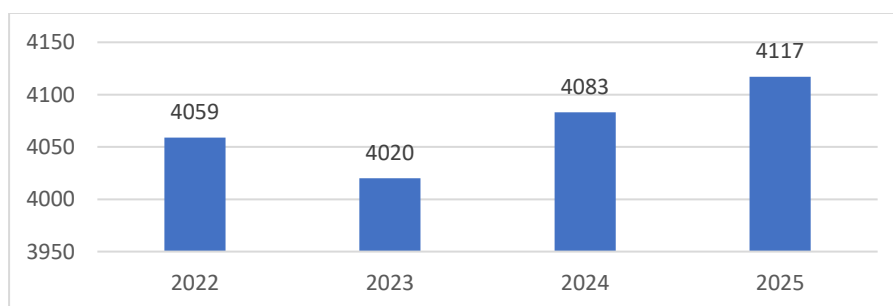


Рисунок 2 – Вагонооборот станции «ПРОКАТ»

Расчет аппроксимации вагонооборота выполнен по общеизвестной типовой методике [2] и исходным данным [3]. В результате получены аппроксимирующая функция для определения вагонооборота станции «ПРОКАТ»:

$$U_{\text{ваг.}} = 4034 \cdot e^{0,006 \cdot (T-2022)}.$$

График фактических значений вагонооборота и значений аппроксимирующей функции представлены на рисунке 3.

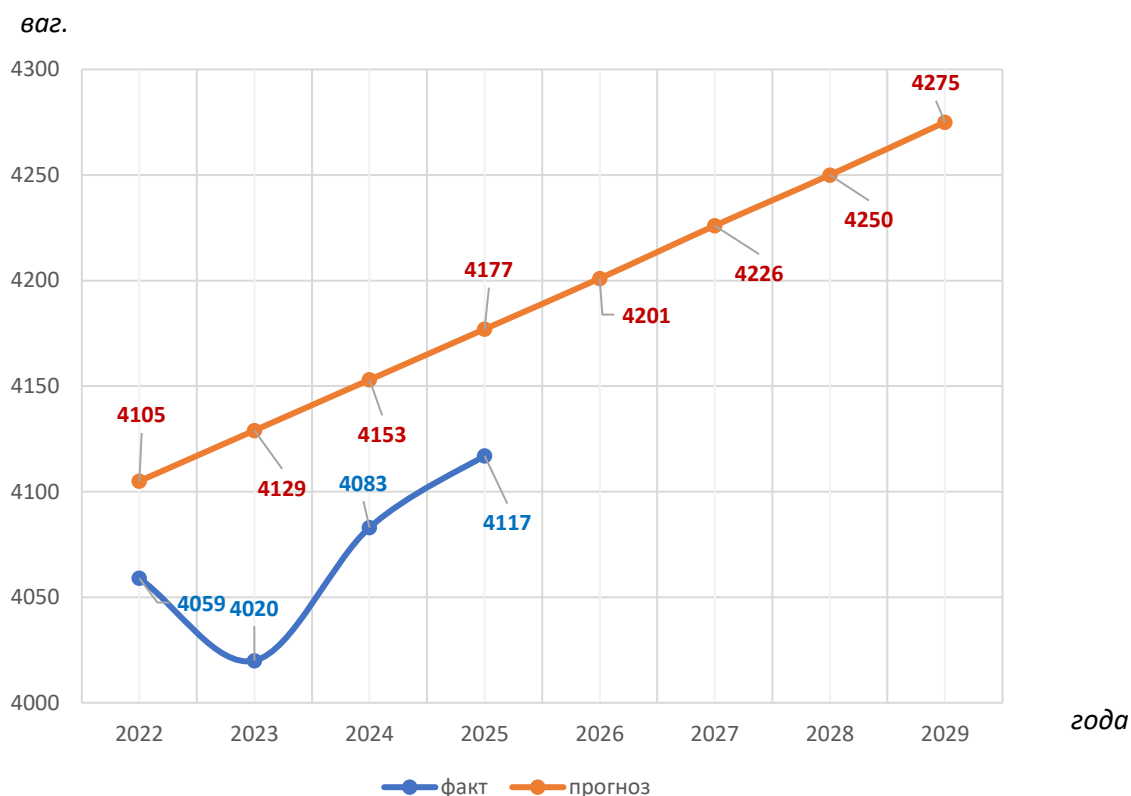


Рисунок 3 – Аппроксимация вагонооборота станции «ПРОКАТ»

Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей железнодорожных станций на перспективу, прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей станции «ПРОКАТ» на перспективу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техническо-распорядительный акт станции «ПРОКАТ».
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Вычислительные методы математического анализа. – Москва: Учебное электронное издание, 2017. – 512 Мб.
3. Технологический процесс работы станции «ПРОКАТ».

БОЛАТ ТРОСТАРДЫҢ ОРНАЛАСУЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ АРҚЫЛЫ РЕЗЕҢКЕТРОСТЫ КОНВЕЙЕР ТАСПАЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Конвейер таспалары тау-кен өнеркәсібіндегі көлік жүйелерінің негізгі элементі болып табылады, тау-кен массасын, кенді, көмірді және басқа материалдарды айтарлықтай қашықтыққа үздіксіз және тиімді жеткізуді қамтамасыз етеді. Карьерлер мен ашық әзірлемелер жағдайында конвейер таспаларына жұмыстың беріктігі, тозуға төзімділігі және сенімділігі бойынша жоғары талаптар қойылады. Конвейер таспасының түрін таңдау көптеген факторларға байланысты, соның ішінде тасымалдау ұзындығы, қозғалатын материалдың сипаты, жолдың көлбеу бұрышы, температураның жұмыс жағдайлары және қажетті өнімділік. Өндірістің заманауи технологиялары нақты жұмыс жағдайларына оңтайландырылған таспалардың мамандандырылған түрлерін жасауға мүмкіндік береді.

Резеңкетросты конвейер таспасы бірнеше негізгі элементтерден тұрады. аспаның өзегі коррозиядан қорғау үшін мырышталған немесе жезден жасалған болаттан жасалған диаметрі 3-тен 6 миллиметрге дейінгі болат тростардан тұрады. Тростар арасындағы қашықтық таспаның қажетті беріктігіне байланысты 10-нан 20 миллиметрге дейін [1].

Резеңке қаптамалар металл жақтауды тасымалданатын материалдың әсерінен қорғайды және жетек барабандарына қажетті іліністі қамтамасыз етеді. Жұмыс қаптамасының қалыңдығы 6-дан 25 миллиметрге дейін, жұмыс істемейтін – 3-тен 8 миллиметрге дейін. Бойлық кесулерден қосымша қорғау үшін трос өзегі мен резеңке қаптамалар арасында орналасқан матадан жасалған брекер төсемдері қолданылады [2].

Конвейер таспаларының көлденең қималарындағы максималды деформацияларды туралаудың әзіленген әдісі келесі кезеңдерден тұрады:

- таспалы конвейер жұмыс істеген кезде бүйірлік роликтердің көлбеу бұрыштары 38° (қозғалыстағы материалдың көлбеу бұрышына ρ тең), дұрыс эллипс түрінде қалыптасады, лентадағы жүк массасының параметрлерін есептеуді оңтайландыру және жеңілдету үшін ауданы бойынша төрт тең секторға бөлу қажет;

- әр сектордың аудандары кванттық – экстремалды таралу заңдылығына сәйкес x осі бойынша алты сипаттамалық бөлімге $\Delta=l/6$, ал y осі бойынша кездейсоқ шама мәндерінің пайда болу ықтималдығы кванттарының шамасына бөлінеді;

- Д.И. Журавский теоремасын қолдана отырып, өзіне тән учаскелердің аудандарын және оларда жұмыс істейтін жүктемелерді анықтау жүзеге

асырылады. Есептеулер көрсеткендей, жүктеменің негізгі бөлігі орташа роликтің үстіндегі таспада – 75%-тен жоғары;

- таспадағы жүктемеден әсер ететін жүктемені анықтау нәтижелері бойынша таспадағы күш элементтерінің (мата төсемдерінің немесе тростардың) саны анықталады. Бұл конвейер таспаларының көлденең қимасын иілуге тең кедергі балкасының жұмыс режиміне ауыстыратын күш элементтерінің санының дискретті өзгеруімен жасалады, резеңке таспаларда тростар арасындағы қадамды өзгерту арқылы қол жеткізіледі [3, 4].

Осылайша, әзірленген әдіс конвейер таспаларының көлденең қималарындағы максималды деформацияларды тиімді теңестіруге мүмкіндік береді. Ені 1200 мм таспалар мысалында тексерілген есептеулер резеңке таспаларда жасалған әдісті қолданған кезде тростар саны 80-нен 44-ке дейін азаятынын көрсетті. Тиісінше, конвейер таспаларының массасы мен құны төмендейді, таспалы конвейердің энергия сыйымдылығы орта есеппен 1,5 есе төмендейді. Таспалардың деформациясының әсерінен жүктің қозғалысы жоғалады, қозғалысқа төзімділік 1,4-1,7 есе азаяды, нәтижесінде конвейер трассасында шаң бөлінуі орта есеппен 1,25 есе азаяды.

Болат тростардың орналасуын оңтайландыруға негізделген ұсынылған тәсіл резеңкетросты конвейер таспаларының құрылымдық тиімділігін арттырудың перспективалы бағыты болып табылады. Сонымен қатар таспаның салмағының төмендеуі мен энергия шығындарының қысқаруы өндірістік үдерістің экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Осыған байланысты, аталған тәсілді өнеркәсіптік жағдайда енгізу тау-кен кәсіпорындарының техникалық және экономикалық көрсеткіштерін жақсартуда маңызды рөл атқара алады.

Жетілдірілген резеңкетрос таспасының рационалды конструктивтік параметрлерін дәлірек анықтау үшін ANSYS бағдарламалық ортасында цифрлық модель жасап, егжей-тегжейлі зерттеулер жүргізу қажет, бұл әзірлеменің жұмыс қабілеттілігін талдауға мүмкіндік береді. Көрсетілген теориялық зерттеулердің нәтижелері практикалық мәнге ие болып, таспалы конвейерлердің жұмысын жетілдіру саласында зерттеумен айналысатын ғылыми және инженерлік-техникалық мамандар үшін маңызды болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. <https://inner.su/articles/typy-konveyernykh-lent-dlya-karero-v-rezino-trosovy-e-tkaney-e-shevronnye-i-s-bortami/#steel-cord>
2. Каталог лент ЗАО «Курскрезинотехника»
3. Акашев З.Т., Акашев А.З., Балабаев О.Т., Косбармаков С.Ж. Способ выравнивания максимальных деформаций в поперечных сечениях конвейерных лент. Инновационный патент на изобретение №30895. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан 18.01.2016 г.
4. Акашев З.Т., Акашев А.З., Балабаев О.Т., Косбармаков С.Ж. Разработка способа выравнивания максимальных деформаций в поперечных сечениях конвейерных лент. Журнал «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований» (Российская Федерация – РИИЦ 0,764). № 5 (часть 2). – Москва: ИД «Академия естествознания», 2017. – С. 197-200.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПРЯМЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО ПУТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

В современных условиях роста требований к качеству транспортного обслуживания промышленных предприятий особую значимость приобретает повышение эффективности взаимодействия железнодорожных станций примыкания и станций необщего пользования. Одним из определяющих факторов, влияющих на организацию местной работы, является продольный профиль подъездного перегона, поскольку именно величина руководящего уклона ограничивает допустимую массу маневрового состава, число подач и уборок вагонов, продолжительность маневровых циклов и, в конечном счете, эксплуатационные расходы. На практике при неблагоприятном профиле пути даже при наличии достаточного вагонопотока и устойчивой грузовой базы станция вынуждена выполнять дополнительные передвижения локомотива, что ухудшает оборот вагонов и снижает пропускную и перерабатывающую способность грузовых фронтов.

Для рассматриваемого объекта к железнодорожной станции Н примыкает перегон промышленной станции П, максимальный уклон которого в исходном состоянии составляет 12‰. Для локомотива серии ТЭМ-2 при таком профиле максимально допустимая масса маневрового состава равна 558 т. Анализ эксплуатационной работы показал, что указанная весовая норма не обеспечивает технологической сбалансированности процессов подачи и уборки вагонов. В ряде случаев количество подач превышает количество уборок либо, напротив, число уборок оказывается больше числа подач, вследствие чего возникают резервные пробеги маневрового локомотива в обратном направлении.

С целью улучшения показателей местной работы предложено спрямления продольного профиля подъездного перегона путем снижения его максимального уклона до 10, 8 и 6 ‰. Расчеты показали, что уменьшение уклона приводит к последовательному увеличению допустимой массы маневрового состава на 300, 450 и 650 т соответственно. Таким образом, при уклоне 10 ‰ допустимая масса состава возрастает до 858 т, при уклоне 8 ‰ – до 1008 т, а при уклоне 6 ‰ – до 1208 т. Уже само по себе увеличение массы состава является важным эксплуатационным результатом, поскольку позволяет обслуживать один и тот же объем вагонопотока меньшим количеством рейсов. Однако наиболее

существенный эффект проявляется в изменении структуры местной работы: достигается выравнивание количества подач и уборок, а значит создаются условия для исключения резервных пробегов маневрового локомотива.

Для формализованного описания влияния профиля пути на эксплуатационные показатели допустимую массу маневрового состава целесообразно рассматривать как функцию от величины руководящего уклона:

$$Q = f \cdot (i) \quad (1)$$

где Q – допустимая масса состава, т.; i – максимальный уклон перегона, ‰.

Для данной зависимости выполняется условие $\frac{dQ}{di} < 0$, то есть снижение уклона приводит к росту массы состава. Количество подач и уборок может быть определено выражениями

$$n_{\text{п}} = \left\lceil \frac{W_{\text{п}}}{Q} \right\rceil \text{ и } n_{\text{у}} = \left\lceil \frac{W_{\text{у}}}{Q} \right\rceil \quad (2)$$

где $W_{\text{п}}$ и $W_{\text{у}}$ – объемы вагонопотока, подлежащего соответственно подаче и уборке.

В исходном варианте при $Q_0 = 558$ т наблюдается неравенство $n_{\text{п}} \neq n_{\text{у}}$ что обуславливает наличие непроизводительных возвратов локомотива. После совершенствования продольного профиля и увеличения массы состава появляется возможность достижения условия $n_{\text{п}} = n_{\text{у}}$, при котором число резервных пробегов определяется как $n_{\text{рез}} = |n_{\text{п}} - n_{\text{у}}| = 0$.

Полученный результат имеет не только технологическое, но и экономическое значение. Общий пробег локомотива можно представить выражением

$$L_{\text{лок}} = (n_{\text{раб}} + n_{\text{рез}}) \cdot l, \text{ лок} \cdot \text{км} \quad (3)$$

где $n_{\text{раб}}$ – число рабочих рейсов; $n_{\text{рез}}$ – число резервных пробегов; l – длина перегона, км.

Из выражение (3) видно, что устранение резервных передвижений автоматически приводит к уменьшению суммарного пробега.

Соответственно сокращаются затраты топлива, расходы на содержание тягового подвижного состава и потребность в локомотивном времени. Продолжительность маневровой работы также уменьшается и может быть описана зависимостью

$$T_{\text{ман}} = n \cdot t_{\text{рейс}} + T_{\text{доп}}, \text{ мин.} \quad (4)$$

где n – число рейсов; $t_{\text{рейс}}$ – среднее время одного рейса, мин; $T_{\text{доп}}$ – дополнительные технологические операции, мин.

С учетом изложенного задача выбора рационального продольного профиля может быть представлена в виде задачи минимизации совокупных эксплуатационных затрат, выраженной целевой функцией, в которой

коэффициенты c_1 , c_2 и c_3 , представляют собой весовые параметры, отражающие относительную значимость соответствующих эксплуатационных показателей:

$$F(i) = c_1 \cdot (n_{\text{п}} + n_{\text{у}}) + c_2 \cdot |n_{\text{п}} - n_{\text{у}}| + c_3 \cdot T_{\text{ман}} \rightarrow \min \quad (5)$$

при ограничениях: $Q(i) \leq Q_{\text{доп}}$; $T_{\text{ман}}(i) \leq T_{\text{доп}}$; $n_{\text{п}}(i) \cdot Q(i) \geq W_{\text{п}}$; $n_{\text{у}}(i) \cdot Q(i) \geq W_{\text{у}}$.

Такая постановка позволяет оценивать варианты реконструкции не только по приросту массы состава, но и по влиянию на время маневровой работы, число резервных пробегов, использование локомотивов и вагонов. Практическая значимость данного подхода состоит в том, что он дает возможность обосновать технические мероприятия по снижению уклона с позиций конечного эксплуатационного результата, а не только на основе тяговых расчетов.

Результаты исследования согласуются с современными направлениями совершенствования местной работы на железнодорожном транспорте, предусматривающими сокращение непроизводительных перемещений, оптимизацию параметров вагонопотоков и повышение эффективности использования маневровых локомотивов [1-5]. В отличие от работ, ориентированных преимущественно на вопросы общей технологии обслуживания станций, в данном исследовании акцент сделан на взаимосвязи продольного профиля подъездного перегона с параметрами местной работы конкретной промышленной станции.

Таким образом, спрямление продольного профиля подъездного перегона является эффективным инженерно-технологическим мероприятием, обеспечивающим повышение допустимой массы маневрового состава, выравнивание числа подач и уборок вагонов, устранение резервных пробегов локомотива и сокращение продолжительности маневровой работы. Комплексный эффект от реализации такого решения проявляется в снижении эксплуатационных расходов, уменьшении простоя вагонов, ускорении их оборота, повышении перерабатывающей способности грузовых фронтов и росте технологической устойчивости работы станции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Lukaszewicz P. Energy consumption and running time for trains: modelling of running resistance and driver behaviour based on full-scale testing // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*. – 2007. – Vol. 221. – №3. – P. 183-193.
2. Hansen I.A., Pachl J. *Railway Timetabling & Operations: Analysis, Modelling, Optimisation*. – Hamburg: Eurailpress, 2014. – 344 p.
3. Scheepmaker G.M., Goverde R.M., Kroon L.G. Review of energy-efficient train control and timetabling // *European Journal of Operational Research*. – 2017. – Vol. 257. – №2. – P. 355-376.

АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ СТАНЦИИ «ЖАНА КАРАГАНДА»

Станция «Жана Караганда» по характеру работы является грузовой, по объему выполняемой работы отнесена к первому классу (рисунок 1). Прилегающие к станции перегоны оборудованы следующими средствами связи: в четном направлении: «Жана Караганды – Майкудук» – двухпутный, оборудован числовой кодовой автоблокировкой; в нечетном направлении: «Жана Караганды – Караганда-Сортировочная» – двухпутный перегон, оборудован числовой кодовой автоблокировкой [1, 2].

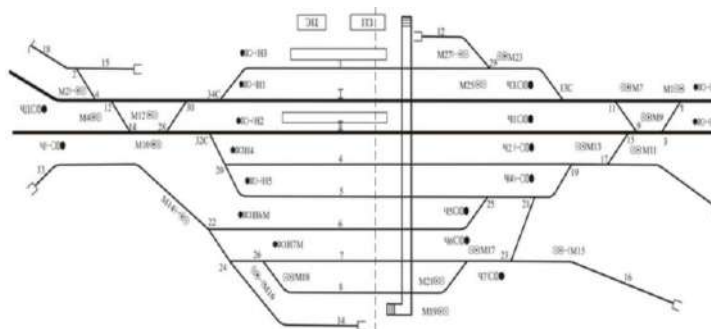


Рисунок 1 – Путевое развитие станции «ЖАНА КАРАГАНДА»

В настоящем исследовании в ходе проведения анализа работы железнодорожной станции «ЖАНА КАРАГАНДА» был рассчитан прогноз по основному показателю станции – вагонооборот подъездных путей (рисунок 2).

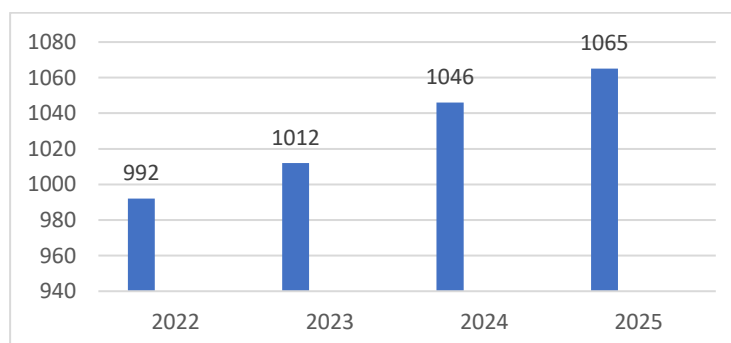


Рисунок 2 – Вагонооборот подъездных путей
 станции «ЖАНА КАРАГАНДА»

Расчет аппроксимации вагонооборота выполнен по общеизвестной типовой методике [2] и исходным данным [3]. В результате получены аппроксимирующая функция для определения вагонооборота станции «ЖАНА КАРАГАНДА»:

$$U_{\text{ваг.}} = 1046 \cdot e^{0,0246 \cdot (T-2022)}.$$

График фактических значений вагонооборота и значений аппроксимирующей функции представлены на рисунке 3.

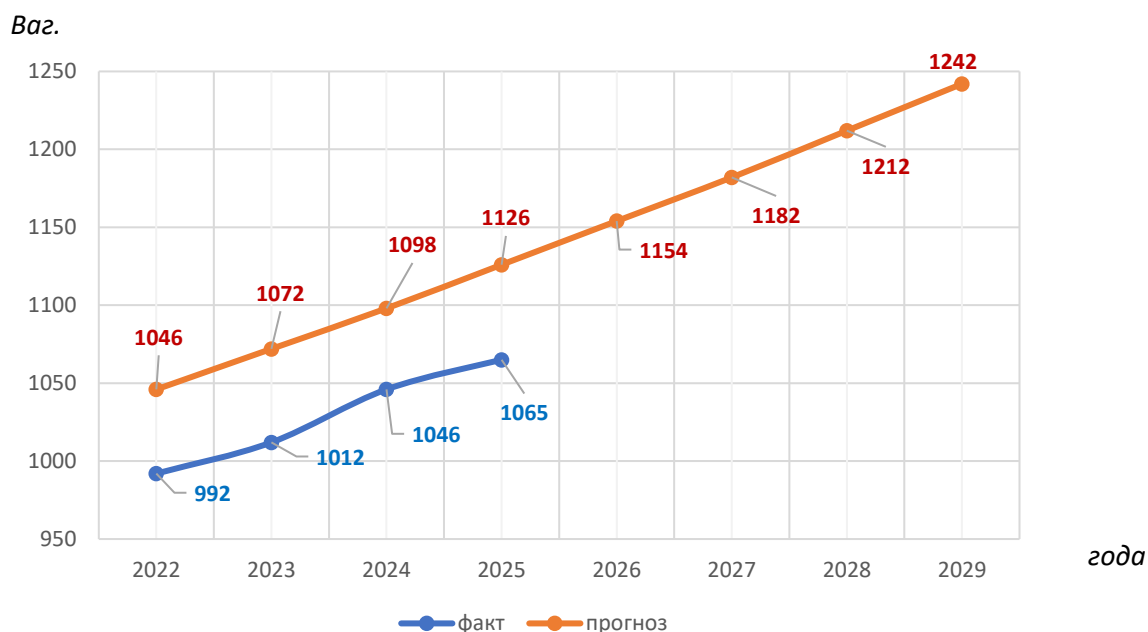


Рисунок 3 – Аппроксимация вагонооборота подъездных путей станции «ЖАНА КАРАГАНДА»

Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей железнодорожных станций на перспективу, прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей станции «ЖАНА КАРАГАНДА» на перспективу.

Таким образом, проведенные результаты исследований, имеют прикладное значение, и будут интересны для научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами в области транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техническо-распорядительный акт станции «ЖАНА КАРАГАНДА».
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Вычислительные методы математического анализа. – Москва: Учебное электронное издание, 2017. – 512 Мб.
3. Технологический процесс работы станции «ЖАНА КАРАГАНДА».

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДЕРЖЕК НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЁСТКАХ И КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Рост уровня автомобилизации в современных городах сопровождается увеличением интенсивности транспортных потоков, образованием заторов и ростом временных потерь на пересечениях улично-дорожной сети. Наиболее проблемными элементами транспортной инфраструктуры являются регулируемые перекрёстки, где движение носит прерывистый характер и формируются очереди транспортных средств.

Существенное влияние на эффективность функционирования дорожной сети оказывает величина транспортных задержек, определяющая уровень обслуживания движения, пропускную способность и экологическую нагрузку. В условиях высокой интенсивности движения традиционные схемы светофорного регулирования не всегда обеспечивают рациональное распределение транспортных потоков.

Одним из перспективных решений является применение кольцевых пересечений, обеспечивающих непрерывное движение и снижение конфликтности потоков. В отличие от регулируемых перекрёстков, круговое движение исключает фазы полной остановки транспортных средств и способствует более равномерному распределению потоков по направлениям.

Для количественной оценки транспортных задержек на регулируемых пересечениях широко применяется формула Вебстера:

$$d = \frac{0,5C(1 - g/C)^2}{1 - x} + \frac{x^2}{2q(1 - x)}$$

где : d — средняя задержка, с;

C — длительность цикла светофора, с;

g — эффективная зелёная фаза, с;

x — степень насыщения потока;

q — интенсивность движения, авт/с.

В качестве расчётного примера рассмотрим городской перекрёсток с параметрами:

$C=90$ с; $g=40$ с, интенсивность потока $q=0,45$ авт/с, степень насыщения $x=0,85$.

Подставляя значения, получаем среднюю задержку:

$$d \approx 48 \text{ с}$$

что свидетельствует о значительных временных потерях при светофорном регулировании даже при средней загруженности перекрёстка.

Для условий максимальной нагрузки, характерных для утренних и вечерних часов пик, принимаем параметры: $C=100$ с, $g=38$ с, $q=0,62$ авт/с, $x=0,95$. Расчёт показал увеличение средней задержки до:

$$d \approx 82 \text{ с}$$

что почти в 1,7 раза превышает показатели в обычный период движения.

Для аналогичных транспортных потоков на кольцевых пересечениях средняя задержка, согласно данным эксплуатации и эмпирическим исследованиям, составляет 15–20 с в обычных условиях и не превышает 25–30 с в часы пик. Это объясняется отсутствием фаз ожидания и плавным перераспределением транспортных потоков.

Таблица 1 Сравнение показателей движения

Показатель	Регулируемый перекрёсток	Кольцевое пересечение
Средняя задержка (обычный режим), с	48	18
Средняя задержка (час пик), с	82	28
Характер движения	Прерывистый	Непрерывный
Образование очередей	Высокое	Минимальное
Пропускная способность	Ограниченная	Повышенная

Особенности городской агломерации Караганды характеризуются выраженной неравномерностью транспортных потоков, обусловленной промышленной спецификой региона. Значительную долю движения формируют маршрутные транспортные средства и грузовой автотранспорт, что усиливает нагрузку на перекрёстки в часы пик. В таких условиях применение кольцевых пересечений позволяет повысить устойчивость транспортных потоков и снизить вероятность образования заторов.

Проведённый сравнительный анализ показывает, что внедрение кольцевых пересечений позволяет сократить транспортные задержки на 55–65 %, повысить пропускную способность улично-дорожной сети и улучшить условия движения в периоды максимальной нагрузки. Дополнительным положительным эффектом является снижение расхода топлива и выбросов вредных веществ за счёт уменьшения числа остановок и режимов разгона.

Таким образом, кольцевые пересечения представляют собой эффективный инструмент оптимизации организации дорожного движения в условиях городской агломерации. Их целесообразно рассматривать как при реконструкции перегруженных перекрёстков, так и при проектировании новых элементов транспортной инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Webster F.V. *Traffic Signal Settings*. Road Research Technical Paper 39. London, HMSO, 1958.
2. *Guide to Road Design – Part 4: Intersections and Crossings*. Austroads, 2016.
3. Federal Highway Administration. *Roundabouts: An Informational Guide*, 2nd Ed., 2010.
4. TRL. *Roundabouts: Economic Assessment of Safety and Delay*. TRL Report TRL718, 2007.
5. Иванов И.И., Петров П.П. *Организация дорожного движения в городских агломерациях. Журнал транспортных исследований*, 2023.

ӘОЖ 629.01(574)=512.122.

Ахметова А.Ж. (Қарағанды, Сағынов ат. ҚарТУ)

Кукешева А.Б. (Қарағанды, Сағынов ат. ҚарТУ)

Кадыров А.С. (Қарағанды, Сағынов ат. ҚарТУ)

Lukasz Wargula (Познань, Познань технологиялық университеті)

ЖОЛ ЖӨНДЕУ ЖҰМЫСТАРЫ КЕЗІНДЕ КӨЛІК ШЫҒЫНДАРЫН АЗАЙТУ ҮШІН ЖЫЛЖЫМАЛЫ ЖОЛ ӨТПЕСІН ҚОЛДАНУДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ НЕГІЗДЕУ

Көше-жол желісінің өткізу қабілетінің төмендеуіне және көлік кідірістерінің ұлғаюына әкелетін коммуналдық және жөндеу жұмыстарын жүргізу жағдайында көлік жүйесінің жұмыс істеу проблемасы бар. Осыған байланысты уақытша айналма жолдарды, қозғалысты басқарудың интеллектуалды жүйелерін және модульдік көпір конструкцияларын қолдануды қоса алғанда, көлік шығындарын азайтудың халықаралық тәсілдеріне талдау жасалды.

Еуропалық Одақ пен Солтүстік Америка елдерінде жүргізілген зерттеулер жолдарды жөндеу және жөндеу жұмыстары жол-көлік оқиғаларынан кейін екінші орында тұрған жол қозғалысының кешігуінің негізгі себептерінің бірі екенін көрсетеді.

Коммуналдық-жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде жол қозғалысын ұйымдастырудың негізгі факторлары: өткізу қабілетінің төмендеуі; жұмыс мерзімдерінің болжамсыздығы; ведомствоаралық үйлестірудің болмауы; қозғалысты жеткіліксіз ұйымдастыру; экономикалық және экологиялық шығындар; жабынның техникалық ақаулары; әлеуметтік салдарлар; маусымдық шектеулер. [1]

Жүргізілген талдау коммуналдық жұмыстарды жүргізу кезінде көлік жүйесіне өткізу қабілетінің төмендеуі және коммуналдық қызметтер арасындағы үйлестірудің болмауы үлкен әсер етеді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл факторлар көлік шығындарының негізгі бөлігін құрайды және кептелістердің пайда болуына жағдай жасайды. Ұзақ мерзімді жөндеу циклдары кезінде жағымсыз әсерді күшейтетін техникалық жабын ақаулары мен маусымдық шектеулер маңызды емес, бірақ әлі де маңызды.

АҚШ, Германия және Жапонияда белсенді қолданылатын жеделдетілген және түнгі жөндеу әдістері Климаттық шектеулерге және тез қататын материалдардың тиісті технологияларының болмауына байланысты қазақстандық жағдайларда қиын. [1] Ұлыбритания мен Сингапурда табысты жұмыс істейтін, бірақ елеулі инвестициялар мен кешенді цифрлық интеграцияны талап ететін зияткерлік көлік жүйелерін (ITS) пайдалану әзірге тек ішінара Астана мен Алматыда іске асырылды. Қазақстан үшін ең перспективалы бағыт Қытай мен Оңтүстік Корея мен

Швейцарияда өзінің тиімділігін дәлелдеген уақытша көпірлер болып табылады. Алайда, нормативтік базаның, типтік конструкциялардың және сертификаттаудың болмауы олардың практикалық қолданылуына кедергі келтіреді. [2]

Осылайша, Қазақстанда халықаралық тәжірибелерді бейімдеу үшін ұлттық стандарттарды әзірлеу, жөндеуді жоспарлау жүйесін цифрландыру және көлік шығындарын азайту үшін неғұрлым ұтымды шешім ретінде мобильді жол өтпелдерін пайдалана отырып, пилоттық жобаларды енгізу қажет. [3]

Көлік тоқтап қалуын барынша азайтудың барлық қарастырылған шетелдік әдістерінің ішінен Қазақстан жағдайлары үшін уақытша Көпірлер мен жол өтпелдерін қолдану барынша қолайлы болып табылады.

Айта кету керек, Қазақстанда мобильді жол өтпелдерін пайдалану бойынша әзірлемелер бар. Ғылыми әдебиеттерде мұндай конструкцияларды пайдалану және есептеу идеясы А. С. Қадыровқа тиесілі, кейінірек бұл бағыт А.А. Ганюков пен Қ. Балабекованың еңбектерінде дамыды. Г., онда мобильді жол өтпелдерін жобалаудың жалпы принциптері мен пайдалану ерекшеліктері қарастырылды. [4]

Қазақстанның жол инфрақұрылымына мобильді жол өтпелдерін енгізу үшін олардың күшті және әлсіз жақтарын, сондай-ақ сыртқы мүмкіндіктері мен қауіптерін көрсететін SWOT-талдау жүргізілді. Бұл талдау технологияны дамытудың стратегиялық бағыттарын анықтауға және оның практикалық қолданылуына әсер ететін негізгі факторларды анықтауға мүмкіндік береді. 1 суретте жол өтпелінің SWOT талдауы көрсетілген.



Сурет 1 - Мобильді жол өтпесінің SWOT анализі

SWOT-талдау Қазақстанда көлік тоқтап қалуын азайту үшін жылжымалы жол өтпесінің жоғары әлеуетін көрсетті. Алайда оларды енгізу нормативтік базаның және есептеу әдістемесінің болмауымен шектеледі, сондықтан пилоттық жобаларды іске асыру және ұлттық стандарттарды әзірлеу қажет.

Құрылымның негізмен және топырақ жағдайымен өзара әрекеттесуіне ерекше назар аудару керек. Қолданыстағы шешімдердің көпшілігінде топырақтың физика-механикалық қасиеттері, оның көтергіштігі, шөгінділердің біркелкі болмауы және маусымдық қатудың әсері ескерілмейді, бұл Қазақстан жағдайында тұрақтылықтың бұзылуына және тірек элементтерінің қисаюына әкеледі.

Мұндай тәсіл мобильді жол өтпесінің қауіпсіздігін, орнықтылығын және функционалдық тиімділігін арттыруға, сондай-ақ оларды Қазақстанның жол инфрақұрылымына кеңінен енгізу үшін ғылыми негізделген базаны құруға мүмкіндік береді.

Ұсынылған Әдістеме шеңберінде мобильді жол өтпесінің құрылымын әзірлеу және есептеу кезінде беріктіктің іргелі шарты қойылады: құрылымдық элементтердің пластикалық деформациялары жұмыс жүктемелерінің әсерінен серпімді кезеңге өтпеуі керек.

Басқаша айтқанда, жол өтпесінің құрылымы жүктемені алып тастағаннан кейін геометриялық пішін мен көтергіштіктің сақталуын қамтамасыз ете отырып, серпімді деформациялар шегінде жұмыс істеуі керек.

Мұндай талап көлік құралдарының қарқынды қозғалысына байланысты бірнеше жүктеме циклдары кезінде құрылымның беріктігі мен тұрақтылығына кепілдік беру үшін қажет.

Бұл жағдайдың бұзылуы қалдық деформациялардың жиналуына, микрокректердің пайда болуына, қаттылықтың төмендеуіне және соның салдарынан жол өтпесінің пайдалану сенімділігінің жоғалуына әкеледі.

Бұл шарт мобильді жол өтпесін жобалаудың негізгі критерийлерінің бірі болып табылады және құрылымның кернеулі-деформацияланған күйін модельдеуде негізгі шектеу ретінде пайдаланылады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

- 1 World Road Association (PIARC). *Temporary Bridges and Detours: Technical Report*. – Paris, 2021.
- 2 TomTom International. *Traffic Congestion Report 2024 (Kazakhstan section + global comparison)*. – Amsterdam, 2024.
- 3 Смагулов А. Ж. Влияние коммунальных работ на пропускную способность улично-дорожной сети крупных городов // *Вестник КазАТК*. – 2023. – № 4. – С. 45–52.
- 4 Кадыров А.С., Балабекова К.Г. Мобильді көпір өтпесінің жетілген модулінің сәйкестірілген элементтерін есептеу және конструкторлық шешу // *ПМУ хабаршысы. Энергетикалық серия*. – Павлодар: ПМУ, 2016. – №3. – Б. 41-52 с.

ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІН ЦИФРЛЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗДЕРІ

Төртінші ақпараттық революциядан кейін «жаңа экономика» пайда болды, ол «цифрлық экономика» деп те аталады. Цифрлық революциямен байланысты цифрлық экономиканы жаңа экономиканың даму нәтижесі әрі кластері ретінде қарастыруға болады. Цифрлық экономика әртүрлі салаларда цифрлық технологиялардың пайда болуына алып келді. Бұл технологиялар өнеркәсіпті, бизнесті, көлікті және логистиканы жаңғыртады. Цифрлық технологиялар цифрлық басқарудың пайда болуына әкелді. Цифрлық басқару көлік саласында кеңінен қолданылып, нәтижесінде цифрлық теміржол мен интеллектуалды логистика қалыптасты.

Теміржолды цифрлық басқару (DRM) – технология емес, цифрлық технологияларды негізгі құрал ретінде қолданатын интеграцияланған басқару жүйесі. Ол цифрлық экономиканың даму нәтижесі болып табылады.

Цифрлық теміржол күрделі жүйе болып саналады. Өйткені ол күрделі технологиялық жүйелерді, күрделі техникалық жүйелерді, ұйымдастырушылық жүйелерді, ұйымдастырушылық-техникалық жүйелерді, заттар интернеті технологиялары мен басқа да жүйелерді қамтиды.

Бұл жүйелер жиынтығын тек келесідей цифрлық әдістер арқылы басқаруға болады:

- жүйелік талдау,
- салыстырмалы талдау,
- сапалық талдау.

Жалпы цифрландыру – білімді цифрлық түрде алу және сақтау жүзеге асатын технология болып табылады. Бұрынғы экономикада ақпарат аналогтық немесе материалдық түрде болғандықтан, байланыс тек адамдардың тікелей қарым-қатынасы арқылы жүзеге асатын. Жаңа экономикада цифрлық құрылғылар қамтамасыз ететін сандық формат әлемнің әртүрлі бөліктеріндегі адамдар арасында үлкен көлемдегі ақпарат пен білімді өте жылдам еркін тасымалдауға мүмкіндік береді.

Теміржол саласында бұл қағида интеллектуалды көлік жүйелері мен көліктік кибер-физикалық жүйелерді қолдану арқылы іске асырылады.

Виртуализация цифрлық экономикада технологиялар кешенін білдіреді. Виртуализация нақты жағдайларды виртуалды жағдайларға айналдыруға мүмкіндік береді. Теміржолда бұл қағида машинисіз басқару технологиялары арқылы жүзеге асырылады. Бұл талдау мен шешім қабылдау тиімділігін арттырады. Сонымен қатар ақпаратты қысқарту мен

үлкен көлемдегі деректерді көрнекі қабылдаудың когнитивтік әсерін қамтамасыз етеді.

Молекулалану – бейнелі ұғым. Ол ірі инертті құрылымдардың орнына икемді әрі шағын құрылымдардың келуін білдіреді. Бұрын шешім қабылдау үшін адамдар бір жерде жиналатын болса, жаңа экономикада «таратылған ұйымдар» қалыптасады. Мұндай ұйымдар өзгермелі жағдайларға жылдам бейімделеді. Стартаптар молекулаланудың мысалы бола алады.

Делдалсыздандыру – аралық буындардың қызметі айтарлықтай қысқаратын үдеріс. Бұған онлайн сауда немесе қоймалық операциялар мысал болады. Бұл кәсіпорындар мен тұтынушылар арасындағы тікелей байланысты талап етеді және цифрлық байланыс технологияларын қажет етеді. Теміржолда бұл қағида цифрлық теміржол мен цифрлық басқару арқылы іске асады.

Конвергенция – есептеу техникасы, байланыс және ақпараттық мазмұнның бірігуі нәтижесінде қалыптасатын экономиканың жетекші саласы. Теміржолда бұл біріктірілген цифрлық басқару арқылы жүзеге асырылады.

Просьюмпция – дәстүрлі экономикадағы жаппай өндірістің орнына цифрлық экономикадағы жаппай дараландырылған өнімдерге көшу процесі. Бұл өндіруші мен тұтынушы арасындағы айырмашылықты азайтады. Алайда тұтынушыдан жоғары ақпараттық мәдениетті талап етеді. Мысалы:

- электрондық билет сатып алу;
- компьютер арқылы тіркелу;
- электрондық брондау.

Теміржолда бұл ақпараттық кеңістік пен радиорелелік ақпараттық өрісті құру арқылы іске асырылады.

Диссонанс – ақпараттық мәдениет деңгейінің айырмашылығына байланысты туындайтын жағымсыз процесс. Кез келген жаңа құбылысқа қоғам тарапынан қарсылық және баяу бейімделу байқалады. Нәтижесінде технологиялық қайшылықтар пайда болады. Технологиялық сауатты және сауатсыз топтар арасындағы алшақтық болашақта әлеуметтік мәселелер туғызуы мүмкін.

Цифрлық басқаруда бұл мәселе Гар-талдау әдістерін енгізу арқылы шешіледі.

Цифрлық логистика және DRMS.

Цифрландыру теміржол саласының болашағы үшін басым бағыттардың бірі болып табылады. Теміржол саласының басты міндеті – өз клиенттеріне жоғары тиімді және тартымды тасымалдау қызметтерін ұсыну және цифрлық трансформация беретін мүмкіндіктерді барынша пайдалану.

Цифрлық деректер көлемінің өсуі **Big Data** (үлкен деректер) технологиясын барған сайын кеңінен қолдануды талап етеді. Бұл

технология деректерді жинауға, талдауға, операцияларды оңтайландыруға және жеткізу тізбегін тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Жеткізу тізбегін автоматты түрде құру, кіріс және шығыс жүк ағындарын оңтайландыру қолда бар ресурстарды тиімді пайдалануға және шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Мобильді шешімдер операциялардың ашықтығын арттырады.

Цифрлық қорларды басқару және жеткізу тізбегін басқару жүйелері тауар қорларын, тапсырыстарды және жеткізілімдерді толық бақылауға мүмкіндік береді. Big Data технологиясымен қатар бизнесте **«деректер байлығы»** деген жаңа ұғым пайда болды.

Логистикалық компаниялар өз тауарлары мен көліктерінің қозғалысына қатысты деректерді пайдаланып:

- тұтынушылардың мінез-құлық үлгілерін анықтайды,
- тиімді жұмыс тәсілдерін табады,
- нарық туралы ақпарат алады,
- бәсекелік артықшылыққа қол жеткізеді.

Логистикалық компаниялар цифрлық технологияларды тек операциялардың тиімділігін арттыру үшін ғана емес, сонымен қатар оларды талдау және қайта ұйымдастыру үшін де қолданады.

Теміржолды цифрлық басқару – кез келген елдегі көлік жүйесінің тиімділігін арттыратын инновациялық технология болып табылады. Бұл технология теміржол желілерінің өткізу қабілетін арттыруға мүмкіндік береді.

Кең мағынада цифрландыру көліктің барлық түрлерін автоматтандыруды және интеграциялауды қамтиды. DRMS бағдарламасы аясында бұл технологияларды жүзеге асыру мүмкіндігі пайда болады.

DRMS жобасын көліктік кибер-физикалық жүйелерді қамтитын **кешенді интеграцияланған жүйе жобасы** ретінде жүзеге асыру орынды болып табылады. Іс жүзінде кибер-физикалық жүйелер ескірген интеллектуалды көлік жүйелерін алмастыруда.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Горев А.Э. Информационные технологии на транспорте: учебник для вузов. – М: Изд.Юрайт, 2025.
2. Блиндер И.Д. Цифровая оперативно-технологическая связь железнодорожного транспорта России – Маршрут, 2005
3. Некрасов А.Г. и др. Системная инженерия и цифровые технологии на транспорте (цифровая трансформация) – М: Транспорт, 2019.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Проблема превышения допустимых осевых нагрузок грузовых автомобилей имеет стратегическое значение в условиях развития транспортно-логистической инфраструктуры Республики Казахстан. Рост международных перевозок и доли тяжёлого транспорта усиливает нагрузку на автомобильные дороги республиканского значения.

Осевая нагрузка – это вертикальная сила, передаваемая от оси транспортного средства на дорожное покрытие, и ключевой параметр, определяющий степень его разрушения. Согласно эксперименту AASHTO Road Test, воздействие осевой нагрузки возрастает пропорционально четвёртой степени её величины: при увеличении нагрузки в 2 раза разрушение покрытия возрастает примерно в 16 раз.

Действующая нормативная база РК (Закон № 174-VII «О весогабаритном контроле», 2022) устанавливает предел одиночной оси в 10 т и предусматривает развёртывание около 220 автоматических станций измерения (АСИ) на дорогах республиканского значения. Однако, несмотря на цифровизацию контроля, доля перегруженных транспортных средств остаётся стабильно высокой. Это обусловлено принципиальным недостатком всех существующих систем – реактивным характером: нарушение фиксируется постфактум, после того как ущерб дорожному покрытию уже нанесён.

Анализ существующих решений (стационарные посты, мобильные комплексы, WIM-системы, бортовые индикаторы нагрузки) показал отсутствие механизмов автоматического принудительного воздействия на движение при перегрузе. Тем самым выявляется незаполненная ниша превентивных систем, способных остановить перегруженное транспортное средство до нанесения ущерба.

Цель исследования – разработка и теоретическое обоснование системы контроля осевой нагрузки, интегрирующей бортовые датчики с алгоритмом автоматического ограничения скорости.

Выдвигается следующая гипотеза: интеграция бортового датчикового комплекса на основе датчиков давления в элементах пневматической подвески с алгоритмом автоматического ограничения движения через CAN-шину обеспечивает переход от реактивной модели весогабаритного контроля к превентивной и позволяет предотвращать движение перегруженных транспортных средств в режиме реального времени на всём протяжении маршрута.

Предлагаемая система включает три функциональных блока. Первый – измерительный: датчики давления воздуха, интегрированные в пневматические баллоны подвески каждой оси, осуществляют непрерывный мониторинг с частотой не менее 10 Гц. Пневматическая подвеска применяется в качестве измерительной среды ввиду прямолинейной зависимости давления воздуха от нагрузки на ось, что обеспечивает теоретическую погрешность 1–3%. Второй – вычислительный: бортовой контроллер рассчитывает осевую нагрузку в реальном времени с учётом поправок на динамику и температуру, сравнивает с нормативом и формирует управляющий сигнал. Третий – исполнительный: при обнаружении перегруза система принудительно ограничивает скорость транспортного средства через CAN-шину, информирует водителя и передаёт данные в телематическую систему (рис. 1). Именно наличие третьего блока принципиально отличает предлагаемое решение от всех известных аналогов.



Рис.1 – Структурная схема бортовой системы определения осевой нагрузки и автоматического ограничения скорости транспортного средства

Алгоритм реализуется как трёхуровневая система реагирования: при 90–100% нагрузки формируется предупреждение; при 100–115% скорость автоматически ограничивается до 40 км/ч с передачей данных в систему автопарка; при превышении 115% скорость снижается до 20 км/ч с требованием остановки и уведомлением органов контроля. Такая логика обеспечивает оперативное предотвращение движения перегруженного транспортного средства.

Эффективность системы обосновывается зависимостью AASHTO [1]:

$$ESAL = \left(\frac{P}{P_n}\right)^4 \quad (1)$$

Так, при нагрузке 12 т вместо нормативных 10 т повреждающее воздействие возрастает до 2,07 ESAL. Превентивное ограничение движения исключает накопление избыточного разрушения покрытия, а в условиях

Республики Казахстан, где доля перегруженных ТС остаётся высокой, обеспечивает снижение затрат на содержание дорог и повышение эффективности контроля.

В рамках работы сформирована концепция усовершенствованной системы контроля осевой нагрузки грузовых автомобилей, основанной на интеграции бортового датчикового комплекса и алгоритма автоматического ограничения движения. Предлагаемая модель определения осевой нагрузки учитывает динамические и температурные поправки и ориентирована на применение в условиях резкоконтинентального климата Казахстана.

Научная новизна заключается в постановке подхода к формированию замкнутого контура «измерение – принятие решения – автоматическое воздействие» на борту транспортного средства. Практическая значимость связана с потенциальной возможностью снижения разрушения дорожного покрытия и повышения эффективности весогабаритного контроля. Дальнейшие исследования предполагают экспериментальную проверку модели, разработку прототипа и оценку эффективности внедрения в масштабе транспортных предприятий Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Burnos P., Gajda J. Thermal Property Correction of Axle Load Sensors in Weigh-In-Motion Systems // *Sensors*;
2. Закон Республики Казахстан № 174-VII «О весогабаритном контроле» от 30 декабря 2022 г. – Астана: Парламент РК, 2022.
3. Министерство транспорта Республики Казахстан. Отчёт о состоянии автомобильных дорог республиканского значения. – Астана, 2024.
4. Патент RU176599U1. Устройство для определения нагрузки на ось транспортного средства. – М.: Роспатент, 2018.
5. Патент US20110267200A1. Weigh-In-Motion System for Measuring Vehicle Axle Loads. – USPTO, 2017.

ЖЕТКІЗУ ТІЗБЕКТЕРІН БАСҚАРУДА ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Жаһандану және нарықтық ортаның тұрақсыздығы жағдайында жеткізу тізбектерін басқару күрделі ғылыми-практикалық мәселеге айналды. Материалдық, ақпараттық және қаржылық ағындардың үздіксіз қозғалысы басқару шешімдерінің дәлдігін талап етеді. Мұндай жағдайда тиімділікті бағалау жүйесі стратегиялық маңызға ие болады.

Дәстүрлі тәсілдер көбіне қаржылық нәтижелерге негізделгенімен, қазіргі логистикалық жүйелер кешенді бағалауды қажет етеді. Тиімділік тек шығындарды азайту көрсеткіші емес, сонымен қатар қызмет сапасы, икемділік және тұрақтылық деңгейін сипаттайтын көпқырлы категория болып табылады.

Мақаланың мақсаты - жеткізу тізбектерін басқаруда тиімділік көрсеткіштерін қалыптастырудың теориялық негіздерін жүйелеу және олардың құрылымдық моделін ұсыну.

Экономикалық әдебиетте тиімділік нәтижелер мен ресурстар арақатынасы ретінде қарастырылады. Алайда жеткізу тізбегі жағдайында бұл анықтама шектеулі сипатқа ие. Себебі жеткізу тізбегі бірнеше тәуелсіз субъектілердің өзара байланысқан жүйесі болып табылады.

Бастапқы кезеңде тиімділік қаржылық индикаторлар арқылы бағаланды: логистикалық шығындар, табыстылық, қор айналымдылығы. Кейіннен операциялық көрсеткіштер енгізілді: жеткізу уақыты, тапсырысты орындау дәлдігі, қойма айналымы.

Қазіргі кезеңде интеграцияланған тәсіл қалыптасты. Мұнда стратегиялық, тактикалық және операциялық көрсеткіштер өзара байланыста қарастырылады. Бұл тәсіл жеткізу тізбегін біртұтас жүйе ретінде бағалауға мүмкіндік береді.

Жеткізу тізбегіндегі КРІ жүйесі жүйелілік пен тұтастыққа негізделуі тиіс, әрбір көрсеткіш стратегиялық мақсаттармен сәйкес келіп, өлшенімді және нақты болуы қажет. Көрсеткіштер иерархиялық түрде декомпозицияланып, жүйенің жалпы тиімділігін сақтау үшін теңгерімді әрі сыртқы өзгерістерге бейімделгіш болуы қажет.

Көрсеткіштерді кездейсоқ таңдау басқару жүйесінің дисбалансына әкелуі мүмкін. Сондықтан әрбір индикатор нақты стратегиялық мақсатпен байланыстырылуы қажет.

1-кесте. Жеткізу тізбегіндегі тиімділік көрсеткіштерінің көпдеңгейлі жіктелуі

Көрсеткіш тобы	Бағалау мазмұны	Негізгі индикаторлар	Басқару деңгейі
Қаржылық	Шығындар мен табыстылық	Логистикалық шығындар, қор айналымдылығы	Стратегиялық
Операциялық	Процесс өнімділігі	Жеткізу уақыты, тапсырыс дәлдігі	Тактикалық
Икемділік	Тәуекелге жауап беру	Қауіпсіздік қоры, бейімделу жылдамдығы	Стратегиялық
Ресурстық	Активтерді пайдалану	Қойма жүктемесі, көлік тиімділігі	Операциялық

Ескерту: Кесте автордың зерттеу нәтижелері мен әдеби деректер негізінде әзірленді.

Ұсынылған жіктеу көрсеткіштердің басқару деңгейлері бойынша үйлесімділігін қамтамасыз етеді.

Өртүрлі ғылыми тәсілдер жеткізу тізбегінің тиімділігін өртүрлі қырынан қарастырады

2-кесте. Тиімділікті бағалаудың теориялық тәсілдерін салыстырмалы талдау

Тәсіл	Мазмұны	Артықшылығы	Шектеулері
Қаржылық тәсіл	Нәтижені табыстылық арқылы бағалау	Есептеу қарапайым	Процестерді толық ашпайды
Процесс тәсілі	Әр буынды жеке талдау	Операциялық бақылау	Стратегиялық байланыс әлсіз
Интеграцияланған КРІ	Көпдеңгейлі кешенді бағалау	Теңгерімді басқару	Құрастыру күрделі
Жүйелік тәсіл	Элементтердің өзара байланысын бағалау	Тұтастықты қамтамасыз етеді	Ақпараттық талап жоғары

Ескерту: Кесте автордың зерттеу нәтижелері мен әдеби деректер негізінде әзірленді.

Салыстырмалы талдау нәтижесінде интеграцияланған және жүйелік тәсілдердің қазіргі жағдайға сәйкес келетіндігі анықталды.

Тиімділік көрсеткіштерін қалыптастыру жеткізу тізбегін басқаруда кешенді тәсілді талап етеді. Зерттеу нәтижесінде көрсеткіштер стратегиялық мақсаттардан бастап, нақты өлшенетін индикаторларға декомпозицияланады, бұл олардың әр деңгейде үйлесімді болуын қамтамасыз етеді. Көрсеткіштердің өзара байланысы ескеріліп, бір индикатордың өзгеруі басқа көрсеткіштердің жағдайына теріс әсер етпеуі

қажет. Сонымен қатар нормативтік мәндер мен кері байланыс механизмдерін енгізу КРІ-ларды мониторингтеуге және жеткізу тізбегінің икемділігін сақтауға мүмкіндік береді. Ұсынылған модель басқаруды жүйелі және интеграцияланған түрде жүргізуге, шешім қабылдау сапасын арттыруға бағытталған.

Жеткізу тізбектерін басқаруда тиімділік көрсеткіштерін қалыптастыру тек теориялық тұрғыдан емес, сонымен қатар практикалық тұрғыдан да маңызды мәселе болып табылады. Зерттеу барысында анықталғандай, жеткізу тізбегі - бұл көпдеңгейлі, өзара байланысқан және динамикалық жүйе, сондықтан оның тиімділігін бағалау кешенді және жүйелік тәсілді қажет етеді.

Көпдеңгейлі КРІ жүйесі стратегиялық, тактикалық және операциялық деңгейлерде өзара үйлесімділік орнатуға мүмкіндік береді. Стратегиялық деңгейде КРІ ұйымның ұзақ мерзімді мақсаттарына қызмет етеді, тактикалық деңгейде - процестерді басқаруды және бақылауды қамтамасыз етеді, операциялық деңгейде - нақты жұмыс тиімділігін өлшейді. Бұл тәсіл басқару шешімдерін үйлестіруді жеңілдетіп, ресурстарды тиімді пайдалануға жағдай жасайды.

Нәтижесінде ұсынылған көпдеңгейлі жіктеу мен модельдік негіз жеткізу тізбегін кешенді бағалауға мүмкіндік беріп, логистикалық басқаруда ғылыми негізделген тәсілді қалыптастырады. Бұл әсіресе стратегиялық жоспарлау, операциялық бақылау және ұйымышilik үйлестіру үдерістерінде тиімділік көрсеткіштерін дұрыс пайдалану үшін маңызды.

Қорытындылай келе, жеткізу тізбектерін басқаруда тиімділік көрсеткіштерін қалыптастырудың теориялық негіздерін жүйелеу логистика ғылымы мен практикасында маңызды ғылыми және әдістемелік құндылыққа ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕР ТІЗІМІ:

1. Christopher, M. *Logistics & Supply Chain Management*. 6th ed., Pearson, 2020.
2. Gunasekaran, A., Yusuf, Y. Y., Adeleye, E. O., Papadopoulos, T. "Agile manufacturing practices: the role of big data and predictive analytics for performance measurement in supply chain," *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 4, pp. 1245–1260, 2020.
3. Жұмабекова, А. Қ. «Логистикалық тізбектерді басқаруда КРІ жүйесін енгізудің тиімділігі», *Қазақстан Республикасы Жоғары Мектебінің Ғылыми Журналы*, Т. 12, № 3, с. 78–89, 2023.
4. Петров, И. В. «Интеграция КРІ и цифровых технологий в управлении цепями поставок», *Логистика и технологии*, № 1, с. 33–47, 2024.
5. Kleijnen, M., Smits, B., van der Heijden, T. "Performance measurement in supply chains: a review and future research directions," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 26, no. 6, pp. 732–748, 2021.

ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНДЕ ҚОСАЛҚЫ БӨЛШЕКТЕРДІ БӨЛУДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ТӘСІЛДЕРІНЕ ШОЛУ

Қосалқы бөлшектердің қорларын тиімді басқару көліктегі және логистикадағы техникалық қызмет көрсету жүйелерінің маңызды элементі болып табылады. Қажетті компоненттердің болуы жылжымалы құрамның сенімділігіне және көлік процестерінің үздіксіздігіне тікелей әсер етеді. Алайда, қосалқы бөлшектердің шамадан тыс жинақталуы сақтау шығындарының өсуіне және қаржылық ресурстарды тиімсіз пайдалануға әкеледі.

Техникалық қызмет көрсету және жөндеу процестерінің өнімділігі қосалқы бөлшектер мен компоненттердің қажеттілігіне сай бар болуына байланысты. Іс жүзінде теміржол деполары мен станцияның техникалық қызмет көрсету пункттерінде жылдам жөндеуді қамтамасыз ету үшін қосалқы бөлшектердің жеке қорлары болады. Алайда, қосалқы бөлшектерге деген сұраныс жиі тұрақты емес және оны болжау қиын, бұл тапшылыққа немесе қорлардың шамадан тыс жиналуына әкеледі.

Осылайша, қосалқы бөлшектерді басқару маңызды логистикалық міндет болып табылады. Көптеген көлік жүйелерінде қорларды тиімсіз бөлу кейбір станцияларда тапшылықтың пайда болуына әкеледі, ал басқаларында артық қорлар жиналады.

Соңғы жылдары зерттеушілер техникалық қызмет көрсету желілері бойынша қосалқы бөлшектерді бөлуді оңтайландыруға көбірек көңіл бөлуде. Перспективалы тәсілдердің бірі – пайдалану қажеттіліктері мен сұраныс құрылымына сәйкес техникалық қызмет көрсету пункттері арасында қосалқы бөлшектерді қайта бөлу. Мұндай стратегиялар желідегі қор деңгейлерін теңестіруге және жүйенің жалпы тиімділігін арттыруға бағытталған.

Осы саладағы зерттеулер қосалқы бөлшектерді басқару бірнеше факторларға байланысты ерекше қиын міндет екенін көрсетеді. Оларға әртүрлі қосалқы бөлшектердің үлкен саны, тұрақты емес сұраныс және жабдықтың істен шығуы мен техникалық қызмет көрсету кестелері арасындағы байланыс кіреді. Сонымен қатар, қосалқы бөлшектер көбінесе ұзақ қызмет етеді және уақыт өте келе ескіруі мүмкін, бұл тауарлы-материалдық құндылықтарды басқаруға қосымша қауіп төндіреді [1].

Бұл мәселелерді шешудің әртүрлі тәсілдерін көптеген зерттеулер шешімдерін ұсынды. Бұл тәсілдерге сұранысты болжау, тауарлы-материалдық құндылықтарды жіктеу әдістері және қорлардың тиісті деңгейлерін анықтау үшін оңтайландыру модельдері кіреді. Зерттеудің тағы бір маңызды бағыты көп деңгейлі түгендеу жүйелеріне бағытталған, онда

қосалқы бөлшектер желі ішіндегі бірнеше қоймаларға немесе техникалық қызмет көрсету объектілеріне таратылады.

Соңғы зерттеулер сонымен қатар техникалық қызмет көрсету бөлімшелері арасында жеткізу тізбегін үйлестіру мен ақпарат алмасудың маңыздылығын көрсетеді. Қоймалар арасындағы байланыс пен деректер алмасуды жақсарту арқылы ұйымдар сұранысты жақсырақ болжай алады және қосалқы бөлшектерді тиімдірек бөле алады.

Қорларды басқарудың дәстүрлі тәсілдері көбінесе әр жерде белгіленген тауарлық-материалдық құндылықтар деңгейіне негізделген. Бұл тәсіл жоспарлауды жеңілдетсе де, желідегі сұраныс өзгерген кезде тиімсіздікке әкелуі мүмкін.

Қайта бөлу стратегиялары икемді баламасы ұсынылады. Әр станцияда үлкен қорларды сақтаудың орнына, қосалқы бөлшектерді нақты сұранысқа байланысты бөлімшелер арасында жылжытуға болады. Бұл тәсіл ұйымдарға тауарлық-материалдық құндылықтар деңгейін теңестіруге және қойманың жалпы көлемін азайтуға мүмкіндік береді [2].

Қайта бөлу процесі әдетте артық қорлары бар жерлерді анықтауды және бұл бөлшектерді жетіспейтін станцияға беруді қамтиды. Мұндай шешімдер көлік шығындары, қорлар деңгейі және техникалық қызмет көрсету басымдықтары сияқты факторларды ескеретін аналитикалық құралдармен немесе шешім қабылдау әдістерімен қамтамасыз етілуі мүмкін [3].

Тәжірибелік тәжірибе көрсеткендей, қосалқы бөлшектерді қайта бөлу техникалық қызмет көрсету логистикасының тиімділігін едәуір арттыра алады. Құрамдас бөліктерді станциялар арасында қайта бөлу арқылы ұйымдар сақтау шығындарын азайтып, маңызды қосалқы бөлшектердің қолжетімділігін арттыра алады. Сонымен қатар, қайта бөлу тәсілі қолданыстағы қорларды тиімдірек пайдалануға ықпал етеді және қорлардың шамадан тыс жинақталу қаупін азайтады.

Ірі желілер мен техникалық қызмет көрсету пункттері бар теміржол көлігінде қорларды бөлудің икемді жүйелерін енгізу жұмыс тиімділігін едәуір арттыра алады. Мұндай жүйелер көлік операторларына сұраныс пен пайдалану жағдайларының өзгеруіне жауап беруге мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Ivanov D., Tsipoulanis A., Schönberger J. *Global Supply Chain and Operations Management: A Decision-Oriented Introduction to the Creation of Value*. – Cham: Springer, 2017. – 441 p. DOI: 10.1007/978-3-319-24217-0.
2. Baigozhina, P.; Kadyrov, A.; Kukesheva, A.; Jóska, M.; Ulbrich, D.; Wargula, L.; Wiecek, B. *Reducing Storage Costs and Downtime in Railways Through Spare Parts Redistribution and MCDA-Based Optimization*. Appl.Sci 2025, 15, 12957. <https://doi.org/10.3390/app152412957>
3. Guajardo M., Rönnqvist M., Halvorsen A., Kallevik S. *Inventory management of spare parts in an energy company* // Journal of the Operational Research Society. – 2015. – Vol. 66, No. 2. – P. 331–341. DOI: 10.1057/jors.2014.8.

Бақытов Е.С. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
 Кадыров А.С. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинова)
 Нурахметов С.Ж. (Караганда, ИП Борусан Макина Казахстан)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ТЕХНИКИ

Эффективность капитального ремонта карьерной техники определяется не только качеством выполнения технологических операций, но и уровнем обеспеченности запасными частями. В условиях дилерских центров, обслуживающих разнородный парк машин (например, Caterpillar), формирование оптимального страхового запаса становится критически важной задачей.

Недостаток даже одной ключевой детали способен увеличить длительность ремонта, что приводит к снижению оборачиваемости ремонтных мощностей, росту простоев техники и недополученной прибыли предприятия. В противоположность этому своевременное наличие необходимых компонентов позволяет сократить сроки ремонта на 25–35 % и существенно повысить экономическую эффективность сервисной деятельности.

Таким образом, обеспеченность запасными частями напрямую влияет на продолжительность ремонтного цикла, производительность ремонтного центра, уровень доступности техники, финансовые результаты предприятия.

Это позволяет рассматривать наличие запасных частей как управляемый фактор, подлежащий формализации и оптимизации с использованием математических методов.

Современные подходы к управлению запасными частями в капиталоемких отраслях базируются на интеграции технической диагностики, прогнозирования отказов и логистических решений (таблица 1) [1,3,5].

Таблица 1 - Современные направления к управлению запасными частями

Направление	Подход	Ключевые характеристики	Методы	Эффект
Предиктивное обслуживание	KOMTRAX	Мониторинг параметров, анализ деградации, прогноз RUL, предзаказ деталей	ML, статистика, анализ трендов	↓ сроки ремонта (25–35 %), ↓ отказы, нет задержек

	JDLink	Контроль моточасов, базовая диагностика, плановое ТО	Простые алгоритмы	Заказ после диагностики, задержки, низкая эффективность
MRO	Прогнозирование спроса	Учет вероятностного и прерывистого спроса	Croston, ARIMA, ML	↓ ошибки (20–40 %), ↓ дефицит, оптимизация запасов [2]
Гибридные модели	Статистика + ML	Учет множества факторов, нелинейные зависимости	Ансамбли, нейро-сети	↑ точность прогноза, баланс запасов
Оптимизация запасов	Стохастические модели	Учет отказов, затрат и критичности	Вейбулл, теория надежности	↓ затраты, ↑ готовность техники [3,4]
	Критичные детали	Высокая значимость и стоимость простоя	MTBF, P(t)	Предотвращение простоев

Несмотря на высокий уровень развития международных решений, большинство из них требует: развитой цифровой инфраструктуры, большого объема телеметрических данных, значительных инвестиций.

Для условий ремонтных предприятий, работающих с ограниченными ресурсами, необходим адаптированный подход и разработка методики прогнозирования и оптимизации предзаказа запасных частей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Предлагаемая методика прогнозирования и оптимизации предзаказа запасных частей

Таким образом предлагаемый подход рассматривает наличие запасных частей как ключевой фактор, влияющий на сроки ремонта, и связывает логистические решения с экономической эффективностью через функцию ожидаемой доходности. Он учитывает вероятностный характер потребности в деталях и может применяться при ограниченной цифровизации. В результате сокращаются сроки ремонта, снижаются затраты на срочные закупки, повышается доступность техники и увеличивается прибыль сервисного центра.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Zonta T., da Costa C.A., da Rosa Righi R., de Lima M.J., da Trindade E.S., Li G.P. Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review // *Computers & Industrial Engineering*. – 2020. – Vol. 150. – Article 106889. – DOI: 10.1016/j.cie.2020.106889.
2. Hu Q., Boylan J.E. Intermittent demand forecasting for spare parts // *European Journal of Operational Research*. – 2019. – Vol. 276, No. 3. – P. 1100–1110. – DOI: 10.1016/j.ejor.2019.01.019.
3. Dekker R., van der Heide S., van Foreest N., Heijnen P. Service logistics: inventory control and spare parts management // *International Journal of Production Economics*. – 2013. – Vol. 143, No. 2. – P. 462–472. – DOI: 10.1016/j.ijpe.2012.08.014.
4. Basten R.J.I., van Houtum G.J. System-oriented inventory models for spare parts // *European Journal of Operational Research*. – 2014. – Vol. 236, No. 1. – P. 34–44. – DOI: 10.1016/j.ejor.2013.11.026.
5. Lee J., Bagheri B., Jin C. Introduction to cyber manufacturing // *Manufacturing Letters*. – 2016. – Vol. 8. – P. 11–15. – DOI: 10.1016/j.mfglet.2016.02.001.

АНАЛИЗ ВАГОНООБОРОТА НА ПОДЪЕЗДНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПУТИ ТОО «KAZ-METIZ»

Подъездной железнодорожный путь ТОО «Kaz-metiz» является неэлектрифицированным, движение на нем осуществляется с использованием тепловозной тяги. Подача и уборка вагонов (рисунок 1) выполняются маневровым способом с применением маневровых локомотивов серий ЧМЭ-3(т) и ТЭМ-2, закрепленных за железнодорожной станцией. Маневровые операции по подаче и уборке вагонов на подъездные пути осуществляются на основании предварительных уведомлений.

На подъездном железнодорожном пути размещены три грузовых фронта:

- грузовой фронт №1 – предназначен для погрузочно-разгрузочных операций тарно-штучных грузов, строительных материалов, металлических изделий, проволоки и стальных канатов из высокоуглеродистой стали;

- грузовой фронт №2 – используется для выгрузки (слива) соляной кислоты, а также для погрузки и выгрузки тарно-штучных грузов и строительных материалов;

- грузовой фронт №3 – предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных работ с тарно-штучными грузами, строительными материалами, изделиями из металла, проволокой и стальными канатами из высокоуглеродистой стали [1, 2].

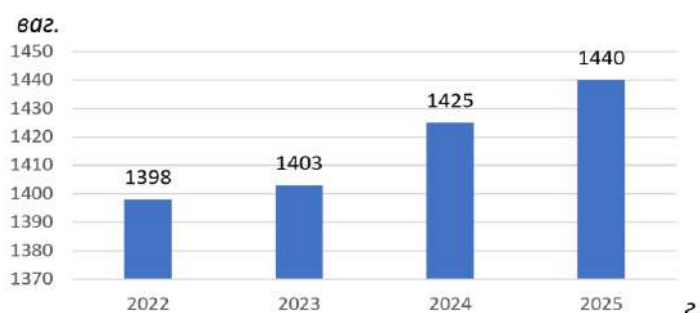


Рисунок 1 – Вагонооборот ТОО «KAZ-METIZ» за последние 4 года

Расчет аппроксимации вагонооборота подъездного железнодорожного пути ТОО «KAZ-METIZ» (Каз-метиз) выполнен по общеизвестной типовой методике [2] и исходным данным [3]. В результате получены аппроксимирующая функция для определения вагонооборота подъездного железнодорожного пути ТОО «KAZ-METIZ»:

$$U_{\text{ваг.}} = 1395 \cdot e^{0,01 \cdot (T-2022)}.$$

График фактических значений вагонооборота и значений аппроксимирующей функции представлены на рисунке 2.

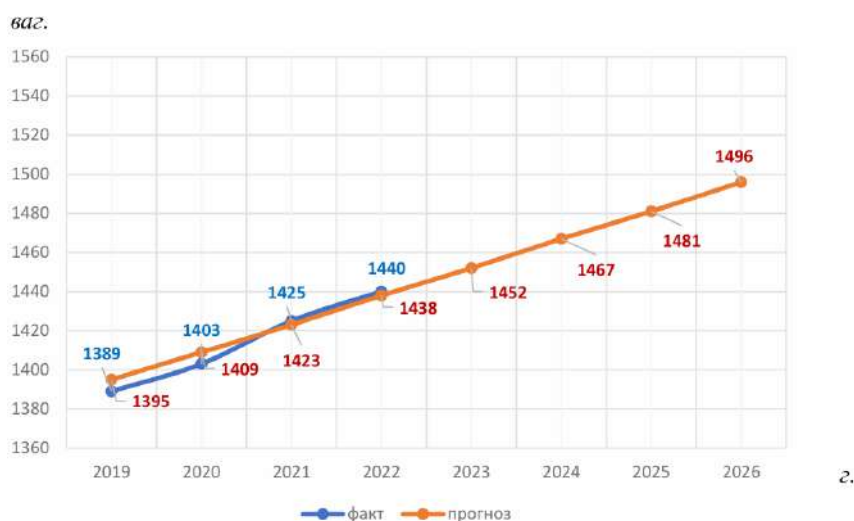


Рисунок 2 – Аппроксимация вагонооборота подъездного железнодорожного пути ТОО «KAZ-METIZ»

Анализ выполнен с применением научной методики прогнозирования изменений основных показателей работы железнодорожных станций на перспективный период. Прогнозирование осуществлялось путем аппроксимации ключевых показателей в зависимости от времени. В результате расчетов были получены аппроксимирующие функции и построены графики изменения вагонооборота подъездного железнодорожного пути ТОО «KAZ-METIZ» на перспективу.

Таким образом, полученные результаты исследования имеют практическую значимость и могут представлять интерес для научных и инженерно-технических специалистов, работающих в сфере железнодорожного транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ подъездного железнодорожного пути ТОО «Kaz-metiz» (Каз-метиз). Пояснительная записка 23/25- ТП, г. Караганда 2025г.
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Вычислительные методы математического анализа. – Москва: Учебное электронное издание, 2017. – 512 Мб.
3. ИНСТРУКЦИЯ о порядке обслуживания и организации движения на подъездном пути ТОО «Kaz-metiz» (Каз-метиз).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР RNN И LSTM ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЛОГИСТИКЕ

В условиях современной вызовов и перехода к Логистике 4.0 точное прогнозирование спроса, запасов и времени прибытия грузов становится ключевым конкурентным преимуществом. Традиционные статистические модели (ARIMA) и классическое машинное обучение часто не справляются с анализом огромных массивов нелинейных, зашумленных данных, поступающих от IoT-датчиков и ERP-систем, так как требуют сложного проектирования признаков и плохо учитывают временную упорядоченность. Рекуррентные нейронные сети (RNN) совершили прорыв в аналитике временных рядов благодаря наличию внутренней «памяти», позволяющей сохранять информацию о прошлых событиях для предсказания будущих. Однако из-за математических ограничений при работе с длинными интервалами на смену простым RNN пришли более сложные архитектуры, такие как LSTM. Основная идея этих сетей заключается в использовании циклических связей, где скрытое состояние обновляется на каждом шаге на основе текущего входа и данных из предыдущего момента времени.

Математически это выражается уравнением:

$$h_t = \sigma (W_{xh}x_t + W_{hh}h_{t-1} + b_h)$$

Где h_t это текущее состояние, x_t это входные данные, а W и b это веса и смещение. Проблема «затухания градиента». Хотя рекуррентные сети (RNN) теоретически должны учитывать прошлые события (например, спрос прошлой недели), на практике они страдают от затухания градиента при обучении (BPTT). Ванильная RNN хорошо помнит только ближайшие события (несколько дней). Дальние связи (месяцы или годы) теряются, что делает её неэффективной для учета сезонности в логистике.

Сети LSTM были разработаны для решения проблемы затухания градиента путем введения сложной системы управления потоками информации.

В основе LSTM лежит состояние ячейки c_t , которое действует как «магистраль памяти», позволяя информации проходить через множество шагов с минимальными изменениями.

$$f_t = \sigma (W_f * [h_{t-1}, x_t] + b_f)$$

Вентиль входа (Input Gate): решает, какая новая информация из текущего входа x_t будет записана в память. Это позволяет модели адаптироваться к внезапным изменениям спроса.

$$i_t = \sigma (W_i * [h_{t-1}, x_t] + b_i)$$

$$\tilde{c}_t = \tanh (W_c * [h_{t-1}, x_t] + b_c)$$

Вентиль выхода (Output Gate): формирует текущее скрытое состояние h_t , которое будет передано на следующий шаг и использовано для предсказания. Оно определяет, какая часть долгосрочной памяти релевантна для текущего момента времени.

$$o_t = \sigma (W_o * [h_{t-1}, x_t] + b_o)$$

$$h_t = o_t * \tanh (c_t)$$

LSTM эффективно решает сложные задачи логистики, улавливая краткосрочные колебания и долгосрочные циклы, что критически важно для точного прогноза спроса и предотвращения разрушительного «эффекта хлыста». В отраслях с высокой волатильностью эта нейросеть лучше классических моделей (таких как ARIMA и RNN) справляется с нелинейными зависимостями, а её эффективность оценивается через метрики RMSE, MAE и MAPE. При этом на длинных последовательностях (более 1000 шагов) LSTM демонстрирует максимальную точность, тогда как на средних дистанциях выгоднее применять архитектуру GRU, которая быстрее обучается и требует меньше вычислительных ресурсов. Кроме прогнозирования спроса, LSTM успешно используется для расчета точного времени прибытия (ETA) с целью оптимизации работы портов и складов. Например, в морской логистике анализ данных AIS с помощью LSTM позволяет учитывать заторы в узких каналах, из-за которых происходит абсолютное большинство всех задержек.

Модели на базе LSTM успешно справляются с предсказанием траекторий судов и транспортных средств в условиях городской застройки. Например, система Деер-ETA использует LSTM для извлечения пространственно-временных признаков из маршрутов курьеров, что позволяет учитывать регулярность паттернов доставки и последовательность посылок.

Внедрение механизмов внимания (attention mechanisms) в такие модели позволяет фокусироваться на наиболее значимых участках маршрута, дополнительно повышая точность.

Из-за специфики и «грязности» логистических данных применение LSTM и RNN требует тщательной настройки гиперпараметров. Для эффективного обучения оптимальная скорость обычно составляет 0.01, а подбор архитектуры сети с помощью байесовских или генетических алгоритмов позволяет существенно снизить ошибку прогноза. Чтобы избежать переобучения при нехватке исторических данных, в сложных

моделях активно используется слой Dropout с коэффициентом 0.2. При этом главное преимущество таких нейросетей их высокая адаптивность к непредвиденным возмущениям, что критично для стабильности цепей поставок. Если традиционные методы вроде ARIMA оказались неспособны справиться с резкими скачками спроса во время пандемии, то LSTM, благодаря механизму «забывания» неактуальных паттернов, успешно адаптировались к новой реальности и превзошли классические модели по точности прогнозирования на 15%.

Логистические данные могут содержать случайный шум или подвергаться преднамеренным атакам (инъекции ложных данных о спросе). Эксперименты с использованием гауссовского шума показали, что LSTM обладает внутренней робастностью к умеренным помехам, однако при низком отношении сигнал/шум (SNR) требуется применение фильтров низких частот на входе модели. В этом контексте перспективными выглядят «жидкие нейронные сети» (Liquid Neural Networks, LNN), которые демонстрируют более высокую устойчивость к шуму и изменениям масштаба времени по сравнению с традиционными рекуррентными структурами.

В современной логистике модели LSTM и GRU остаются лучшим выбором для оперативной обработки непрерывных потоков данных. В отличие от обычных RNN, они эффективно справляются с долгосрочными зависимостями и сложной сезонностью, повышая точность прогнозирования спроса и времени доставки (ETA), а также значительно снижая операционные риски. Будущее отрасли — за переходом к автономной логистике с помощью гибридных систем, которые объединяют анализ временных рядов на базе LSTM, пространственный анализ графовых сетей и механизмы внимания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Использование искусственного интеллекта для управления цепочками поставок [Электронный ресурс] // Unite.AI. – Режим доступа: <https://www.unite.ai/ru/> (дата обращения: 25.03.2026).
 2. Прогнозирование и планирование спроса: кейс искусственного интеллекта при управлении цепочками поставок [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-i-planirovanie-sprosa-keys-iskusstvennogo-intellekta-pri-upravlenii-tsepkami-postavok> (дата обращения: 25.03.2026).
 3. Иванов Д., Долгуи А. Цифровые двойники цепочек поставок: управление сбоями с помощью ИИ и машинного обучения // International Journal of Production Economics. – 2024. – Т. 245. – С. 123456.
 4. Оптимизация цепочек поставок с помощью ИИ [Электронный ресурс] // Xpert.Digital. – Режим доступа: <https://xpert.digital/ru/> (дата обращения: 25.03.2026).
 5. Глубокое обучение для прогнозирования в цепочках поставок [Электронный ресурс] // Lokad. – Режим доступа: <https://www.lokad.com/ru/> (дата обращения: 25.05.2026).
- Искусственный интеллект в устойчивых цепочках поставок: зеленая революция в логистике [Электронный ресурс] // SigmaEarth. – Режим доступа: <https://sigmaearth.com/ru/> (дата обращения: 25.03.2026).

АППРОКСИМАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА АВТОТРАНСПОРТА, ПРИНАДЛЕЖАЩЕГО ГРАЖДАНАМ ГОРОДА КАРАГАНДА

Современные города сталкиваются с нарастающими проблемами в сфере транспортной инфраструктуры, связанными с увеличением числа транспортных средств, пробками, снижением безопасности дорожного движения и ухудшением экологической обстановки. Караганда (рисунок 1), как один из крупнейших промышленных и культурных центров Казахстана, характеризуется интенсивным развитием транспортной сети, что делает актуальным исследование транспортных потоков на её автомобильных дорогах. Изучение интенсивности движения транспортных потоков позволяет выявить ключевые узлы перегрузки, оптимизировать маршруты, повысить эффективность использования дорожной инфраструктуры и разработать меры по снижению негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду [1, 2].

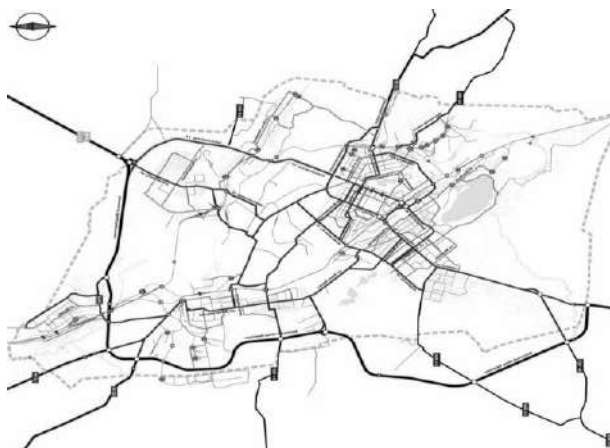


Рисунок 1 – Схема существующей улично-дорожной сети
г. Караганды

Расчет аппроксимации количества автотранспорта, принадлежащего гражданам города Караганда выполнен по общеизвестной типовой методике [3] и исходным данным [2]. В результате получены аппроксимирующая функция для определения количества автотранспорта, принадлежащего гражданам города Караганда:

$$N_a = 122.14 \cdot e^{0,009 \cdot (T-2021)}.$$

График фактических значений количества автотранспорта, принадлежащего гражданам в г. Караганда и значений аппроксимирующей функции представлены на рисунке 2.

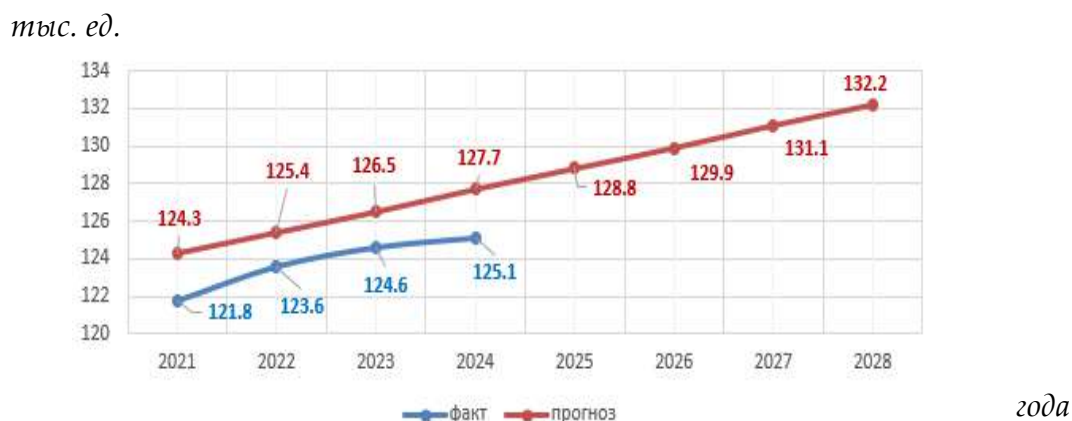


Рисунок 2 – Аппроксимация количества автотранспорта, принадлежащего гражданам города Караганда

Анализ выполнен с применением научной методики прогнозирования изменений количества автотранспорта, принадлежащего гражданам на перспективный период. Прогнозирование осуществлялось путем аппроксимации количества автотранспорта в зависимости от времени. В результате расчетов были получены аппроксимирующие функции и построен график изменения количества автотранспорта, принадлежащего гражданам города Караганда на перспективу.

Таким образом, полученные результаты исследования имеют практическую значимость и могут представлять интерес для научных и инженерно-технических специалистов, работающих в сфере автомобильного транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Balabayev O.T., Jian-Jun Shu, Mikhailov V.F. Investigation of traffic intensity on highways // Труды Международной научно-практической конференции «XVII Сагиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства». Часть 3. – Караганда: Изд-во КарТУ им. А.Сагинова, 2025. – С. 546-547.
2. Мониторинг транспортной системы Карагандинской агломерации и разработка Концепции развития транспортной системы: промежуточный отчет о НИР / НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»; рук. НИР О.Т. Балабаев. – Караганда, 2024. – 44 с. – Инв. № 0226РКД0035.
3. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Вычислительные методы математического анализа. – Москва: Учебное электронное издание, 2017. – 512 Мб.

Батырбек М.Б. (Караганда, КарТУ им. Абылкаса Сагинова)
 Оразалина А.Б. (Караганда, КарТУ им. Абылкаса Сагинова)
 Карсакова А.Ж. (Караганда, КарТУ им. Абылкаса Сагинова)

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ПЕРЕУВЛАЖНЁННЫХ УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КАЗАХСТАНА

В настоящее время значительная часть территории Казахстана, в том числе Карагандинской области, характеризуется сложными инженерно-геологическими и гидрологическими условиями, связанными с наличием слабых и переувлажненных грунтов. К таким грунтам относятся лессовидные суглинки, илы, болотные образования и глинистые грунты в текуче-пластичном состоянии, обладающие низкими физико-механическими характеристиками и малопригодные для устройства земляного полотна автомобильных и железных дорог.

Железнодорожная инфраструктура играет ключевую роль в транспортной системе Республики Казахстан, соединяя крупные промышленные центры, экспортные маршруты и отдалённые регионы. Однако климатические и географические особенности страны — резкие температурные колебания, обильное снеготаяние весной, засухи и ливни — создают серьёзные проблемы, связанные с воздействием воды на железнодорожное полотно. Размывы земляного полотна, просадки и нарушение дренажа — одна из частых причин сбоев, замедления движения и даже аварий.

Большинство существующих водоотводных систем на железных дорогах Казахстана было построено в советское время. С тех пор из-за нехватки финансирования и системной диагностики многие участки дренажной инфраструктуры оказались в аварийном состоянии или полностью вышли из строя. Часто дренажные канавы заиливаются, бетонные конструкции разрушаются, пластиковые трубы засоряются, а фильтрующие материалы перестают выполнять свои функции.

В таблице 1 ниже приведена сводка по регионам Казахстана, в которых наиболее часто фиксируются проблемы, связанные с воздействием воды на железнодорожное полотно.

Таблица 1

Регион	Основные угрозы	Последствия
Карагандинская область	Весеннее половодье, застой воды	Частые размывы в низинах

Восточно-Казахстанская	Ливни, горные стоки	Угроза селей, высокая эрозия
Акмолинская область	Снеготаяние, низкий рельеф	Подтопление в весенний период
Туркестанская область	Летние ливни	Быстрое разрушение грунта
Костанайская область	Половодье, водоносные горизонты	Подмыв балластного слоя

Карагандинский регион отличается резко континентальным климатом с большими сезонными колебаниями температур, глубоким промерзанием грунтов и их последующим переувлажнением при таянии снега и в периоды интенсивных осадков. Эти процессы приводят к ослаблению прочности земляного полотна, деформациям насыпей, снижению несущей способности дорожной конструкции и увеличению затрат на ремонт и содержание дорог. Необходимость внедрения современных технологий защиты обусловлена как обеспечением надежности и безопасности транспортных магистралей, так и повышением их пропускной способности. Стабильность земляного полотна является ключевым фактором долговечности автомобильных и железных дорог, особенно в условиях интенсивного движения и возросших нагрузок. На рисунке 1 представлена деформация земляного полотна, возникшая в результате переувлажнения грунта, характерная для условий Карагандинской области.

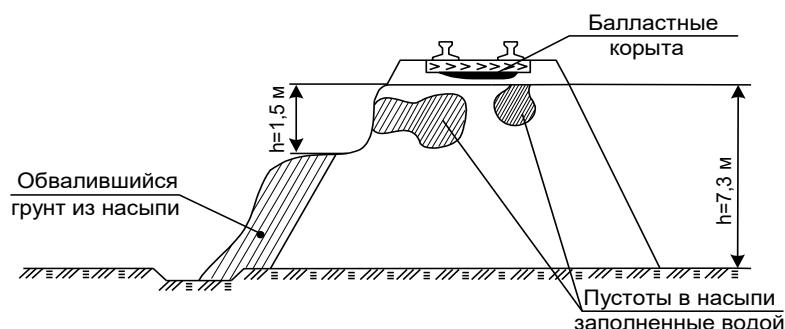


Рисунок 1 – Деформация земляного полотна

Для повышения несущей способности железнодорожного пути на слабом основании были рассмотрены различные методы укрепления земляного полотна:

Увеличение толщины балластного и подбалластного гранулированного слоя.

Данный метод позволяет перераспределить нагрузки от подвижного состава и снизить напряжения, передаваемые на слабые грунты основания. Однако его эффективность ограничена, особенно в условиях переувлажнения, когда происходит разжижение грунтов и потеря несущей способности.

Усиление за счёт использования геоячеистых (георешетчатых) материалов.

Георешётки обладают высоким сопротивлением растяжению даже при малых деформациях, благодаря чему они обеспечивают немедленный эффект армирования структуры балластного слоя.

Применение экструдированных георешёток позволяет сформировать монолитную пространственную ячеистую структуру с равномерным распределением отверстий и ориентированными продольными и поперечными рёбрами. Такая конструкция обеспечивает непрерывность полимерных молекулярных цепей по всей длине георешётки, включая узлы соединения.

В результате георешётка сохраняет высокие механические характеристики даже при воздействии острого щебня и интенсивном уплотнении, что повышает устойчивость балластной призмы при динамических нагрузках.

Дополнительно эффективным решением является применение геотекстильных материалов, которые выполняют фильтрационную, разделительную и дренирующую функции, предотвращая перемешивание балласта с грунтом основания и снижая риск его разуплотнения.

Наиболее эффективным направлением укрепления земляного полотна является использование современных геосинтетических материалов — георешёток и геотекстиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ :

1. Обеспечение устойчивости земляного полотна в условиях переувлажнения на слабых грунтах — дис. кандидата технических наук: 05.23.11. <https://www.dissercat.com/content/obespechenie-ustoichivosti-zemlyanogo-polotna-v-usloviyakh-pereuvlazhneniya-na-slabyx-grunt>
2. «Оценка влияния геоматериалов на напряженно-деформированное состояние железнодорожного земляного полотна» <https://www.dissercat.com/content/otsenka-vliyaniya-geomaterialov-na-napryazhenno-deformirovannoe-sostoyanie-zheleznodorozhnogo>
3. Изыскания и проектирование железных дорог: Железные дороги в песчаных пустынях: Проектирование, сооружение земляного полотна и эксплуатация пути — М.: Транспорт, 1980. 221 https://elibrary.kstu.kz/fulltext/skan/kantor_i_izyskaniya_i_proektirovanie_zheleznovykh_dorog.
4. Оценка долгосрочных эксплуатационных характеристик железнодорожного основания, армированного геосинтетическими материалами <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/12/9364>
5. Моделирование железнодорожной насыпи, стабилизированной геотекстилем, геопеной и заполнителями из отходов <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522009329>

ДОҢҒАЛАҚ ЖҰПТАРЫНЫҢ КОНСТРУКТИВТІ АҚАУЛАРЫН
ТАЛДАУ

Доңғалақ жұптары теміржол жылжымалы құрамының қауіпсіз қозғалысын қамтамасыз ететін ең жауапты тораптардың бірі болып табылады. Олардың техникалық жай-күйі қозғалыстың орнықтылығына, жолға түсетін динамикалық әсер деңгейіне, рельстердің тозуына, сондай-ақ арбаша мен серіппелі аспа элементтерінің сенімді жұмысына тікелей ықпал етеді. Пайдалану барысында доңғалақ жұбы кузов пен жүктің толық салмағын қабылдап, оны «доңғалақ–рельс» жанасу аймағы арқылы береді. Осы аймақта елеулі жанасу кернеулері, үйкеліс күштері, соққы және циклдік жүктемелер туындайды. Дәл осы факторлар конструктивті ақаулардың басым бөлігінің қалыптасуына негізгі себеп болып табылады.

Зерттеу аясында жүргізілген аналитикалық шолу доңғалақ жұптарында жиі кездесетін ақаулардың қатарында домалау бетінің біркелкі және біркелкі емес тозуы, сақиналы тозу, қырдың жоңылуы мен үшкірленуі, металл жиналуынның пайда болуы, сырғу ойығы, шұңқырлану, металдың үгітілуі, сондай-ақ құрсауда, дискіде және осьте шаршау жарықтарының пайда болуы бар екенін көрсетті. Әсіресе күрт тежеу кезінде доңғалақтардың сырғанауы нәтижесінде пайда болатын жергілікті ақаулар аса қауіпті болып саналады, себебі олар рельспен соққылы әрекеттесуді күшейтіп, вибрациялық жүктемелердің өсуіне алып келеді.



а)



ә)



б)

Сурет 1 – Доңғалақ жұптарының ақаулары: а) доңғалақ жұптарының жарықтары; ә) сырғу ойығы; б) үгітілу

Ақаулардың пайда болу себептерін талдау олардың тек табиғи тозумен ғана емес, бірқатар пайдалану факторларымен де байланысты екенін көрсетті. Оларға осьтік жүктеменің жоғары болуы, тежеу режимдерінің бұзылуы, рельс жолының техникалық жай-күйінің төмендеуі, рельстердегі ақаулар, доңғалақ профилі геометриясының өзгеруі және термиялық өңдеуден кейін металл құрылымының біртектісіздігі жатады.

Сонымен қатар доңғалақ пен рельс жанасу аймағында пайда болатын жоғары кернеулер металл бетінде жергілікті шаршау ошақтарының қалыптасуына ықпал етеді.

Ауыр пайдалану жағдайларында тозу мен шаршау зақымдануларының жиналу қарқыны айтарлықтай артады. Соның нәтижесінде домалау бетінің тозуы, қырдың жұқаруы, ползундардың пайда болуы және металдың үгітілуі сияқты ақаулар кейде белгіленген жөндеуаралық интервалға жетпей-ақ қалыптасуы мүмкін. Бұл техникалық жай-күйді нақты диагностикалық белгілер бойынша үздіксіз бақылаудың маңыздылығын көрсетеді. Мұндай мониторинг ақауларды ерте анықтауға, жөндеу шығындарын азайтуға және қозғалыс қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеуде конструктивті ақаулардың диагностикалық белгілеріне ерекше назар аударылған. «Доңғалақ–рельс» жүйесінің өзара әрекеттесуін теориялық талдау әрбір ақау түрінің белгілі бір динамикалық параметрлердің өзгеруімен қатар жүретінін көрсетті. Атап айтқанда, соққы импульстарының артуы, виброүдеулер амплитудасының өсуі, тербелістердің жиіліктік спектрінің өзгеруі, жанасу кернеулерінің жергілікті қайта бөлінуі және домалау беті профилінің ауытқуы байқалады. Бұл белгілер қозғалыс процесінде ақауларды автоматтандырылған түрде анықтаудың негізгі ақпараттық базасы болып табылады.

Жұмыстың маңызды нәтижелерінің бірі – доңғалақ жұптарын бақылаудың қолданыстағы әдістерін жан-жақты талдау. Қолданыста визуалды бақылау, шаблондық өлшеу, ультрадыбыстық, магнитті-ұнтақты, акустикалық диагностикалау тәсілдері таралған. Дәстүрлі техникалық байқау әдістері жоспарлы қызмет көрсету кезінде тиімді болғанымен, олардың жеделдігі шектеулі және адам факторына тәуелділігі жоғары. Ал автоматтандырылған мониторинг жүйелері нақты уақыт режимінде үздіксіз бақылау жүргізуге, ақауларды ерте кезеңде жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді.



а)



ә)



б)

Сурет 2 – а) Т447.05 үлгісіндегі вагондық абсолюттік шаблон;
ә) әмбебап шаблон; б) Т447.07 үлгісіндегі тұтас илектелген
доңғалақтардың қалыңдығын өлшеуіш

Жүргізілген зерттеу негізінде доңғалақ жұптарының техникалық жай-күйін бақылауға арналған мониторинг жүйесінің тұжырымдамасы ұсынылды. Ол бастапқы диагностикалық сигналдарды жинау блогынан, алдын ала сүзгілеу және өңдеу модулінен, ақау түрін тану алгоритмінен, сондай-ақ одан әрі пайдалануға рұқсат беру туралы шешім қабылдау жүйесінен тұрады. Әзірленген алгоритм диагностикалық белгілер жиынтығы бойынша ақауларды қауіптілік деңгейіне қарай жіктеуге, олардың әрі қарай даму үрдісін болжауға және техникалық қызмет көрсету бойынша нақты ұсыныстар беруге мүмкіндік береді: пайдалануды жалғастыру, домалау бетін жону, қайта профильдеу немесе доңғалақ жұбын жедел ауыстыру.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы доңғалақ жұптарының конструктивті ақауларын талдауға кешенді тәсіл ұсынуында болып табылады. Мұнда аналитикалық шолу нәтижелері, диагностикалық белгілер және мониторинг алгоритмдері техникалық жай-күйді бағалаудың бірыңғай интеллектуалды жүйесіне біріктірілген. Дәстүрлі жөндеуаралық мерзімдерге негізделген тәсілдерден айырмашылығы, ұсынылған шешім нақты пайдалану әсерлерін және зақымданулардың нақты жиналу деңгейін ескереді.

Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы әзірленген жүйені вагон деполарында, локомотивтік сервистік орталықтарда және жылжымалы құрамды автоматтандырылған бақылау пункттерінде, жол аралықтарында қолдану мүмкіндігімен сипатталады. Мониторинг жүйесін енгізу жоспардан тыс ақаулар санын қысқартуға, апаттық жөндеу көлемін азайтуға, доңғалақ жұптарының қызмет ету ресурсын арттыруға және рельс жолының тозу қарқындылығын төмендетуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар диагностикалық ақпаратты өңдеудің автоматтандырылған алгоритмдерін қолдану техникалық жай-күйді бағалау дәлдігін арттырып, субъективті адам факторының әсерін азайтады.

Осылайша, жүргізілген зерттеу доңғалақ жұптарының конструктивті ақауларын талдау теміржол көлігін техникалық қызмет көрсету процестерін цифрландырудың негізгі элементтерінің бірі екенін дәлелдейді. Үздіксіз мониторинг пен диагностикалық деректерді интеллектуалды талдауға көшу қозғалыс қауіпсіздігін арттыруға, пайдалану шығындарын азайтуға және жылжымалы құрамға болжамды қызмет көрсету жүйесінің негізін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Панченко О.О., Тень Е.Е. Экспресс-диагностика дефектов колесных пар электроподвижного состава в движении // *Наука и прогресс транспорта*. – 2008. – № 25. – С. 50–52. DOI: 10.15802/stp2008/14349. <https://stp.ust.edu.ua/article/view/14349>
2. Буряк С.Ю. Диагностирование состояния поверхности катания колеса подвижного состава железных дорог // *Наука и прогресс транспорта*. – 2013. – Вып. 1. – С. 22–29. <https://stp.ust.edu.ua>
3. Солин Д.Н., Шамрай А.А., Даниленко Д.В. Определение дефектов на поверхности катания колес грузового вагона посредством устройства мониторинга, установленного на буксе // *Бюллетень результатов научных исследований*. – 2025. – № 1. – С. 45–61. DOI: 10.20295/2223-9987-2025-1-45-61. <https://atjournal.ru/ru/nauka/article/96572/view>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗНОСА РОЛИКООПОР ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЫЛИ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

По результатам ежесменного наблюдения в условиях дробильно-сортировочного комплекса горно-обогатительного комбината АО «БАСТ» за годовой период определены средние значения накопления пыли и износа роликов, которые отражены в таблице 1.

Таблица 1. Усредненные значения накопления пыли и износа роликов каждые четыре суток

№ замера	Накопление пыли, мм	Износ обечайки роликоопор, мм	Наработка роликоопор, час
1	25	0,2	11
2	45	0,4	22
3	60	0,7	33
4	70	0,8	44
5	90	1,2	55
6	100	1,7	66
7	120	2,6	77
8	153	3,6	88

Уборка пыли проводилась через каждые четыре суток, поэтому количество замеров по накоплению пыли и износа обечайки роликоопор принято равным восьми.

Зависимость износа рабочей поверхности роликоопор от воздействия пыли определяется по формуле [1,2]:

$$y = a * e^{bx} \quad (1)$$

В результате расчетов получена эмпирическая зависимость накопления технологической пыли от времени:

$$n_{\pi} = 25,75 * e^{0,02096t}, \text{ мм} \quad (2)$$

где: n_{π} - толщина слоя накопленной технологической пыли, мм; t - время наблюдения, час.

Графическое изображение результатов наблюдений и график эмпирической зависимости представлены на Рисунке 1.

Полученная эмпирическая зависимость износа рабочей поверхности роликоопор от времени имеет вид:

$$Z_t = 0,075 * e^{0,035t}, \text{ мм} \quad (3)$$

где: Z_t - износа рабочей поверхности роликоопор; t – время наблюдения, час.

Графическое изображение результатов наблюдений и график эмпирической зависимости представлены на рисунке 2:

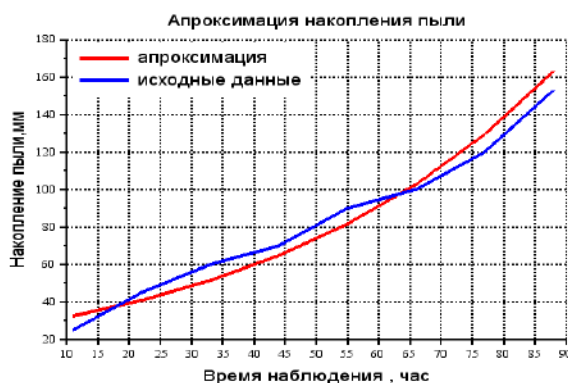


Рисунок 1. График эмпирической зависимости накопления пыли от времени

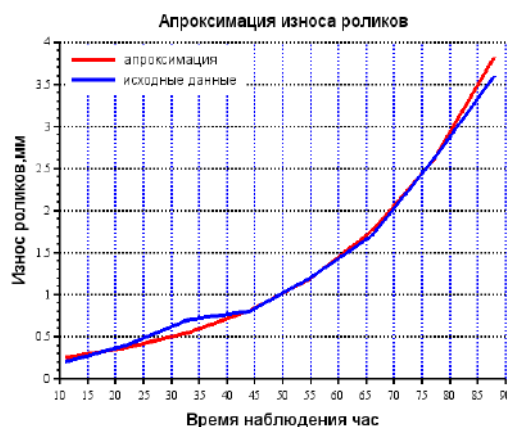


Рисунок 2. График эмпирической зависимости износа рабочей поверхности роликоопор от времени

Эмпирическая зависимость износа рабочей поверхности роликоопор от интенсивности накопления технологической пыли представлена следующей формулой:

$$Z_n = 0,1334 * e^{0,0246n_p} \quad (4)$$

где: Z_n –износ рабочей поверхности роликоопор, мм; n_p - толщина слоя накопленной технологической пыли, мм.

Графическое изображение результатов наблюдений и график эмпирической зависимости представлены на рисунке 3:

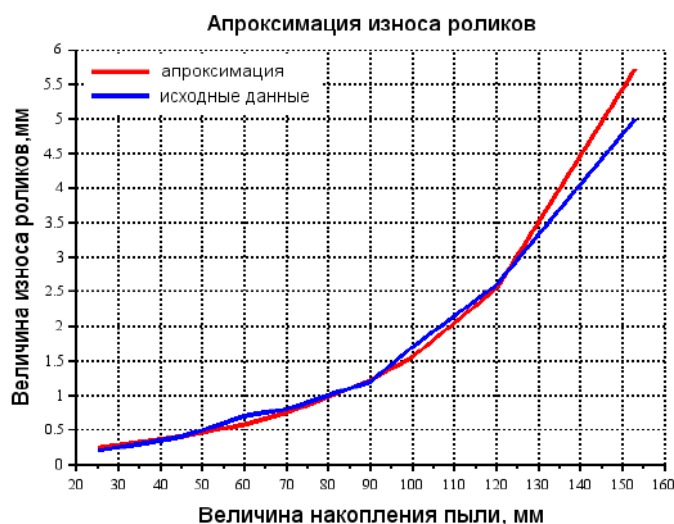


Рисунок 3. График эмпирической зависимости износа рабочей поверхности роlikоопор от интенсивности накопления технологической пыли

Проведенный анализ эмпирических зависимостей износа обечайки роlikоопор от воздействия пыли показал, что для достижения стабильной работы циклично-поточного транспорта в тяжелых условиях необходимы средства защиты наиболее уязвимых узлов и деталей конвейера от воздействия абразивной и агрессивной среды. Одним из методов защиты конвейерного оборудования в целом является удаление агрессивной среды с дальнейшим использованием минеральной пыли в качестве обогащенного концентрата полиметаллов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины, Учебное пособие для машиностроительных вузов, - 3-е издание перераб. М., Машиностроение 1983- 487 с.
2. Scilab Решение инженерных и математических задач Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко Москва ALT Linux; БИНОМ. Лаборатория знаний 2008.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕЖРЕМОНТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ АГРЕГАТОВ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Эксплуатация карьерной техники (экскаваторов, автосамосвалов, буровых установок) осуществляется в условиях повышенных динамических и абразивных нагрузок, что приводит к ускоренному износу агрегатов и увеличению вероятности отказов. В этих условиях особое значение приобретает задача определения оптимальных межремонтных интервалов, обеспечивающих минимизацию суммарных затрат при сохранении требуемого уровня надежности оборудования.

Традиционные подходы к планированию технического обслуживания основаны на регламентированных интервалах или наработке в моточасах, однако такие методы не учитывают фактическое состояние агрегатов и условия эксплуатации. Это приводит либо к преждевременному выполнению ремонтных работ, сопровождающемуся перерасходом ресурсов, либо к росту аварийных отказов и незапланированных простоев.

Современный подход к оптимизации межремонтных интервалов основан на использовании вероятностно-статистических моделей надежности. Одной из наиболее распространенных является модель, основанная на распределении Вейбулла, позволяющая описывать изменение интенсивности отказов во времени и учитывать стадию износа агрегата. Применение данной модели дает возможность определить вероятность безотказной работы и спрогнозировать момент, при котором риск отказа становится экономически значимым.

В рамках экономико-математического подхода оптимальный межремонтный интервал определяется из условия минимума удельных затрат на эксплуатацию оборудования. При этом учитываются затраты на профилактическое обслуживание, стоимость устранения отказов, а также потери, связанные с простоем техники. В условиях горнодобывающего предприятия простой оборудования приводит к снижению объемов добычи, что существенно увеличивает экономический эффект от оптимизации технического обслуживания.

Процесс оптимизации межремонтных интервалов можно представить в виде последовательности этапов: сбор и анализ эксплуатационных данных, определение параметров надежности агрегатов, построение модели отказов, расчет функции затрат и выбор оптимального интервала обслуживания.

Практическая реализация данного подхода требует использования фактических данных эксплуатации, включая наработку оборудования,

частоту и длительность отказов, затраты на ремонт и техническое обслуживание. Анализ этих данных позволяет перейти от регламентной системы обслуживания к адаптивной, учитывающей текущее состояние техники. Сравнение различных подходов к планированию технического обслуживания представлено в таблице 1

Таблица 1 - Сравнительная характеристика подходов к планированию технического обслуживания карьерной техники

Подход	Характеристика	Недостатки	Преимущества
Регламентный	Фиксированные интервалы ТО	Не учитывает условия эксплуатации	Простота внедрения
По наработке	Учет моточасов	Не учитывает режимы нагрузки	Частичная адаптивность
По состоянию (CBM)	Диагностика и мониторинг	Требует оборудования	Высокая точность
Надежностный (RCM)	Учет надежности и экономики	Сложность расчетов	Максимальная эффективность

В условиях предприятий Казахстана, таких как крупные медные и угольные разрезы, внедрение методов оптимизации межремонтных интервалов позволяет повысить коэффициент технической готовности оборудования, снизить аварийные простои и уменьшить эксплуатационные затраты. Особенно значительный эффект достигается при применении комплексного подхода, сочетающего методы надежности, экономического анализа и цифровых технологий мониторинга состояния техники.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нурпеисов Е.К., Сагинов А.С. Повышение эффективности эксплуатации горнотранспортного оборудования на карьерах Казахстана // Горный журнал Казахстана. – 2019.
2. Абдрахманов К.А., Тлеубергенов Н.Б.
3. Надежность и техническое обслуживание карьерной техники. – Караганда: КарГТУ, 2018.
- Кенжебаев Б.Т., Сарсенбаев Д.К. Анализ отказов и оптимизация технического обслуживания горного оборудования // Вестник КазНУ им. К.И. Сатпаева. – 2021.
4. Жусупов М.А. Методы повышения надежности горных машин и оборудования. – Алматы, 2017.
5. Бекенов А.К., Омаров Е.С. Оптимизация затрат на ремонт и техническое обслуживание карьерной техники // Труды Международной научно-технической конференции. – Павлодар, 2022.

ӘӨЖ 625.74(574)=512.122

Жумабеков А.Т. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

Сахапов Р.Л. (Қазан, Қазан (Еділ) федералды университеті)

Синельников К.А. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)

ЖОЛ ЖҰМЫСТАРЫ КЕЗІНДЕ ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ҮЗДІКСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН МОБИЛЬДІ ЖОЛ ӨТПЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ НЕГІЗДЕМЕСІ

Жолда жол және коммуналдық жұмыстарды жүргізу көше-жол желісінің өткізу қабілетінің уақытша төмендетеді. Қозғалыс қарқындылығының өсуі және қала құрылысының тығыздығының жоғарылауы жағдайында, тіпті жолдың ішінара жабылуы кептелістердің пайда болуына, көлік ағындарының жылдамдығының төмендеуіне және апаттың өсуіне әкеледі. Бұл мәселе жүйелі сипатқа ие болады және жөндеу іс-шараларын орындау кезеңінде көлік қозғалысының үздіксіздігін қамтамасыз етуге қабілетті инженерлік шешімдерді енгізуді талап етеді.

Жұмыстың мақсаты жол жұмыстары кезінде қозғалысты қамтамасыз етудің қолданыстағы әдістерін талдау және көлік желісінің өткізу қабілетін сақтауға бағытталған келешектегі инженерлік шешім ретінде мобильді жол өтпелерін қолданудың орындылығын негіздеу болып табылады.

Жөндеу аймағында қозғалысты ұйымдастырудың негізгі тәсілдері – жолақтарды кері ұйымдастыру, уақытша айналма маршруттар және зияткерлік көлік жүйелерін қолдану.

Жолақтарды кері ұйымдастыру қозғалыс бағытын көлік ағынының қарқындылығына қарай өзгертуге негізделеді. Бұл ең тығыз бағыттағы өткізу қабілетін уақытша арттыруға мүмкіндік береді, бірақ тек ағындар тең емес болған жағдайда тиімді және тұрақты бақылауды қажет етеді.

Уақытша айналма жолдар көлікті басқа бағыттарға бұрып немесе уақытша жол салу арқылы жұмыс аймағын негізгі қозғалыстан бөледі. Бұл қауіпсіздікті арттырады, алайда қала жағдайында орын тапшылығы, маршруттың ұзаруы және қосымша шығындар туындайды.

Зияткерлік көлік жүйелері жол жағдайын бақылап, бағдарламаларды реттейді және жүргізушілерді хабардар етеді. Олар қозғалысты тиімді басқаруға көмектескенімен, жолдың нақты өткізу қабілетін арттырмайды, тек жөндеу жұмыстарының әсерін азайтады. Осылайша, аталған әдістер негізінен бейімделу сипатында болып, қозғалысты толық үздіксіз сақтауға емес, көлік ағындарын уақытша қайта бөлуге бағытталған.

Қарастырылған қозғалысты уақытша ұйымдастыру әдістерін көрнекі салыстыру үшін олардың негізгі пайдалану және функционалдық шарттары бойынша салыстырмалы бағалау ұсынылған. (1 кесте).

Кесте 1 - Жол жұмыстары кезінде қозғалысты қамтамасыз ету әдістерінің салыстырмалы тиімділігі

Бағалау шарттары	Кері қозғалыс	Уақытша айналма жолдар	Зияткерлік көлік жүйелері	Мобильді жол өткелдері
Өткізу қабілетін сақтау	Ішінара	Жоқ (қайта бөлу)	Ішінара	Толық
Жұмыс аймағы арқылы қозғалыстың үздіксіздігі	Жоқ	Жоқ	Жоқ	Иә
Тығыз қалалық құрылыста қолдану мүмкіндігі	Шектеулі	Төмен	Орташа	Жоғары
Жөндеу мерзімдерін қысқарту	Жоқ	Жоқ	Жоқ	Иә
Күрделі шығындар	Төмен	Орташа	Орташа / жоғары	Төмен
Әлеуметтік-экономикалық әсер	Шектеулі	Шектеулі	Орташа	Жоғары
Экологиялық әсер	Орташа	Теріс (маршрутты ұзарту)	Орташа	Оң

Ұсынылған деректер дәстүрлі әдістердің негізінен көлік ағындарын қайта бөлуге бағытталғанын және қозғалыстың үздіксіздігін қамтамасыз етпейтінін растайды, бұл жаңа инженерлік шешімдерді іздеуді қажет етеді.

Қарастырылып отырған мәселенің практикалық маңыздылығы қалалық магистральдарда инженерлік және коммуналдық жұмыстарды орындау кезінде туындайтын жағдайлармен расталады. Көше-жол желісі аймағында жөндеу іс-шараларын жүргізу көбінесе жолдың уақытша жабылуымен және көлік ағындарының өткізу қабілетінің айтарлықтай төмендеуімен қатар жүреді.

Мұндай жағдайлар тығыз қалалық құрылыс жағдайында және қосалқы көлік инфрақұрылымының болмауы жағдайында қозғалысты уақытша ұйымдастырудың дәстүрлі сызбаларының шектеулілігін көрсетеді. Жер асты коммуникацияларын ауыстырумен және жол төсемінің конструкциясына араласумен байланысты жұмыстарды орындау кезінде қолданыстағы жүріс бөлігі бойынша қозғалысты сақтау көбінесе мүмкін емес болып табылады, бұл көлік қатынасының үздіксіздігін қамтамасыз ететін балама инженерлік шешімдерді қолдануды талап етеді.

Жол жұмыстары кезінде қозғалыс үздіксіздігін қамтамасыз етудің ең келешек бағыттарының бірі мобильді жол өтпелерін - жөндеу аймағынан жоғары көлік қозғалысын ұйымдастыруға мүмкіндік беретін уақытша көпір конструкцияларын қолдану болып табылады.

Құрылымдық жағынан мобильді жол өтпесі - бұл әзірленіп жатқан аймағының шекарасынан тыс орналасқан уақытша тіректерге орнатылатын аралық құрылым. Көлік ағыны құрылымның жоғарғы деңгейінде қозғала-

ды, ал оның астында құрылыс және коммуналдық жұмыстар жүргізіледі. Бұл сызба жұмыс аймағын көлік ағынынан толығымен оқшаулауға және көлік бағытының функционалдығын сақтауға мүмкіндік береді.

Дәстүрлі әдістерден айырмашылығы, мобильді жол өтпесі ағындарды қайта бөлмейді, бірақ олардың мәселелі аймақ арқылы үздіксіз өтуін қамтамасыз етеді.

Мобильді жол өтпелерін қолданудың пайдалану әсері, ең алдымен, қозғалыс жолақтарының қажетті санын ұстап тұру және жұмыс аймағында "тар орындардың" пайда болуына жол бермеу арқылы көше-жол желісінің өткізу қабілетін сақтауда көрінеді. Бұл көлік құралдарының орташа кідірісін азайтуға, кептелістердің ұзақтығын азайтуға және жылдамдық тәртібін тұрақтандыруға ықпал етеді.

Құрылымды дайындауға және орнатуға арналған бастапқы күрделі шығындардың жоғарылауына қарамастан, жиынтық әлеуметтік-экономикалық нәтиже көлік жүйесінің жанама шығындарын азайту арқылы осы инвестициялардың орнын толтыра алады. Пайдалану артықшылығы - мобильді жол өтпелерін қолданудың икемділігі және қайта пайдалану мүмкіндігі, құрылымның модульділігі оларды жол желісінің әртүрлі аймағында бірнеше рет пайдалануды қамтамасыз етеді.

Мобильді жол өтпелері қарқынды көлік қозғалысы кезінде қауіпсіз әрі сенімді жұмыс істеуі үшін арнайы инженерлік талаптарға сай жобалануы керек. Олар динамикалық жүктемелерге төтеп беруі, тұрақты және берік болуы, металл шығынын азайтуы, монтаждау мен бөлшектеу уақыты қысқа болуы және пайдалану қауіпсіздігі сақталуы қажет. Бұл талаптарды орындау олардың тиімділігін арттырып, қаланың әртүрлі көлік жағдайларына бейімделуіне мүмкіндік береді.

Сонымен, жол жұмыстары кезінде қозғалысты уақытша ұйымдастырудың қазіргі әдістері көлік желісінің өткізу қабілетін толық сақтай алмайтынын және көбіне тек жағдайға бейімделу сипатында екенін көрсетті. Қала тығыз әрі көлік көп болған сайын дәстүрлі қозғалысты қайта бөлу тәсілдері тиімділігін жоғалтады.

Мобильді жол өтпелері қозғалысты тоқтатпай ұйымдастыруға, қауіпсіздікті арттыруға және жөндеу мерзімін қысқартуға мүмкіндік береді. Сондықтан оларды уақытша көлік инфрақұрылымының болашағы бар элементі ретінде қарастыру қажет.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДИЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

Kadyrov, A. S., Ganyukov, A. A., Amanbayev, S. Sh., & Bogdanova, A. A. (2023). Development of mobile communal overpasses applied during repairing of urban communal networks. *Material and Mechanical Engineering Technology*, 2023(3), 11–14.

2. Балабекова К.Г. Обоснование необходимости применения мобильных путепроводов // *Современные исследования основных направлений гуманитарных и естественных наук / КазКИ*. – Казань, 2017. – С. 43-44. 4.

3 Kadyrov A.S., Ganyukov A.A., Amanbayev S.Sh., Bogdanova A.A. Development of Mobile Communal Overpasses Applied During Repairing of Urban Communal Networks // *Material and Mechanical Engineering Technology*, No. 3, 2023. – P.11-14.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПОДСИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Для повышения эффективности производственной деятельности традиционно применяются различные технологии менеджмента: бережливое производство, «шесть сигм», Kaizen-технологии и др. Эти подходы применимы и к транспортным системам. В предыдущем разделе для этой цели был предложен процессный подход к организации транспортного производства [1]. Дальнейшее развитие этой идеи связано с внедрением прогрессивных технологий технического обслуживания объектов транспортной инфраструктуры по прогнозируемому состоянию, основанных на цифровых подсистемах мониторинга и диагностики.

В транспортной отрасли применяются три основных вида технического обслуживания [2].

Плановое обслуживание. В настоящее время на транспорте преобладает планово-предупредительная система обслуживания. Моменты осмотров определяются заранее установленными интервалами, экспериментально подтверждёнными по показателям безопасности [3]. Недостаток данной технологии заключается в отсутствии учета фактического состояния оборудования, что приводит либо к избыточным затратам, либо к несвоевременному выявлению дефектов.

Обслуживание по состоянию. Для каждого объекта формируется признаковое пространство состояний, в котором он относится к одному из классов: «Р» – нормальное состояние; «ТО» – требуется обслуживание; «В» – требуется вывод из эксплуатации [4].

Объект характеризуется вектором состояния:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2.1)$$

где x_i – параметры отражающие свойства объекта.

Для унификации анализа параметры масштабируются:

$$x_i^* = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (2.2)$$

$$x_i^* = \frac{\max(x_i) - x_i}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (2.3)$$

После преобразования все признаки принимают значения в диапазоне [0;1].

Классификация состояния осуществляется методами распознавания образов по эталонам и разделяющим границам. Наиболее прогрессивной является технология обслуживания по прогнозируемому состоянию. Моделирование изменения состояния объекта выполняется по временным рядам признаков. К стационарным объектам относятся стрелочные переводы, компрессорные станции, устройства СЦБ и энергоснабжения. Каждый параметр x_i делится на три зоны: рабочая ($1-\alpha$), зона обслуживания ($\alpha-\beta$), аварийная ($\beta-0$). Значения α и β определяются эксплуатационным опытом.

По результатам наблюдений формируется временной ряд x_{it} и строится автокорреляционная модель:

$$x_{it} = \sum_{k=1}^n a_k x_{i(t-k)} \quad (2.4)$$

где коэффициенты a_k отражают инерционность состояния.

Алгоритм прогнозирования представлен на рис.1.

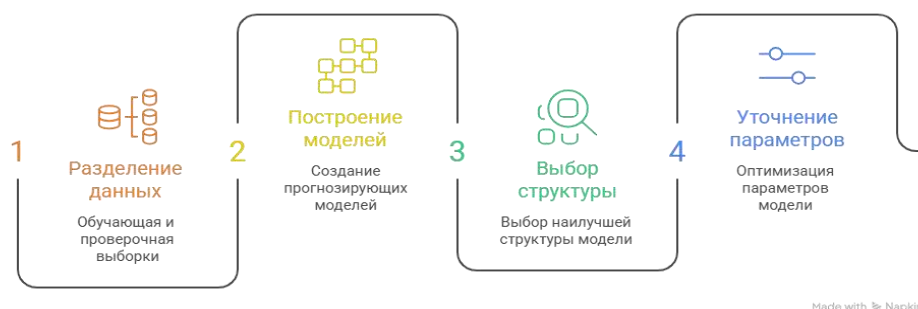


Рисунок 1. Алгоритм прогнозирования

Переход к прогнозируемому обслуживанию формирует новые процессы такие как мониторинг инфраструктуры, диагностика оборудования, прогнозирование отказов. Эти процессы требуют координации с перевозочным процессом на основе процессного подхода. Интеграция подсистем мониторинга с перевозочным процессом позволяет предотвращать аварийные ситуации, снижать влияние человеческого фактора, оптимально использовать ресурс оборудования, уменьшать затраты на ремонт, а также сокращать задержки поездов.

Новая модель управления учитывает не только текущее состояние транспортной системы, но и её прогнозируемую динамику, что обеспечивает повышение безопасности движения и эффективности перевозочного процесса. Внедрение цифровых подсистем мониторинга и диагностики формирует предиктивную модель управления транспортным комплексом. Эффективность перевозочного процесса обеспечивается предупреждением отказов, а не реагированием на них. Таким образом, технологии обслуживания по прогнозируемому состоянию являются ключевым инструментом обеспечения безопасности и эффективности взаимодействия железнодорожных транспортных систем.

Сущность выполненного исследования заключается в переходе от традиционного подхода к управлению перевозочным процессом, основанного на планово-предупредительных и разрозненных технологических решениях, к интегрированной цифровой модели, объединяющей процессы перевозки, мониторинга, диагностики и контроля параметров грузов в единый управляемый контур.

В отличие от существующих подходов предложена концепция «умной железнодорожной станции», функционирующей на основе цифровых технологий мониторинга и интеллектуального анализа данных.

Ключевым элементом данной концепции является внедрение автоматизированных весоизмерительных комплексов (весомеров), интегрированных в систему управления станцией, позволяющих в реальном времени:

- осуществлять контроль массы вагонов при их прибытии и отправлении;
- выявлять расхождения между фактическими параметрами груза и данными перевозочных документов (накладных);
- фиксировать случаи перегруза, недогруза и искажения информации о грузе;
- формировать цифровые сигналы о нарушениях для оперативного принятия управленческих решений.

Таким образом, контроль массы грузов становится не только элементом коммерческого учета, но и важнейшей составляющей обеспечения безопасности движения поездов, поскольку перегруз вагонов напрямую влияет на динамику движения, износ инфраструктуры и риск возникновения аварийных ситуаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Власов, А. С. Проблемы и практика реализации процессного подхода в управлении персоналом ОАО «Российские железные дороги» / А. С. Власов, Н. А. Латышева // Экономика, управление, финансы: материалы VIII Международной научной конференции. – Краснодар: Новация, 2018. – С. 130–133.
2. Ibragimova G., Kayumov S., Abduvaitova M. Analysis of the transport sector and ensuring transport safety in the context of globalization //Engineer. – 2025. – Т. 3. – №. 2. – С. 5-8.
3. Ibragimova G. et al. Improving technology for determining the time spent on cleaning Gondola wagons //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2026. – Т. 3374. – №. 1. – С. 060013.
4. Елисеев, С. Ю. Процессный подход как основа повышения эффективности системы обслуживания грузовладельцев на железнодорожном транспорте / С. Ю. Елисеев, Е. С. Кулиева // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 2. – С. 57–62.

АНАЛИЗ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ОСАДКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Введение

Строительство и эксплуатация автомобильных дорог сопровождаются необходимостью обеспечения устойчивости земляного полотна в различных инженерно-геологических условиях. Одним из ключевых факторов, определяющих надежность дорожных конструкций, является процесс осадки основания, обусловленный перераспределением напряжений и фильтрационными явлениями в грунтовой среде. Продолжительное протекание консолидационных процессов приводит к неравномерным деформациям, снижению эксплуатационных характеристик дорожной одежды и увеличению затрат на содержание автомобильных дорог. В связи с этим актуальной является задача анализа методов ускорения процесса осадки и определения направлений повышения их эффективности.

Анализ существующих методов ускорения процесса осадки

В современной практике дорожного строительства применяются различные методы ускорения процесса осадки грунтов основания, которые можно классифицировать на статические, динамические, конструктивные и химические. К статическим методам относится временная пригрузка, обеспечивающая увеличение напряжений в грунте и ускорение фильтрации поровой воды. Несмотря на технологическую простоту, данный метод характеризуется значительной продолжительностью и ограниченной эффективностью при необходимости сокращения сроков строительства.

Конструктивные методы включают вертикальное дренирование, замену грунтов, устройство свайных оснований и применение армирующих элементов. Их использование позволяет повысить устойчивость основания и уменьшить величину осадки, однако сопровождается значительными затратами и усложнением технологического процесса. Динамические методы основаны на воздействии вибрационных и ударных нагрузок, способствующих перераспределению частиц грунта, снижению порового давления и интенсификации процессов уплотнения. Химические методы предусматривают применение вяжущих веществ для улучшения физико-механических свойств грунтов, однако их использование ограничено экономическими и экологическими факторами [1].

Проведенный анализ показывает, что существующие методы не всегда обеспечивают требуемую скорость и равномерность осадки,

особенно в условиях ограниченных сроков строительства, что определяет необходимость их дальнейшего совершенствования.

Теоретические основы процесса консолидации

Процесс осадки грунтов основания связан с явлением консолидации, представляющим собой уменьшение объема грунта вследствие удаления поровой воды под действием внешней нагрузки. В рамках классической теории консолидации грунт рассматривается как двухфазная система, в которой нагрузка распределяется между твердым скелетом и поровой жидкостью, а скорость деформаций определяется интенсивностью фильтрационных процессов.

В то же время реальные грунты обладают сложной структурой, и их поведение при нагружении определяется совокупностью механических, гидродинамических и структурно-физических факторов. Существенное влияние оказывают микроструктура грунта, характер взаимодействия частиц, наличие связанной воды и изменение фильтрационных характеристик во времени. Кроме того, важную роль играют реологические свойства грунтов, определяющие их деформационное поведение при длительном нагружении. Таким образом, процесс осадки следует рассматривать как сложное многофакторное явление, требующее комплексного подхода к его изучению.

Проблемы и ограничения существующих методов

Одной из основных проблем является недостаточная эффективность традиционных методов ускорения процесса осадки в условиях необходимости сокращения сроков строительства. Ограниченная проницаемость грунтов замедляет отвод поровой воды, что приводит к увеличению продолжительности консолидации. Кроме того, существующие методы, как правило, применяются раздельно, без учета их совместного влияния, что снижает общий эффект.

Существенным ограничением является также недостаточная изученность кинетики консолидационных процессов, то есть зависимости скорости осадки от параметров внешнего воздействия. Это затрудняет обоснование рациональных технологических решений и ограничивает возможности управления процессом осадки.

Цель и задачи исследования

Целью данного исследования является анализ методов ускорения процесса осадки земляного полотна автомобильных дорог и определение направлений повышения их эффективности.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: систематизация существующих методов ускорения осадки, исследование факторов, влияющих на процессы консолидации, анализ ограничений применяемых технологий, а также формирование направлений разработки более эффективных методов на основе комплексного подхода.

Направления развития методов ускорения процесса осадки

В рамках исследования рассматривается возможность формирования комплексного подхода к ускорению процесса осадки грунтов основания, основанного на сочетании различных видов воздействия. Одним из перспективных направлений является применение динамических методов, в частности вибрационного воздействия, способствующего разрушению структурных связей и ускорению перераспределения частиц грунта, что приводит к увеличению проницаемости и интенсификации фильтрационных процессов. Важным направлением является управление фильтрационными характеристиками грунта, поскольку движение воды осуществляется преимущественно по наиболее проницаемым зонам. Формирование эффективных путей фильтрации позволяет ускорить консолидацию и повысить равномерность осадки. Кроме того, учет структурно-физических и физико-химических процессов, протекающих в грунтовой среде, позволяет более полно описать поведение грунтов при нагружении и повысить эффективность разрабатываемых методов [2].

Таким образом, перспективным направлением является разработка комплексных методов, предусматривающих одновременное воздействие на механические, гидродинамические и структурные характеристики грунтов.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что существующие методы ускорения процесса осадки земляного полотна автомобильных дорог имеют ряд ограничений и не всегда обеспечивают требуемую эффективность. В связи с этим актуальной является задача разработки новых подходов, основанных на комплексном учете факторов, определяющих процессы консолидации. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методов управления кинетикой осадки, что позволит сократить сроки строительства и повысить надежность дорожных конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Безволев С.Г. Комплексная методика определения параметров консолидации грунтов // Инженерная геология, 2018.
2. Терцаги К. Теория механики грунтов. — М.: Стройиздат, 1961.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОВЕРКИ ДАТЧИКОВ УРОВНЯ
ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В современных условиях эксплуатации карьерной и горнодобывающей техники достоверность работы датчиков уровня топлива является критически важным фактором, влияющим на эффективность и безопасность эксплуатации оборудования. Особое распространение получили датчики с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), точность которых зависит от множества эксплуатационных факторов, включая уровень топлива, вибрации, температурные воздействия и пространственное положение.

Существующая практика диагностики ограничена возможностью проверки датчиков только после их установки на машину, что приводит к увеличению затрат и снижению эффективности ремонтных работ. В связи с этим формируется концепция проверки датчиков уровня топлива, ориентированная на применение в условиях ремонтного производства.

Практическая реализация концепции предполагает создание специализированного лабораторного стенда, обеспечивающего воспроизведение основных эксплуатационных факторов работы датчика.

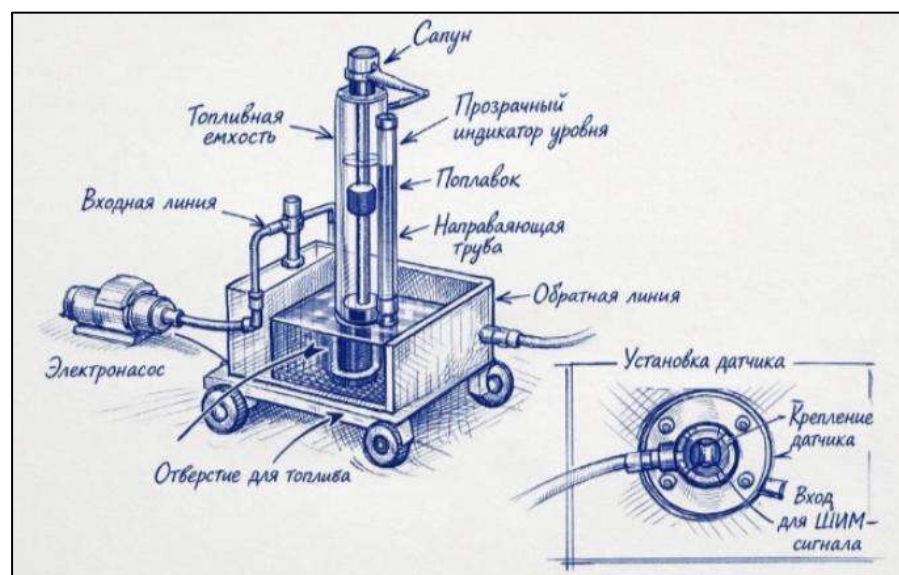


Рисунок 1 – Предполагаемая схема работы лабораторного стенда.

В рамках данного подхода диагностика будет осуществляться в несколько этапов:

1) На первом этапе производится установка датчика в направляющую систему стенда с имитацией топливной среды, обеспечивающей корректную работу поплавкового механизма. Далее осуществляется моделирование изменения уровня топлива путем контролируемого изменения уровня рабочей жидкости;

2) На втором этапе реализуется воздействие дополнительных факторов, приближенных к реальным условиям эксплуатации: изменение угла наклона датчика, введение вибрационных нагрузок и варьирование температурного режима. Это позволяет оценить устойчивость работы датчика в динамических условиях;

3) На третьем этапе выполняется регистрация выходного ШИМ-сигнала с использованием осциллографических средств и систем цифрового сбора данных. Анализируются ключевые параметры сигнала, включая частоту, скважность, амплитуду и их стабильность во времени;

4) На четвертом этапе осуществляется обработка полученных данных с использованием алгоритмов анализа сигналов. На основе сравнения с эталонными характеристиками формируется заключение о техническом состоянии датчика. При этом предусматривается классификация дефектов, включая нестабильность сигнала, нелинейность характеристики и чувствительность к внешним воздействиям.

Дополнительно концепция предусматривает накопление базы данных результатов испытаний, что позволяет формировать статистические зависимости, выявлять типовые неисправности и совершенствовать методы диагностики.

Применение данной концепции в ремонтном производстве позволит внедрить предварительную диагностику датчиков до их установки на технику, исключить необоснованную замену исправных изделий и повысить эффективность сервисного обслуживания. Кроме того, предложенный подход создает основу для дальнейшего развития цифровых диагностических систем и внедрения элементов интеллектуального анализа.

Таким образом, концепция проверки датчиков уровня топлива приобретает не только теоретическое, но и прикладное значение, обеспечивая переход от ограниченной постфактум диагностики к полноценному контролю технического состояния на этапе ремонта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы теории автоматического управления: Учебник для вузов / Под ред. В.А. Бесекерского.
2. Кузнецов Ю.И. Датчики в системах контроля и управления. – М.: Машиностроение, 2018.
3. Болтон У. Электронные системы и устройства. – М.: ДМК Пресс, 2019.
4. Horowitz P., Hill W. The Art of Electronics. – Cambridge University Press, 2015.
5. Smith J., Brown T. Modeling of fuel level sensors in automotive systems // Sensors. – 2021. – Vol. 21(5). – pp. 1452–1468.

**УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ-ЛАЗЕРЛІК ӘСЕР АРҚЫЛЫ ІЖҚ
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРЫН ӨНДЕУ: ҚАЗАҚСТАН ҚАЛАЛЫҚ
КӨЛІГІНІҢ УЫТТЫЛЫҒЫ МЕН КӨМІРТЕК ІЗІН АЗАЙТУ
ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Қазақстанның ірі қалаларындағы ауаның ластануының елеулі бөлігі көлік шығарындыларымен байланысты. Каталитикалық бейтараптандырғыштарды қолдану және отын сапасына қойылатын талаптардың күшеюіне қарамастан, қалалық көлік ағынында штаттық тазалау жүйелерінің тиімділігі төмендеген автокөліктердің үлесі сақталады. Сонымен қатар қалалық қозғалыстың өзіндік режимдері шығарындылардың уыттылығын күшейтеді: ұзақ бос жүріс, «старт-стоп» тәртібі, кептелісте қозғалу, жиі әрі күрт үдеу. Осы жағдайда қозғалтқышты елеулі қайта құрастырмай-ақ шығару жүйесіне ықшам әрі энергия үнемдейтін алдын ала тазалау модульдерін енгізуге сұраныс артып отыр.

Жұмыстың мақсаты бензинді қозғалтқыштың шығарындылары газдарының уыттылығын ультрадыбыс пен инфрақызыл лазерлік сәулеленудің біріктірілген әсері арқылы төмендету мүмкіндігін эксперименттік тұрғыда бағалау және бұл технологияның қалалық көлікті экологиялық жаңғыртудың инновациялық әдісі ретіндегі әлеуетін негіздеу болып табылады. Зерттеу нысаны іштен жану қозғалтқышының шығарындылары газдары. Зерттеу пәні шығару жүйесінде физикалық әсердің әртүрлі режимдері кезінде шығарындылардың негізгі компоненттері концентрацияларының және ілеспе параметрлердің өзгерістері.

Зерттеу барысында автокөлік дыбыс өшіргіші корпусында ультрадыбыстық сәулелендіргіш пен инфрақызыл лазерлерді біріктіретін түпнұсқа құрамдастырылған қондырғы әзірленіп, сынақтан өткізілді. Эксперимент төрт режимде жүргізілді: бақылау (әсерсіз), ультрадыбыстық әсер, лазерлік әсер және біріктірілген әсер. Қозғалтқыштың әртүрлі жұмыс режимдерінде, соның ішінде бос жүріс пен жоғарылатылған айналымдарда, жанбай қалған көмірсутектер СН (ppm), көміртек тотығы СО (%), көмірқышқыл газы СО₂ (%), оттегі О₂ (%) концентрациялары, сондай-ақ газ температурасы өлшенді. Әдістеме әр фактордың (ультрадыбыс пен лазердің) селективті ықпалын бағалауға және оларды біріктіргендегі интегралды әсерді анықтауға бағытталды.

Нәтижелер ультрадыбыс пен лазердің жеке қолданылғанда шығарындылар құрамының әртүрлі компоненттеріне әрқилы әсер ететінін, ал біріктірілген жағдайда әсердің кешенді болатынын растады. Жоғары

жүктеме режимінде (айналым жоғары болғанда) ультрадыбыстық әсер СО мөлшерін бақылаумен салыстырғанда шамамен 60%-ға дейін төмендететіні байқалды. Бұл тотығу процестерінің қарқындануы және алдын ала жану шарттарының жақсаруы туралы болжаммен үйлеседі. Лазерлік әсер өз кезегінде жоғары айналымдарда СН концентрациясын шамамен 35–40% деңгейінде төмендетуімен ерекшеленді. Ең маңызды қолданбалы нәтиже біріктірілген режимге тән: ультрадыбыс пен лазерді қатар қолдану зиянды заттар концентрациясын кешенді түрде азайтты, соның ішінде СН және СО көрсеткіштері бақылауға қатысты тиісінше шамамен 38% және 43% төмендеді. Бір мезгілде O_2 мен CO_2 үлестеріндегі өзгерістер жану өнімдерінің тотығу толықтығының артқанын, яғни алдын ала жанудың тиімді жүргенін және жану өнімдерінің жақсырақ түрленгенін көрсетеді.

Алынған нәтижелердің физикалық түсіндірмесі бірқатар әсерлер жиынтығына сүйенеді. Ультрадыбыс дисперсті ластағыштардың акустикалық агрегациясын, бөлшектердің іріленуін туындатуы мүмкін, сондай-ақ кавитациялық құбылыстар арқылы ортаның реакциялық қабілетін арттырып, СО және көмірсутек фракцияларына ықпал ететін тотығу процестерін жеделдетеді. Инфрақызыл лазерлік сәулелену ластаушы молекулалардың фотодиссоциациясын бастауға және түрлену тізбектерін белсендіруге қабілетті фактор ретінде қарастырылады, нәтижесінде олар уыттылығы төмен қосылыстарға айналуы ықтимал. Ультрадыбыс пен лазердің бірлескен әсері синергия үшін жағдай жасайды: бір қосалқы жүйе масстасымалдау тиімділігін және түрлену кинетикасын күшейтсе, екіншісі молекулалық байланыстарды қосымша энергетикалық активтендіріп, ағын ішінде реакцияларды ынталандырады.

Зерттеудің практикалық маңызы шығару жүйесіне кіріктірілетін ықшам алдын ала тазалау модулін жасау мүмкіндігімен айқындалады. Бұл, әсіресе, қалалық циклде пайдаланылатын көлік құралдары үшін маңызды, себебі жоғары трафик пен жиі бос жүріс жағдайында СО және жанбай қалған көмірсутектердің ауа ластануына қосатын үлесі артады. Қалалардағы көліктің көміртектік ізі тек CO_2 тікелей шығарындыларымен ғана емес, жанудың толықтығы мен жалпы энергия тиімділігімен де анықталатындықтан, көмірсутектердің алдын ала жану дәрежесін арттыру және уытты компоненттерді азайту қалалық көлікті экологияландырудың кешенді стратегиясының бір бөлігі ретінде қарастырылуы мүмкін. Ұсынылып отырған технологияны одан әрі жетілдіру үшін әсер параметрлерін оңтайландыру (ультрадыбыс жиілігі, лазер қуаты мен сәуле ұзындығы, сәулелендіргіштердің геометриясы және орналастырылуы), сондай-ақ әртүрлі қозғалтқыш түрлері мен отынға қатысты эксперименттік базаны кеңейту өзекті.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы автокөлік дыбыс өшіргіші трактіңде ультрадыбыстық-лазерлік ықпалды тікелей интеграциялау арқылы эксперименттік апробация жүргізілуімен және әр фактордың

шығарындылардың негізгі компоненттеріне селективті әсерін анықтап, бірлескен өңдеудегі интегралды нәтижені тіркеуімен сипатталады. Алынған деректер қалалық көліктің экологиялық тиімділігін арттыруға бағытталған кейінгі зерттеулерге негіз бола алады, сондай-ақ шығарындылар газдарын алдын ала тазалауға арналған инженерлік шешімдерді қалыптастыруда қолданылуы мүмкін.

Эксперимент ультрадыбыстық әсер мен инфрақызыл лазерлік сәулеленудің бензинді қозғалтқыш шығарындыларының уыттылығын төмендетуге қабілетті екенін көрсетті, әрі әр фактордың шығарындылар компоненттеріне ықпалының бағыттылығы әртүрлі екені байқалды. Ең перспективалысы біріктірілген режим болып табылады: ол СН және СО көрсеткіштерін кешенді түрде азайтып, шығару трактідегі тотығу процестерінің толықтығы артатынын меңзейді. Кейінгі зерттеулерді әсер режимдерін параметрлік оңтайландыруға, сондай-ақ қалалық пайдалану жағдайында шешімнің энергия тиімділігі мен ұзақмерзімді тұрақтылығын бағалауға бағыттау орынды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Sarsembekov, B.K.; Kadyrov, A.S.; Kunayev, V.A.; Issabayev, M.S.; Kukesheva, A.B. *Experimental Comparison of Methods for Cleaning Car Exhaust Gas by Exposure Using Ultrasound and Laser Radiation. Mater. Mech. Eng. Technol.* 2024, 3. https://doi.org/10.52209/2706-977X_2024_3_44. - ағылшын тіліндегі журнал
2. Kadyrov, A., Sarsembekov, B., Ganyukov, A., Zhunusbekova, Z., Alikarimov, K. *Experimental research of the coagulation process of exhaust gases under the influence of ultrasound. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina [online].* 2021, 23(4), p. B288-B298. ISSN 1335-4205, eISSN 2585-7878. Available from: <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.4.B288-B298>
3. Sarsembekov, B.; Issabayev, M.; Zharkenov, N.; Kaukarov, A.; Utebayev, I.; Murzagaliyev, A.; Zhamanbayev, B. *Ultrasonic–Laser Hybrid Treatment for Cleaning Gasoline Engine Exhaust: An Experimental Study. Vehicles* 2026, 8, 22. <https://doi.org/10.3390/vehicles8010022>
4. Adil Kadyrov, Bauyrzhan Sarsembekov, Alexandr Ganyukov, Shinpolat Suyunbaev, Kirill Sinelnikov *Ultrasonic unit for reducing the toxicity of diesel vehicle exhaust gases Communications - Scientific Letters of the University of Zilina [online],* 2022, 24(4), pp..B189-B198. ISSN 1335-4205. Available from: <https://doi.org/10.26552/com.C.2022.3.B189-B198>

ҚАРАҒАНДЫ-СҰРЫПТАУ СТАНЦИЯСЫНДА ВАГОНДАРДЫ ЖИНАҚТАУДА ТҰРУ УАҚЫТЫН АНЫҚТАУ

Қарағанды-Сұрыптау станциясы сыныптан тыс, сұрыптау станциясы болып табылады, Астана-Мойынты екіжолды бөлімшенің 705-714 км орналасқан. Станция да 9 парк орналасқан: «02» тақ поезддарды қабылдау паркі, «06» жұп қабылдап-жөнелту паркі, «04» жұп сұрыптау паркі, «01» тақ қабылдау-жөнелту паркі, «05» тақ қабылдау-жөнелту паркі, «03» тақ сұрыптау паркі, «07» озу паркі, «08» вагондарды тазалау паркі, «09» артуға вагондарды дайындау паркі.

Поездарды жинау және тарату жұмыстарын басқару жұп және тақ сұрыптау дөңестері бойынша кезекшіге жүктелген. Ол келесілерге жауапты:

- кезекшілік жоспары бойынша құрамаларды тарату және жинау;
- маневрлық локомотивтер арасындағы жұмысты тиімді бөлу;
- вагондар мен құрамалардың бос тұру уақытының нормативтерін сақтау;
- оталардың жоғары сапалы орындалуы;
- құрамалардың жинақталуы мен өңделуінің тиісті жоспарға және техникалық пайдалану ережелеріне сәйкес келуі;
- қозғалыс және еңбек қауіпсіздігінің сақталуы;
- сұрыптау дөңестерден вагондарды қауіпсіз түрде жіберу және оларды қауіпті жүктермен тиелген құрамдарға дұрыс қосу;
- атқарылған жұмыстарды есепке алу.

Вагондардың жинақталу уақыты келесі формула арқылы есептеледі:

$$t_{итеру} = \frac{k \cdot c_m + 10 \sum N/n}{N_{пер} + N_m} \quad (1)$$

Жұп дөңес арқылы бағытталған станциялар мыналар: Шу, Балқаш, Достық, Арыс, Мойынты, сондай-ақ Қырғыз теміржолының станциялары.

$$94/1 + 102/2 + 96/2 + 119/2 + 130/2 = 383 \quad 1, 2, 2, 2, 2$$

$$t_{итеру} = \frac{6 \cdot 9,7 \cdot 42 + 10 \cdot 383}{687 + 20} = 8,87 \text{ сағ}$$

мұндағы, k - құрастырылатын өтпелі, телімдік және бос поезддарының тағайындалу саны

C - жинақтау коэффициенті, мәні 9,7

m - поездың орташа вагон саны (құрамы), 42 вагон

N - құрама, шығарымалы, берілістік және бұрыштық поезддар бойынша орташа тәуліктік вагонайналым, яғни $N_{пер} + N_m$

n - құрама, шығарымалы, берілістік және бұрыштық поездар саны
 $t_{\text{жин}}=8,87 \text{ сағ}$

Тақ дөңес бойынша

$$t_{\text{жин}} = \frac{6 \cdot 9,7 \cdot 55 + 10 \cdot 682}{1255 + 60} = 7,47 \text{ сағ}$$

мұндағы, C - жиналу параметрі 9,7

m - поездың орташа құрамы 55

N - құрама, шығарымалы (вывозной), берілістік және бұрыштық құрамаларының орташа тәуліктік вагонайналымы 1255+60

n - құрама, шығарымалы (вывозной), берілістік және бұрыштық құрамалар саны

Сұрыптау дөңесінен құрамаларды құрастыруды аяқтау технологиялық уақыты реттеу тапсырмасына сәйкес келесі бағыттар бойынша есептеледі: Железнодорожная, Астана Сороковая, Астана, Жаңаауыл, Мырза, Қарағайлы, тазалауға арналған құрамалар және бұрыштық бағыттағы пойыздар.
 $62/1+94/1+286/1+54/1+53/1+62/1=662$

$$1225 + 60 + \frac{6 \cdot 9,7 \cdot 55 + 10 \cdot 682}{1255 + 60} = 7,47 \text{ сағ}$$

мұндағы, k - құрастырылатын өтпелі, телімдік және бос поездардың тағайындау саны;

C - жиналу коэффициенті (мәні 9,7);

m - поездың орташа вагон саны (55 вагон);

N - құрама, шығарымалы, берілістік және бұрыштық пойыздардың орташа тәуліктік вагонайналымы (әрқайсысы 1,1);

n - құрама, шығарымалы, берілістік және бұрыштық пойыздар саны, яғни $N_{\text{пер}} + N_{\text{м}}$ мөлшерінде.

Сұрыптау дөңесінен құрамды тарқатудың технологиялық уақыты 01 тақ паркінде

$$T_{\text{тар}} = t_{\text{тар}} + t_{\text{тар}}^{\text{д}}, \text{ мин} \quad (2)$$

мұндағы $t_{\text{тар}}$ - локомотивсіз түрде дөңестен вагондарды түсіру уақыты 5,68 мин

$t_{\text{тар}}$ - ДТТ (доңғалақтық тежегіш тетігі) бар вагондармен жүргізілген маневрлік жұмыстар нәтижесінде тарқату уақытының ұлғаюы 6,15 мин

n - ағытпадағы орташа вагондар саны 59

n - тарқатылуға келген поездың орташа вагон құрамы

$v_{\text{тар}}$ - тарқатудың орташа жылдамдығы 8,7 км/сағ

$$T_{\text{тар}} = 5,68 + 6,15 = 11,83 \text{ мин}$$

Дөңестен құрамды тарқатудың (расформирование) технологиялық уақыты

Автоматтандырылған жұп дөңес

$$T_{\text{тар}}=6,31+4,03+11,83+2,58=24,75$$

Механикаландырылған тақ дөңес

$$T_{\text{тар}}=6,39+4,8+11,3+3,18=25,67$$

Дөңестен құрамды тарқатуға кететін технологиялық уақытты есептеу үшін келесі кезеңдер бойынша уақыттар қосындысы алынады: маневрлік локомотивтің қабылдау паркіндегі құрамға келу уақыты, құрамды сұрыптау дөңесіне итеру уақыты, құрамды дөңестен тарқату уақыты және дөңес жағынан вагондарды отырғызуға жұмсалатын уақыт.

Атап айтқанда:

- маневрлік локомотивтің қабылдау паркіне келу ұзақтығы $T_{\text{кіру}}=6,31$ минут;

- құраманы сұрыптау дөңесіне итеру уақыты - $T_{\text{итеру}} = 4,03$ минут;

- автоматтандырылған сұрыптау дөңесінен құрамның тарқатылу ұзақтығы - $T_{\text{тар}} = 11,83$ минут;

- дөңестен вагондарды отырғызу ұзақтығы - $t_{\text{от}} = 2,58$ минут.

$$T_{\text{т-к}} = T_{\text{з}} + T_{\text{итеру}} + T_{\text{тар}} + t_{\text{от}} \quad (3)$$
$$T_{\text{т-к}}=6,31+4,03+11,83+2,58=24,75 \text{ мин.}$$

Автоматтандырылған жұп сұрыптау дөңесінің құрамды құрастыру уақыты 8 минут. Жұп сұрыптау дөңесіндегі поездарды тарқату мен құрастыруға кеткен жалпы уақыт 32,8 минутты құрайды.

Тақырыптың мақсаты сұрыптау жолдарын тиімді пайдалану, станциялардың өткізу қабілеті мен өңдеу қабілетін арттыру және пайдалану шығындарын азайту. Негізгі қарастырылып отырғанымыз бағыт бойынша вагон ағындарын құрастыру және өңдеу ерекшеліктерін, қозғалыс кестесін, өңдеу тәртібін оңтайландыру әдістерін әзірлеуге бағытталған.

Пойыздарды тарқатуға және маневрлік жұмыстарды жүргізуге арналған уақыт вагондарды жинақтау үшін бөлінген жолдар санына тәуелді. Бұл вагондардың әртүрлі бағыттары арасында маршруттарға дайындау қарастырылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Қарағанды-Сұрыптау станциясының техникалық-басқару актісі.
2. Қарағанды-Сұрыптау станциясының технологиялық жұмыс процесі.
3. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте. Астана 2012 г.

Кадыров А.С. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

Привалова О.А. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

Карсакова А.Ж. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

Калинин А.Б. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТАЛЫХ И СНЕЖНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Рациональное использование водных ресурсов становится одной из ключевых задач в условиях изменения климата и увеличения числа засушливых периодов. Особенно важным направлением является аккумулярование талых и снежных вод, позволяющее снижать потери воды, обеспечивать сельское хозяйство, восполнять подземные водоносные горизонты и предотвращать паводки.

Современные технологии аккумулярования включают комплекс инженерных, экологических и экономических мероприятий, среди которых значительную роль играет применение инженерной техники для механизации сбора, распределения и накопления снега и талой воды [1].

Главная цель аккумулярования — уменьшение потерь весенней талой воды, которая в естественных условиях быстро стекает в реки и каналы. Эффективное аккумулярование позволяет:

- обеспечивать полив посевов в засушливые периоды;
- регулировать весенний водный режим рек;
- пополнять подземные водоносные горизонты;
- предотвращать эрозию почв и негативное воздействие паводков.

Методы аккумулярования с применением инженерной техники

1. Механизированный сбор снега. Для концентрации снега на определённых участках применяются:

- снегопогрузчики;
- тракторы с отвальными или скреперными приспособлениями;
- самоходные машины для перемещения снега.

Такая техника позволяет эффективно формировать снегозадерживающие участки и концентрировать снег для последующего таяния в водохранилищах.

2. Формирование снегозадерживающих сооружений:

тракторы и бульдозеры применяются для создания снеговых валов и насыпей;

механизированная установка лесополос, сеток и других барьеров для удержания снега;

уплотнение снега с помощью техники замедляет его таяние и повышает эффективность накопления воды.

3. Аккумулирование талой воды:

подготовка котлованов и резервуаров экскаваторами и бульдозерами;
создание инфильтрационных бассейнов для постепенного впитывания воды в грунт;

управление руслами временных потоков воды с помощью техники, что предотвращает потерю талой воды.

Экологическая и экономическая значимость

Применение инженерной техники повышает эффективность аккумулирования талых и снежных вод:

увеличивает объем сохраняемой воды;
снижает потери за счет испарения и быстрого стока;
предотвращает эрозию и смыл плодородного слоя;
сокращает расходы на ручной труд и ускоряет создание снегозадерживающих объектов.

Экономический эффект проявляется в снижении затрат на водоснабжение, повышении урожайности и рациональном использовании земельных и водных ресурсов.

В Сибири и на Дальнем Востоке России для аккумулирования талой воды применяют снегопогрузчики и тракторы для формирования снегозадерживающих валов и временных прудов. В Австрии и Швейцарии механизированные системы помогают концентрировать снег на горных склонах для последующего орошения и подпитки малых гидроэлектростанций [2,3].

Дополнительно, в некоторых регионах применяются мобильные снегопогрузочные комплексы, способные оперативно перераспределять снег в пределах сельскохозяйственных угодий, что особенно важно при неравномерном снежном покрове и сложном рельефе. С развитием механизации и автоматизации аккумулирования талых и снежных вод можно ожидать:

внедрения роботизированных снегопогрузчиков и дронов для контроля и перераспределения снега;

интеграцию данных с метеостанций и спутников для прогнозирования водного потенциала региона;

повышение эффективности водоёмов и инфильтрационных систем за счет точного управления объемами талой воды.

Такое развитие технологий позволит создавать комплексные системы аккумуляирования, способные полностью регулировать водный баланс в сельских и городских районах, улучшая продовольственную и экологическую безопасность.

Использование инженерной техники в технологиях аккумуляирования талых и снежных вод позволяет существенно повысить эффективность сбора и хранения воды, снизить риск паводков и эрозии, обеспечить стабильное водоснабжение сельского хозяйства и улучшить экологическое состояние регионов с холодным климатом.

Сочетание инженерных решений, экологического планирования и механизированных методов аккумуляирования открывает новые возможности для устойчивого управления водными ресурсами и сохранения экосистем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Жумабаев, К., соавт. (2022). Новые материалы для удержания влаги в условиях засушливого климата. **Инновационные технологии в сельском хозяйстве**, 8(1), 15–22.
2. Базарбаев, А., соавт. (2018). Водосборные системы в горных районах Казахстана: опыт и перспективы. **Воды Казахстана**, 4, 23–29.
3. Мирзахметов, А., соавт. (2021). Восстановление водоносных горизонтов в Казахстане: методы и результаты. **Гидрогеология Казахстана**, 7, 33–40.

Карсакова А.Ж. (Ә.Сағынов атындағы ҚарТУ)
Оразалина А.Б. (Ә.Сағынов атындағы ҚарТУ)
Сахапов Р.Л. (Қазан федералды университеті)

ТЕМІРЖОЛ ЖОЛЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН БОЛЖАУ НЕГІЗІНДЕ ЖОЛ ТЕХНИКАСЫНА ҚАЖЕТТІЛІКТІ ЖОСПАРЛАУ: ЭЛБ-4С МЫСАЛЫНДА

Теміржол көлігі ел экономикасының тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін негізгі салалардың бірі болып табылады. Қазақстандағы теміржол желісінің ұзындығы 16 000 км-ден асады, ал теміржол көлігі жүк және жолаушылар тасымалындағы негізгі тірек көлік түрлерінің бірі болып қала береді [1].

Ұлттық статистика бюросының мәліметі бойынша, 2025 жылы Қазақстанда теміржол көлігімен 466,7 млн тонна жүк тасымалданып, жүк айналымы 361,3 млрд т-км құрады. Бұл көрсеткіштер теміржол инфрақұрылымына түсетін жүктеменің жоғары екенін және жол шаруашылығын сенімді техникалық деңгейде ұстаудың маңызын айқындайды [2].

Теміржол жолының жай-күйі рельс торының геометриялық параметрлерімен, балласт қабатының жағдайымен, жер төсемінің орнықтылығымен және қозғалыс жүктемелерінің әсерімен анықталады. Жүк ағыны мен транзит әлеуетінің өсуі жөндеу жұмыстарының көлемін ұлғайтып, техника паркін неғұрлым дәл жоспарлауды талап етеді [3].

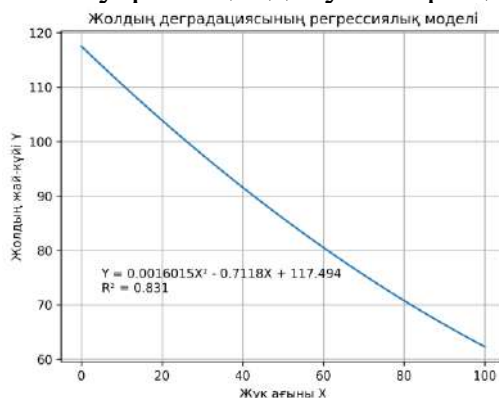
Теміржол жолын жөндеу жұмыстары дәстүрлі түрде нормативтік мерзімдерге сәйкес жоспарланады, алайда бұл тәсіл нақты пайдалану жағдайларын, учаскелердегі жүк ағындарының әркелкілігін және жолдың нақты тозу деңгейін толық ескермейді. Осыған байланысты қазіргі кезеңде диагностика нәтижелерін талдау негізінде жолдың техникалық жай-күйін болжау және соған сәйкес жол техникасына қажеттілікті жоспарлау өзекті ғылыми-практикалық міндет болып табылады. Жолдың жай-күйін болжау үдерісі диагностикалық деректерді жинау, оларды сандық өңдеу, тозу динамикасын сипаттайтын модельді таңдау және алынған нәтижелерді жөндеу жұмыстарын жоспарлаумен байланыстыру кезеңдерін қамтиды, бұл рельс геометриясы, балласттың күйі, жол профілі мен қозғалыс қарқындылығы сияқты көрсеткіштерді ескере отырып, жөндеу қажеттілігін дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Жолдың техникалық жай-күйін болжау кезінде пайдалану жүктемесінің оның тозуына әсерін сандық тұрғыдан бағалау ерекше маңызға ие. Осы мақсатта теміржол жолының жай-күйін болжау үшін регрессиялық теңестіру жүргізіліп, деректердің өзгеруіндегі сызықтық емес

заңдылықты сипаттайтын квадраттық регрессия қолданылды. Зерттеу нәтижесінде келесі регрессиялық теңдеу алынды:

$$Y = 0.0016015X^2 - 0.7118X + 117.494$$

мұндағы Y – жолдың тозу деңгейі, ал X – жүк айналымы көрсеткіші. Модельдің детерминация коэффициенті $R^2 = 0.831$ болды, яғни жол тозуы деңгейі өзгерісінің 83,1%-ы жүк айналымының өзгерісімен түсіндіріледі. Бұл нәтиже жүк айналымының артуы теміржол жолының техникалық жай-күйіне елеулі ықпал ететінін және ұсынылған модельдің жолдың болашақтағы жай-күйін бағалау үшін қолдануға жарамды екенін көрсетеді.



Сурет 1 – Теміржол жолының тозуын сипаттайтын квадраттық регрессия моделі

Ұсынылған тәуелділік теміржол жолының нақты учаскелерінде ақаулардың даму үрдісін болжауға және соның негізінде жөндеу жұмыстарының мерзімі мен көлемін алдын ала анықтауға мүмкіндік береді, бұл техникалық шешім қабылдауды жеделдетіп, жоспарлы-ескерту жұмыстардың тиімділігін арттырады. Сонымен қатар болжау нәтижелерін жол техникасына қажеттілікті жоспарлаумен байланыстыру аса маңызды, өйткені әрбір ақау түрі тиісті технологиялық операцияларды және арнайы машиналарды қажет етеді, соның ішінде жолды көтеру және балласты тарату жұмыстарында ЭЛБ-4С электр балластері кеңінен қолданылады [4].

Rail-news.kz материалында көрсетілгендей, ЭЛБ-4С машинасы механикаландырылған жол көтеруге, көтерілген жол торының астына балласты үздіксіз беруге, тұрақтандыру операцияларын орындауға және навигатор жүйесі арқылы жолды жоспар бойынша рихтовкалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, теміржол саласындағы жоспарлау мен пайдалану шешімдері Қазақстан Республикасының қолданыстағы нормативтік құжаттарына сәйкес жүзеге асырылуы тиіс, соның ішінде СП РК 3.03-114-2014 «Теміржолдар» талаптары ескеріледі [5].

Қазақстан жағдайында ЭЛБ-4С сияқты техниканы алдын ала жоспарлау аса маңызды, өйткені теміржол желісінің ұзындығы үлкен, учаскелер бойынша жүк жүктемесі әркелкі, ал жөндеу жұмыстары көбінесе шектеулі технологиялық «терезелерде» орындалады. Болжау нәтижелері техника паркін нақты проблемалық аймақтарға бағыттауға, бос тұрып қалуды азайтуға және қайталама өту санын қысқартуға мүмкіндік береді.

Болжау нәтижелерін пайдалану тек жолдың болашақтағы жай-күйін бағалаумен шектелмей, ЭЛБ-4С сияқты жол техникасына қажеттілікті тиімді жоспарлауға негіз болады, бұл жөндеу жұмыстарының қайталануын азайтып, ресурстарды үнемдеуге және техникалық құралдардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар теміржол саласындағы жоспарлау мен пайдалану шешімдері Қазақстан Республикасының «Теміржолдар» своды правилында белгіленген сенімділік, сапа және технологиялық талаптарға сәйкес жүзеге асырылуы тиіс [5]. Осылайша, теміржол жолының жай-күйін болжау негізінде техникаға қажеттілікті жоспарлау жол шаруашылығы тиімділігін арттырудың маңызды құралы болып табылады, себебі жол тозуының динамикасын сандық модельдеу ақаулардың даму үрдісін алдын ала бағалауға, жөндеу мерзімдерін негіздеуге және қажетті жол машиналарын уақытылы анықтауға мүмкіндік береді.

ЭЛБ-4С электр балластері мысалында болжау нәтижелерін жол техникасына қажеттілікті жоспарлау үдерісімен байланыстырудың практикалық маңызы дәлелденді, өйткені ұсынылған тәсіл машинаны нақты проблемалық учаскелерде мақсатты қолдануға, жөндеу жұмыстарының сапасын арттыруға, техника жүктемесін оңтайландыруға және жол шаруашылығындағы шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Осыған байланысты теміржол жолының жай-күйін болжау жүйесін жетілдіру және оны жол техникасын жоспарлау практикасына енгізу теміржол инфрақұрылымының сенімділігін арттырудың, жөндеу жұмыстарын ғылыми негізде ұйымдастырудың және өндірістік процестердің тиімділігін жоғарылатудың маңызды бағыты болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Қазақстан Республикасы Үкіметі. Қазақстан туралы жалпы ақпарат. – URL: <https://www.gov.kz/article/19305> (қаралған күні: 02.04.2026).
2. Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігінің Ұлттық статистика бюросы. Қазақстан Республикасындағы көлік қызметі (2025 ж. қаңтар–желтоқсан). – URL: <https://stat.gov.kz> (қаралған күні: 02.04.2026).
3. Қазақстан Республикасы Үкіметі. Қазақстанның негізгі салаларындағы даму нәтижелері туралы. – URL: <https://www.gov.kz> (қаралған күні: 02.04.2026).
4. Ровба Л. «Теміржол жөндеу» ЖШС техника паркін толықтырған жаңа ЭЛБ-4С электр балластері туралы. – Теміржолшы Қазақстан. – 2023. – URL: <https://rail-news.kz> (қаралған күні: 02.04.2026).
5. Қазақстан Республикасының құрылыс нормалары. СП РК 3.03-114-2014 «Теміржолдар». – Астана, 2014.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПРОФЕССИИ
РАБОТНИКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Функционирование железнодорожного транспорта осуществляется в рамках сложной человеко-машинной системы (ЧМС), в которой надежность и безопасность определяются не только техническими характеристиками объектов, но и вероятностью безошибочного выполнения профессиональных функций персоналом. В условиях высокой динамики, неопределенности и ответственности технологических процессов традиционные детерминированные методы анализа оказываются недостаточными, поскольку не позволяют учитывать вариативность поведения человека, влияние организационных факторов и вероятностный характер ошибок [23, 24]. С учетом причин ошибок (нагрузка, усталость, информационная перегрузка, несовершенство интерфейсов и организационные дефициты) наиболее обоснованным является комбинированный вероятностно-имитационный подход, включающий оценку вероятности ошибок персонала с использованием методов анализа надежности человека (Human Reliability Analysis), описание состояний ЧМС и переходов между ними на основе марковских процессов, имитацию технологических сценариев для выявления критических сочетаний факторов, приводящих к нарушениям безопасности. Данный подход позволяет формализовать человеческий фактор в виде вероятностных параметров, учитывать влияние условий труда, нагрузки и уровня подготовки, моделировать развитие нештатных ситуаций во времени, оценивать эффект управленческих и технических мероприятий до их внедрения [26, 33, 35].

Эффективная минимизация влияния человеческого фактора невозможна без формализованного описания требований к профессиональной деятельности работников, непосредственно участвующих в обеспечении безопасности движения. Для этого в работе вводится понятие профиля профессии – интегральной модели, отражающей совокупность профессиональных, психофизиологических, когнитивных и поведенческих характеристик, необходимых для надежного выполнения технологических функций в составе человеко-машинной системы (ЧМС).

Профиль профессии предназначен для выявления критических компетенций и факторов риска, сопоставления требований работы и возможностей работника, прогнозирования вероятности ошибочных действий, индивидуализации обучения и допуска к операциям.

Профиль формируется как вектор показателей:

$$P = \{K, C, P, F, E, R\}$$

где K – профессиональные знания и навыки;

C – когнитивные способности (внимание, память, скорость реакции);

– психофизиологические параметры (устойчивость к утомлению,

P стрессоустойчивость);

– функциональная нагрузка и сложность операций;

F

– эргономические условия и интерфейсы;

E

– уровень ответственности и риск последствий ошибок.

R

Метод определения профиля профессии включает следующие этапы:

1. Декомпозиция трудовых функций. Анализируются технологические операции, решения и взаимодействия (например, для дежурного по станции, машиниста, составителя поездов). Выделяются критические действия, влияющие на безопасность.

2. Идентификация факторов ошибок. На основе анализа инцидентов, ФТА/ЕТА и НРА выделяются факторы, повышающие вероятность ошибок: перегрузка, дефицит времени, неоднозначность инструкций, сложность интерфейсов, организационные разрывы.

3. Формирование шкал показателей Для каждого компонента профиля задаются метрики и шкалы (балльные, интервальные, вероятностные). Например, скорость реакции (мс), устойчивость внимания (баллы теста), индекс утомления, сложность операции (0–1), уровень риска последствий (категории).

4. Нормирование и взвешивание. Показатели приводятся к единому диапазону (0–1).

$$I_{prof} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot p_i$$

где p_i – нормированные показатели;

p_i

– их значимость.

w_i

5. Верификация и калибровка. Профиль проверяется по историческим данным (сравнение с фактическими инцидентами), корректируются веса и пороги допустимости.

В результате формируется эталонный профиль профессии, допустимые пороги по критическим показателям, карта рисков ошибок для конкретных операций, рекомендации по обучению, ротации и условиям труда. Таким образом, в качестве базового метода моделирования в работе выбран комплексный вероятностно-имитационный метод, интегрирующий

элементы анализа надежности человека, марковского моделирования и имитационных экспериментов. Применение разработанного метода обеспечивает формализованную связь между требованиями профессии и надежностью ЧМС, создавая основу для оценки соответствия работника профилю профессии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Hollnagel E. *Human Reliability Analysis: Context and Control*. London: Academic Press, 2016.
2. Бересток, Н.О. Оценка влияния человеческого фактора на транспортные происшествия в хозяйстве перевозок. [Текст] / Н.О. Бересток, В.А.Кобзев, Е.А. Овчинникова, С.П.Шумский, Куртикова Э.Р.// Сборник трудов международной юбилейной научно-технической конференции РУТ (МИИТ) «Тенденции развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом» – 20-21 ноября 2019 г. – С.132-140.
3. Ibragimova G., Kayumov S., Abduvaitova M. *Analysis of the transport sector and ensuring transport safety in the context of globalization* //Engineer. – 2025. – Т. 3. – №. 2. – С. 5-8.
4. Ericson C. *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. Hoboken: Wiley, 2015.
5. Law A.M. *Simulation Modeling and Analysis*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

Кенжекеева А.Р. (Қарағанды, Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ)
Дәулетова А.Р. (Қарағанды, «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС «Қарағанды» фил.)

ҚАРАЖАЛ СТАНЦИЯСЫ КІРМЕ ЖОЛДАРЫНДА ТИЕУ-ТҮСІРУ ЖҰМЫСЫН ЖАҚСАРТУ

Тиеу-түсіру жұмыстары және жүктерді қажеттілікке жарату бойынша жұмыстар – бұл крандар, элеваторлар, электр стендтер, шығырлар, конвейерлер, пневматикалық жүк түсіргіштер, өздігінен ауысатын машиналар, элеваторлары бар жүк түсіргіштер, жүк түсіру машиналары, жүк көтергіштер, электр жүк көтергіштері, вагонеткалар, экскаваторлар және т.б. б. олар негізінен жүк көтергіш машиналар мен механикаландыру құралдары арқылы механикаландырылған.

Қаражал станциясында 3 кірме жол бар. Кірме жолдарда келген құрамға тиеу-түсіру операциялары жасалады. Станция бойынша ең жұмыс көлемі үлкен кірме жол, ол «Өркен-Атасу» кірме жолы. Кірме жолда келген құрамға бірнеше операциялар жасалынады. Тиеу-түсіру операциялары жүргізу үшін ЭКГ-4,6 экскаваторы қолданылады. Өркен-Атасу кірме жолы 2 станциядан тұрады. Олар: Карьерная станциясы және Шахтная станциясы.

Жұмыс көлемінің артуы және қазіргі заман сұранысы кірме жолдағы техникаларды жаңартып отыруды талап етеді. Жұмыс жасайтын техника неғұрлым жаңа болған сайын жұмыс көлемі артып, экономикаға оң ықпалын тигізеді.

Жаңа техникалар уақытты ұтымды пайдалануға қол еңбегін қысқартуға және жұмыстың қателіксіз жұмыс істеуіне ықпалын тигізеді. Станция кезекшілері маневрлік жұмыстарды тапсыру, жұмыс жоспарындағы өзгерістер туралы хабарлау, станция жолдарында қалған вагондарды бекіту, пойыздардан (вагондардан) тежегіш башмақтарын алу, поездардың жақын келуі немесе жөнелуі туралы ескерту, маневрлік локомотивтерді қабылдау, қабылдауға жауапты. Маршрутты дайындау, пойыздың кетуі немесе келуі [2].

Қаражал станциясы темір кенінің концентратын және темірмарганец кенін тасымалдайды. Өнеркәсіптің көлемі жыл сайын артып келеді. Темір көп немесе аз мөлшерде барлық тау жыныстарының құрамына кіретініне қарамастан, темір рудасының атауы тек экономикалық пайдалы металл темірін алуға болатын темір қосылыстарының жиналуын білдіреді. Құрамы: гематит, магнетит.

Марганец кендері - пайдалы қазбалардың түрі, табиғи минералды түзілімдер, осы металды немесе оның қосылыстарын экономикалық тиімді алу үшін марганец мөлшері жеткілікті. Қазақстанда 90% -дан астамы Қазақстанның орталық аймағында, ол Қаражал, Үшқатын кен орындарында орналасқан. Тиеу-түсіру жұмыстары тиеу немесе түсіру мақсатында әртүрлі

жүктерді көтеруге бағытталған шаралар кешені (қолмен, сондай-ақ мамандандырылған техниканың көмегімен, мысалы, жүк көтергіш кранның немесе тиегіштің көмегімен). Жүкті орналастыру деп оны орналастыру (көлік құралында, тиеу алаңдарында, қоймаларда, вагондарда, элеваторларда және т.б.) және қажет болған жағдайда оны бекіту түсініледі. Кірме жолда кеннің бірнеше түрі артылады.

Кірме жолда жүкті тиеу құрылғыларын жаңа тиеу кешеніне алмастыру.

Кірме жолдың Карьерная станциясында 3 және 4 жолдарда тиеу жұмыстары жүзеге асырылады. 3-ші жолға 28 вагон 4-ші жолға 36 вагон сыяды. Жүкті тиеу жұмыстары барлық техникалық талаптарға сай жүргізіледі. Тиеу процессінде тиеуге арналған техниканың рөлі өте үлкен. Тиеу техникасының мінездемесі барлық тиеу процессіне әсерін тигізеді.

Қазіргі уақытта жүкті тиеу ЭКГ-4,6 экскаваторымен жүзеге асырылады. 1 вагонды артуға 6,6 мин кетеді, ал толық бір рейсті 323,4 минутта артады.

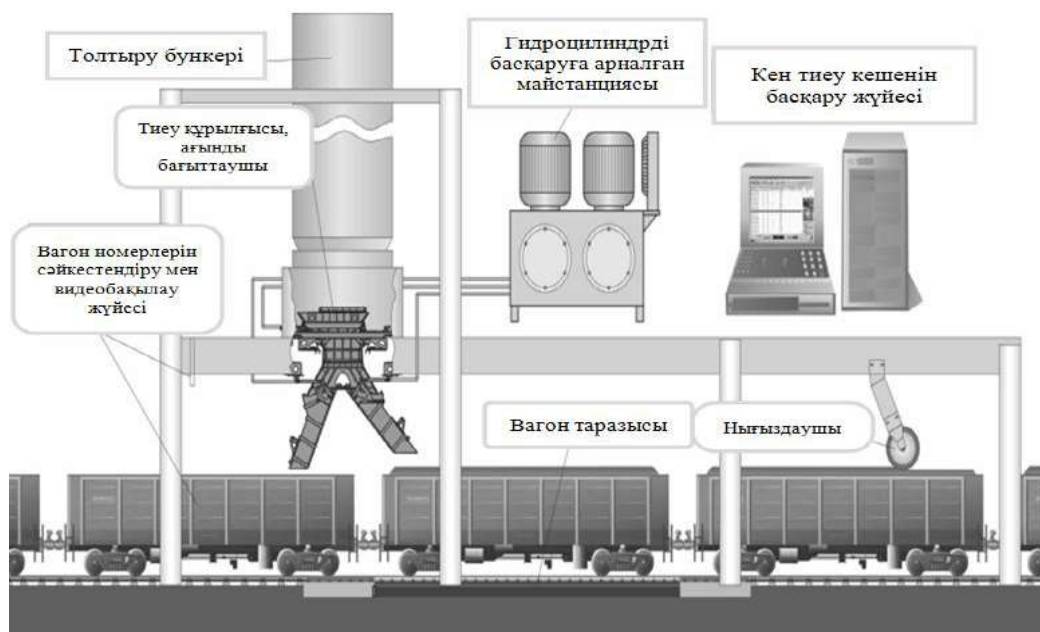
Қысқаша экскаваторға тоқталып кетсек, ЭКГ - электр толық бұрылатын экскаваторлар қара және түсті металлургиядағы ашық тау-кен жұмыстарында, құрылыс материалдары өнеркәсібінде, кен өнеркәсібінде, сондай-ақ өнеркәсіптік құрылыста жер жұмыстарының үлкен көлемін орындау үшін көлік құралдарына немесе пайдалы қазбалар мен жыныстардың үйіндісіне дайындауға және тиеуге арналған. Кен өнеркәсібіндегі осындай мәселелердің бірі индустриялық теміржол көлігінде кенді тиеу жұмыстарын жақсарту болып табылады.

Кенді теміржол вагондарына тиеу – шахталардың кен кешенінің технологиялық схемасындағы соңғы байланыс және бұл нысан автоматтандыру үшін өте маңызды мүмкін объект болып табылады. Жүк тиеудің тиімділігін арттыру мақсатында теміржол вагондарында кенді жүктеу және есепке алу процестерін жетілдіруге бағытталған бірқатар шаралар әзірленді. Орындалған жұмыстың нәтижесі автоматтандырылған кен – тасымалдау кешендерін құру болды. Автоматтандырылған кен тиейтін кешендер. Мұндай қондырғыларды енгізу қажеттілігін жаңадан салынған және қайта жаңартылған кен өндіретін кәсіпорындардың өндірістік қуаттылығы жылына бірнеше миллион тонна кенге жететіндігімен анықталады, сондықтан кенді тәуліктік тасымалдау көлемі күніне бірнеше жүз вагонды құрайды. Автоматтандырылған кен тиегіш КПА кешенін пайдалану ұсынылды.

Автоматтандырылған кен тиегіш КПА кешені келесі бөліктерден тұрады: жинау бункері; вагон таразысы; тиеу құрылғысы; май станциясы; видеобақылау құрылғысы.

Автоматтандыру жүйесі қамтамасыз етеді. Автоматты берілген бірізділікті орындау технологиялық операцияларды толтыру және мөлшерлеу процесін реттеу жүк вагондарының салмағы мен көмірді беру

қарқындылығы, вагондардың тиелуі. Әртүрлі өлшемдегі және кез келген ретпен құраммен. Оператор басқару жүйесіне бағдарламаны енгізеді, қамтамасыз ететін кезекті вагонды тиеу автоматты режимі. Бағдарлама теріледі басқару пульті мезгіл кезіндегі қозғалыс құрамы. Бағдарлама түрлі тиелетін вагонның салмағы және минимальдық нөмірі. Оператор сондай-ақ бастапқы технологиялық кешенді іске қосуға команда береді, тиеу режимін бақылайды. Жай күйі және ережеге өзгерістер енгізеді. Жекелеген механизмдердің бірлескен жұмысы. Оператор сондай-ақ бастапқы технологиялық кешенді іске қосуға команда береді, тиеу режимін бақылайды. Басқару жүйесімен қарастырылған және механизмдерді қашықтықтан басқару кешені сұлбасы сурет 1-де көрсетілген.



Сурет 1 - Автоматтандырылған кен тиегіш КПА кешені

Темір жол көлігінің қоршаған ортаға әсері бар, бірақ ол басқа көлік түрлеріне қарағанда аз зиян келтіреді. Жұмыста экологиялық қауіпсіздік шаралары да қарастырылды.

Экономикалық тиімділігі дәлелденген жүйе өндірістік процестерді оңтайландырып қана қоймай, станцияның жалпы жұмысын жаңа деңгейге көтереді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Қаражал станциясының техникалық үдерісі және ТБАсы, 2021 жыл.
2. Батицкий В.А., Куроедов В.И., Рыжков А.А. - Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности, Россия, 2017ж.
3. Экология және қоршаған ортаны қорғау: жоғары оқу орындарына арналған оқулық / Асқарова Ұ.Б., Алматы, 2017ж. – 314-316 беттер.

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ХАБЫ В СИСТЕМЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Введение. Транспортно-логистические хабы представляют собой важнейшую составляющую развития транспортной системы Республики Беларусь в условиях геополитической турбулентности и переориентации внешнеторговых потоков. Как отмечается в программных документах Правительства Республики Беларусь, страна предпринимает конкретные шаги по адаптации транспортно-логистической системы к новым вызовам и ликвидации инфраструктурных ограничений. В современных условиях возрастает роль международных транспортных коридоров, проходящих через территорию Беларуси, призванных обеспечить устойчивость экспортно-импортных и транзитных грузопотоков на наиболее перспективных направлениях [1]. Цель настоящей работы – проанализировать современное состояние логистических хабов в системе транспортного комплекса Беларуси и определить стратегические направления их развития в контексте государственной транспортной политики.

Логистический хаб представляет собой специализированный транспортно-логистический комплекс, объединяющий складские помещения, терминальные мощности и иные средства, обеспечивающие консолидацию, распределение и транзитную обработку грузов. В белорусской практике выделяют несколько основных типов логистических хабов. Сухие порты представляют собой внутренние сухопутные терминалы, связанные с морскими портами развитой транспортной инфраструктурой (в первую очередь с российскими портами, а также с портами Балтии). Как подчеркивается в научной литературе, сухой порт определяется как место внутри территории страны с логистическим центром, соединенным с одним или более видами транспорта, предназначенное для обработки, временного хранения и таможенного контроля грузов, перевозимых в процессе международной торговли [2].

Мультимодальные транспортные хабы выступают ключевыми элементами сквозных цепочек поставок. По мнению белорусских экспертов в области логистики, современный хаб – это уже не просто узел перевалки, а центр, где создается дополнительная ценность. Здесь сосредоточены услуги таможенного оформления, складирования, кросс-докинга, упаковки и консолидации товара, что делает цепочку поставок более управляемой и предсказуемой [3]. Согласно анализу функционирования транспортного

комплекса Беларуси, ключевые логистические хабы страны конфигурации «железная дорога + автомобильный транспорт» представлены транспортно-логистическими центрами в Минске, Бресте, Гомеле и Орше. Их преимущество – в обеспечении бесперебойной перевалки между железнодорожным и автомобильным транспортом в рамках международных коридоров. По аналогии развиваются речно-автомобильные хабы на реках Припять и Днепр, что особенно актуально для южных регионов страны [4].

Как отмечают специалисты в области цифровизации транспорта, главный тренд в развитии хабов – цифровизация: мультимодальные центры эволюционируют в интеллектуальные платформы управления логистикой, обеспечивающие бесшовную интеграцию железнодорожного, автомобильного и речного транспорта. Это напрямую отражается на издержках за счет сокращения простоев, ускорения перегрузки и консолидации партий [3].

Развитие логистических хабов в Республике Беларусь осуществляется в рамках реализации Транспортной стратегии Беларуси до 2030 года и комплексных планов развития внутренних водных путей, а также в контексте участия страны в интеграционных проектах ЕАЭС. Согласно планам Правительства Республики Беларусь, провозная способность транспортных коридоров, проходящих через территорию страны, должна быть значительно увеличена за счет модернизации пограничной инфраструктуры и развития мультимодальных узлов.

Приоритетными направлениями развития логистической инфраструктуры выступают. Первое направление – создание сети сухих портов и хабов в глубине регионов для разгрузки приграничных терминалов. Особое значение имеет развитие хаба в Орше, который позволит перераспределить потоки и снизить нагрузку на Брестский транспортный узел [1]. Второе направление – развитие мультимодальных узлов. Ключевая задача – создание хаба международного значения на базе «сухого порта» в индустриальном парке «Великий камень» с интеграцией железнодорожной и автомобильной инфраструктуры. Третье направление – интеграция речного транспорта. В Транспортной стратегии Беларуси отмечена необходимость более интенсивного использования внутренних водных путей. Планируется создание речных логистических хабов в портах Гомеля и Мозыря для оптимизации перевалки и повышения связанности видов транспорта [1].

Несмотря на очевидные преимущества, функционирование логистических хабов в Беларуси сталкивается с рядом проблем. Ключевыми ограничениями выступают: цифровой барьер при взаимодействии с железнодорожными операторами – данные о подаче вагонов и прибытии поездов могут быть неполными или не всегда поступают своевременно, что затрудняет координацию между различными видами транспорта;

недостаточная пропускная способность железнодорожных путей на подходах к пограничным переходам и автомобильных трасс; дефицит современных складских комплексов класса А и В+ в регионах; нехватка квалифицированных кадров, способных работать на высокотехнологичном оборудовании терминалов.

Ключевыми факторами успешного функционирования хабов выступают: расположение на пересечении международных транспортных коридоров (включая коридоры «Восток–Запад» и «Север–Юг») с доступом к различным видам транспорта; интеграция с индустриальными парками и свободными экономическими зонами, что обеспечивает стабильные грузопотоки; внедрение единых цифровых платформ управления, обеспечивающих сквозную видимость цепей поставок; государственно-частное партнерство при реализации инфраструктурных проектов.

Заключение. Логистические хабы – ключевой элемент транспортной системы Беларуси, обеспечивающий консолидацию грузопотоков и интеграцию видов транспорта в условиях переориентации внешнеторговых связей и сохранения транзитного потенциала. Развитие сухих портов, мультимодальных узлов и речных хабов закреплено в Транспортной стратегии Республики Беларусь до 2030 года. Цифровая трансформация и автоматизация открывают новые возможности для повышения эффективности хабов. Интеллектуальные платформы, ИИ, интернет вещей и роботизация сокращают время обработки грузов, снижают издержки и повышают надёжность цепей поставок. Вместе с тем сохраняются инфраструктурные ограничения: дефицит пропускной способности дорог и пограничных переходов, нехватка современных складов, цифровые барьеры. Их решение требует комплексного подхода – развития инфраструктуры, внедрения инноваций и совершенствования нормативной базы в рамках государственно-частного партнерства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Федяев П. К 2027 году грузооборот речных перевозок в России планируют нарастить на 20% [Электронный ресурс] // Корабел.ру. – 2024. – 27 ноября. – Режим доступа: https://www.korabel.ru/news/comments/k_2027_godu_gruzooborot_rechnyh_perevozok_v_rossii_planiuyut_narastit_na_20.html (дата обращения: 29.03.2026).
2. Король Р. Г. Обоснование целесообразности создания "сухих портов" для эффективного функционирования транспортных узлов / Р. Г. Король, А. В. Дороничев // Фундаментальные исследования. – Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, [б.г.].
3. Новиков А. Сквозные цепочки поставок – мультимодальные хабы меняют логистику [Электронный ресурс] // АО «Новая перевозочная компания». – 2026. – 15 января. – Режим доступа: <https://www.npktrans.ru/media/novosti/skvozye-fepochki-postavok-mul-timodal-nye-khaby-menyayut-logistiku/> (дата обращения: 29.03.2026).
4. Опарин И. Цифровые платформы и мультимодальные хабы / И. Опарин // Евразийские железные дороги переходят на цифровые рельсы [Электронный ресурс] // Sputnik Армения. – 2025. – 18 ноября. – Режим доступа: <https://am.sputniknews.ru/20251118/95976033.html> (дата обращения: 29.03.2026).

Кошмаганбетова А.С. (Қарағанды, Ә. Сағынов атындағы ҚарТУ)

Кабикенов С.Ж. (Қарағанды, Ә. Сағынов атындағы ҚарТУ)

Лукаш Г. (Польша, Познань технологиялық университеті)

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДЕРДІҢ ЖҮРІС ҚОРЫН АРТТЫРУҒА БАҒЫТТАЛҒАН ТИІМДІ ІС-ШАРАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта электромобильдер көлік саласындағы экологиялық таза және энергия тиімді технологиялардың бірі болып табылады. Бұл тезисте электромобильдерді пайдалану барысында олардың жүріс қорын арттыруға бағытталған іс-шараларды әзірлеу мәселесі қарастырылады. Зерттеу барысында батарея жүйесінің тиімділігін арттыру, энергияны басқарудың интеллектуалды жүйелерін қолдану, рекуперативті тежеу технологиясын жетілдіру және көлік массасын азайту сияқты шешім жолдары ұсынылады. Ұсынылған әдістерді кешенді түрде қолдану электромобильдердің энергия тұтынуын төмендетуге және олардың жүріс қорын 10–20% аралығында арттыруға мүмкіндік береді.

Электромобильдер атмосфераға зиянды шығарындыларды азайтуға және энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Соған қарамастан, қазіргі заманғы электромобильдердің басты мәселелерінің бірі – жүріс қорының шектеулі болуы. Көптеген электромобильдер бір зарядта шамамен 200–400 км аралығында ғана жүре алады. Бұл көрсеткіш іштен жану қозғалтқышы бар көліктермен салыстырғанда төмен болып табылады. Электромобильдің жүріс қорына көптеген факторлар әсер етеді: батарея сыйымдылығы, көлік массасы, энергияны басқару жүйесі, қозғалыс режимі, климаттық жағдайлар. [1]

Зерттеудің негізгі мақсаты – электромобильдерді пайдалану кезінде олардың жүріс қорын арттыруға бағытталған тиімді іс-шараларды әзірлеу және энергия тұтынуын төмендетудің ғылыми негізделген әдістерін ұсыну. Зерттеу барысында келесі әдістер қолданылды:

ғылыми әдебиеттерге талдау жасау

электромобильдердің энергия тұтыну факторларын салыстырмалы зерттеу

энергия тиімділігін арттыру әдістерін жүйелік талдау.

Сонымен қатар энергия басқару жүйелерінің қолданылу тиімділігі қарастырылды. Зерттеуде шешу жолдары электромобильдердің жүріс қорын арттыру үшін келесі негізгі бағыттар ұсынылады:

1. Батарея технологиясын жетілдіру. Жоғары энергия сыйымдылығы бар литий-ион немесе қатты электролитті батареяларды қолдану электромобильдің жүріс қорын айтарлықтай арттыра алады. [2]

2. Интеллектуалды энергия басқару жүйесін қолдану. Энергияны басқарудың интеллектуалды жүйесі (Energy Management System) қозғалыс режиміне байланысты энергия шығынын оңтайландырады.

3. Рекуперативті тежеу жүйесін жетілдіру. Электромобильдерде тежеу кезінде бөлінетін кинетикалық энергияны қайтадан электр энергиясына айналдыру мүмкіндігі бар.

4. Көлік массасын азайту. Жеңіл композициялық материалдарды қолдану арқылы көлік массасын азайту энергия тұтынуды төмендетеді және жүріс қорын арттырады. [2]

5. Аэродинамиканы жақсарту. Көліктің аэродинамикалық кедергісін азайту жоғары жылдамдықта энергия шығынын төмендетеді.

Ұсынылған тәсіл электромобильдің энергия шығынын жүйелік деңгейде оңтайландыруға мүмкіндік береді. Салыстыру нәтижелері диаграммада берілген:

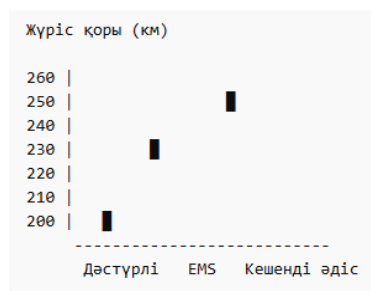


Диаграмма 1. Ұсынылған әдістерді қолдану нәтижесінде электромобильдің жүріс қорының артатынын көрсетеді

Ұсынылған әдістерді кешенді түрде қолдану электромобильдердің энергия тиімділігін арттырып, олардың бір зарядта жүретін қашықтығын шамамен 10–20% арттыруға мүмкіндік береді. Бұл нәтижелер электромобиль технологияларын дамыту және олардың пайдалану тиімділігін арттыру бағытында маңызды ғылыми-практикалық мәнге ие.

Қорытындылай келе, жүргізілген зерттеу нәтижесінде электромобильдердің жүріс қорын арттыру үшін бірнеше тиімді іс-шаралар ұсынылды. Оларға батарея технологиясын жетілдіру, энергия басқару жүйесін қолдану, рекуперативті тежеу жүйесін дамыту және көлік массасын азайту жатады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕРДІҢ ТІЗІМІ

1. Wang X., Li Y. Design of Intelligent Energy Management System for Electric Vehicles Based on Multi-Objective Optimization // *Energy Informatics*. – 2025.
2. Yu Y., Jiang J., Min Z., Wang P., Shen W. Research on Energy Management Strategies of Extended-Range Electric Vehicles Based on Driving Characteristics // *World Electric Vehicle Journal*. – 2020.

АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА СТАНЦИИ «РАДИОУЗЕЛ»

Железнодорожная станция «Радиоузел» по своей специализации относится к грузовым и классифицируется как станция первого класса – обслуживает 35 подъездных путей. Станция находится на однопутном участке и ограничена перегонами с обеих сторон [1, 2].

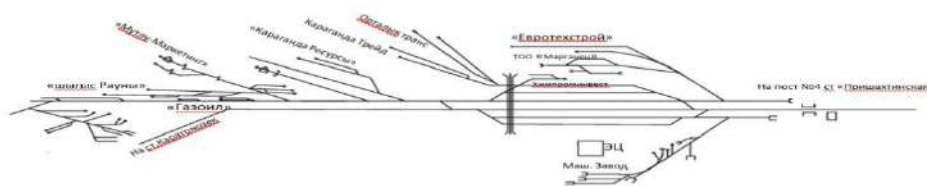


Рисунок 1 – Путевое развитие станции «РАДИОУЗЕЛ»

В настоящем исследовании в ходе проведения анализа работы железнодорожной станции «РАДИОУЗЕЛ» был рассчитан прогноз по основному показателю станции – вагонооборот (рисунок 2).

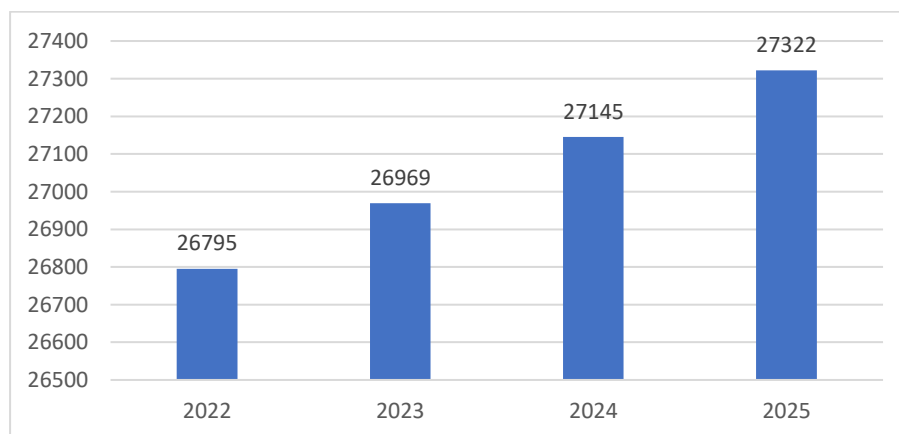


Рисунок 2 – Вагонооборот станции «РАДИОУЗЕЛ»

Расчет аппроксимации вагонооборота выполнен по общеизвестной типовой методике [2] и исходным данным [3]. В результате получены аппроксимирующая функция для определения вагонооборота станции «РАДИОУЗЕЛ»:

$$U_{\text{ваг.}} = 26795 \cdot e^{0,0065 \cdot (T-2022)}.$$

График фактических значений вагонооборота и значений аппроксимирующей функции представлены на рисунке 3.

Ваг.

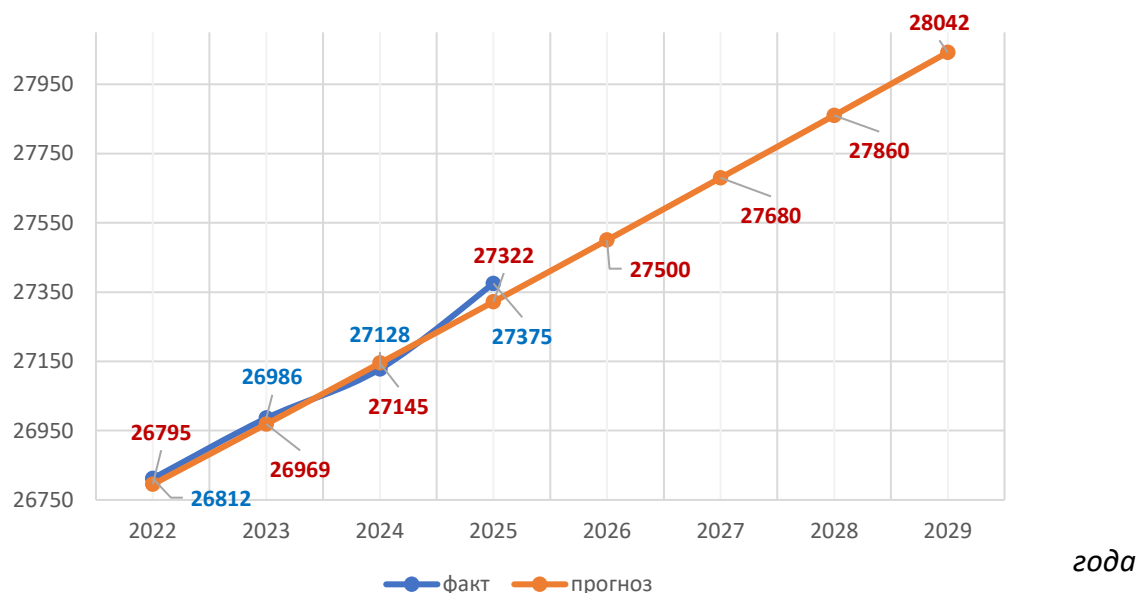


Рисунок 3 – Аппроксимация вагонооборота станции «РАДИОУЗЕЛ»

Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей железнодорожных станций на перспективу, прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей станции «РАДИОУЗЕЛ» на перспективу.

Таким образом, проведенные результаты исследований, имеют прикладное значение, и будут интересны для научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами в области транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техническо-распорядительный акт станции «РАДИОУЗЕЛ».
2. Варашев В.Н., Осипов Ю.В., Сафина Г.Л., Рогачева Н.Н. Вычислительные методы математического анализа. – Москва: Учебное электронное издание, 2017. – 512 Мб.
3. Технологический процесс работы станции «РАДИОУЗЕЛ».

Лотц А.А.
(Караганда, Карагандинский университет Казпотребсоюза)
Мажитова С.К.
(Караганда, Карагандинский университет Казпотребсоюза)

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

Цепь поставок имеет фундаментальное значение для устойчивого роста и процветания страны. Риски в цепях поставок неизбежны. Риск поставок - это часть ведения бизнеса. Риск начинается от поиска сырья до распределения готовой продукции и услуг, поэтому нужно уметь предсказывать событие риска задолго до того, как оно произойдет. Совместно с поставщиками разрабатывать план для обеспечения непрерывности бизнеса.

Существуют как внутренние, так и внешние риски, которые могут нарушить цепь поставок. Риски внешней цепочки поставок труднее предсказать, и для их преодоления обычно требуется больше ресурсов. Некоторые из основных рисков внешней цепочки поставок включают: риски спроса, риски поставок, экологические риски, бизнес-риски. А риски внутренней цепочки поставок более управляемы, чем внешние. К внутренним рискам относятся: производственные риски, бизнес-риски, риски планирования и контроля, непредвиденные риски.

В цифровом мире снижение рисков в цепочке поставок может быть затруднено из-за потенциальных кибервмешательств. Можно использовать модель управления рисками PPRR. «PPRR» означает: профилактика, готовность, реагирование, восстановление. Профилактика: нужно принимать меры предосторожности для снижения рисков в цепочке поставок. Готовность: разработать и реализовать план действий в чрезвычайных ситуациях. Реагирование: выполнять план действий в чрезвычайных ситуациях, чтобы уменьшить влияние разрушительного события. Восстановление: возобновлять операции и как можно быстрее восстановить нормальную производительность [1].

Чтобы усилить защиту кибербезопасности, нужно реализовать следующие стратегии управления рисками цепочки поставок: устанавливать стандарты соответствия для всех сторонних поставщиков, включая производителей, поставщиков и дистрибьюторов; определять роли пользователей и внедрить элементы управления безопасностью, чтобы ограничить круг лиц, имеющих доступ к системе, и какой уровень допуска они предоставили; перед подписанием любых контрактов проводить тщательную оценку рисков поставщика; внедрять стандарты управления данными, которые определяют, кому принадлежат определенные данные и что они должны делать с этими данными; помогать в обучении всех

сотрудников; а также внедрять программное решение, которое обеспечит полную видимость цепочки поставок, чтобы быстро идентифицировать деятельность [2].

Необходимость в надежном плане действий на случай непредвиденных обстоятельств стала особенно актуальной в свете кризиса COVID-19, который вызвал нарушение цепочки поставок в глобальном масштабе. Многие розничные торговцы были вынуждены пересмотреть свои отношения с поставщиками, поскольку многие из их поставщиков и производителей находились в Китае. В результате некоторые розничные торговцы решили перейти от модели с одним поставщиком к модели с несколькими поставщиками, если их основной поставщик станет недоступен. Нужно иметь представление о финансовой стабильности поставщиков. Отслеживать показатели грузоперевозчиков: время доставки, количество остановок и среднее время остановки, среднее время погрузки. Некоторые крупные агентства предлагают прогнозные отчеты о финансовой стабильности тысяч потенциальных поставщиков. Это может наладить более безопасные деловые отношения и снизить уязвимость перед рисками поставок. Тренинги по осведомленности о внутренних рисках для всего персонала помогут в снижении рисков. Фактически, формирование культуры осведомленности о рисках требует поддержки на всех уровнях вашего бизнеса. Постоянный мониторинг факторов риска цепочки поставок действительно является ключом к защите розничных операций. Многие организации предполагают, что они в безопасности после внедрения системы снижения рисков в цепочке поставок, но на этом работа не заканчивается. На каждом уровне цепочки поставок следует внимательно следить за индикаторами потенциальных рисков [3].

В заключение хотелось бы отметить, что нужно реализовывать план на случай непредвиденных обстоятельств логистики. Несколько советов при создании плана действий в чрезвычайных ситуациях для снижения рисков цепочки поставок: составить схему своей цепочки поставок, чтобы получить четкое представление о том, какие организации наиболее уязвимы для рисков; провести полную оценку поставщиков на основе таких факторов, как политический риск, географический риск и экономический риск; диверсифицировать сеть поставщиков, чтобы не зависеть от одного поставщика; проверять поставщиков логистических услуг на основе их планов действий в случае бедствий; создать команду кризисного реагирования, которая будет принимать важные решения в случае возникновения чрезвычайной ситуации; разработать надежные каналы связи, чтобы сотрудники знали, каковы их обязанности в случае нарушения цепочки поставок; тщательно документировать все процессы; всегда быть в курсе текущих событий и соответствующим образом адаптировать свой план действий в чрезвычайных ситуациях; создавать план В, план С, план D и так далее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Аникина Б.А., Родкиной Т.А. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика// Основные и обеспечивающие функциональные подсистемы логистики. Учебник. 2015. – С. 590-602.
2. Проценко И. О. Логистика и управление цепями поставок - взгляд в будущее // Макроэкономический аспект. Учебник . 2012. С.198- 192 .
3. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок //Учеб. пособие. - Изд-во «Альфа-Пресс», 2015. 187- 182 с.

КОНТЕЙНЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ

Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в обеспечении устойчивого функционирования транспортной системы Республики Казахстан. В условиях глобализации и роста международной торговли особое значение приобретает развитие контейнерных перевозок как наиболее эффективного и универсального способа доставки грузов.

Геостратегическое положение Казахстана между странами Восточной Азии и Европы формирует предпосылки для развития транзитных транспортных коридоров, что обуславливает рост объемов контейнерных перевозок и повышение их значимости в национальной экономике.

Анализ показывает устойчивый рост железнодорожных перевозок в Казахстане. По итогам первого полугодия 2025 года объем перевозок грузов составил 144,7 млн тонн, что на 4,9% выше аналогичного периода предыдущего года. Грузооборот достиг 74,1 млрд т-км (+2,3%).

Контейнерные перевозки также демонстрируют положительную динамику. За восемь месяцев 2024 года их объем составил 1,4 млн ДФЭ, увеличившись на 1% по сравнению с 2023 годом. При этом в тоннажном выражении рост составил 8% (до 13,3 млн тонн). Рост обеспечивается преимущественно за счет увеличения доли груженых контейнеров (+6%) при одновременном снижении объемов порожнего пробега (-26%).

Транзит является основным драйвером развития контейнерных перевозок в Казахстане. Его доля составляет 66% от общего объема (916,1 тыс. ДФЭ). Основные направления транзитных потоков включают:

- Китай – Европа/Азия (728,9 тыс. ДФЭ, рост 16%);
- Китай – Россия – Китай (325,1 тыс. ДФЭ);
- Китай – страны Центральной Азии – Китай (141,7 тыс. ДФЭ);
- Транскаспийский международный транспортный маршрут (ТМТМ), демонстрирующий кратный рост.

За период 2021–2025 гг. объем перевозок по ТМТМ увеличился более чем в 5 раз (с 0,8 до 4,5 млн тонн), что свидетельствует о диверсификации транспортных маршрутов и снижении зависимости от традиционных направлений.

Контейнеризация охватывает широкий спектр грузов, различающихся по направлениям перевозок. Во внутреннем сообщении преобладают: черные и цветные металлы, строительные материалы, транспортные средства.

В экспортной структуре доминируют: продукты переработки зерна (29%), зерно (25%); черные металлы (21%); цветные металлы (8%).

Импорт представлен преимущественно машинами и оборудованием (44%), химической продукцией и металлами. Географическая структура грузопотоков характеризуется доминированием Китая как ключевого торгового партнера.

Значительный рост контейнерных перевозок наблюдается в Костанайской области, что связано с развитием аграрного и промышленного производства. Увеличение объемов экспорта зерна подтверждает тенденцию роста транспортной активности региона.

Вместе с тем, выявлены ограничения, связанные с недостаточной пропускной способностью инфраструктуры и дефицитом контейнерного парка, что снижает эффективность логистических операций.

Несмотря на положительную динамику, развитие контейнерных перевозок сопровождается рядом системных проблем:

- ограниченная инфраструктура (только около 18% станций способны обрабатывать контейнеры);
- высокая стоимость контейнерных перевозок (в 2,5 раза выше по сравнению с традиционными);
- дисбаланс контейнерных потоков;
- снижение объемов внутренних перевозок (-12%).

Указанные факторы ограничивают дальнейшее расширение контейнеризации и требуют комплексных решений на уровне транспортной политики.

В стратегических планах Республики Казахстан до 2029 года предусмотрено развитие транспортно-логистической инфраструктуры, включая модернизацию железнодорожных линий и пограничных переходов. Ожидается дальнейший рост контейнерных перевозок, обусловленный усилением транзитной функции страны и интеграцией в глобальные логистические цепочки.

Таким образом, контейнерные железнодорожные перевозки в Республике Казахстан демонстрируют устойчивую положительную динамику и играют ключевую роль в развитии транзитного потенциала страны. Реализация намеченных стратегических инициатив позволит Казахстану укрепить позиции важнейшего транспортно-логистического узла Евразии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бюро национальной статистики Республики Казахстан. Транспорт и связь: статистические данные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/>
2. «Қазақстан теміржолшысы». Контейнерные перевозки в Казахстане: аналитические материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://railways.kz/>
3. АО «НК «Қазақстан темір жолы». Годовой отчет за 2025 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://railways.kz/>
4. Rail-news.kz. Объем контейнерных перевозок в Казахстане за 2025 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rail-news.kz/>

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СТАНЦИИ «РАСПОРЯДИТЕЛЬНАЯ»

Прогнозирование работы железнодорожной станции выполнено для
железнодорожной станции «Распорядительная» КПТУ АО «Qarmet»

Показатели работы станции приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Показатели работы станции за период с 2021 по 2025 год

Наименование показателей	Год эксплуатации				
	20	20	202	20	20
Погрузка (ваг/год)	18	19	195	21	21
Выгрузка (ваг/год)	12	13	148	16	17
Вагонооборот	30	33	343	37	39
Простой местного вагона (час)	24,67	27,42	30,47	31,6	41,36
Простой вагона под 1 грузовой операцией (час)	31,81	35,34	39,27	40,36	42,47

Рассматривая результаты анализа эксплуатационных показателей работы станции, особое значение имеет прогнозирование их значений на перспективу.

Прогнозные значения объемов работы позволят определить перспективы развития станции, направленные на соответствие прогнозных показателей техническим возможностям станции.

Прогнозирование показателей осуществляется следующим образом:

- по фактическим показателям необходимо произвести аппроксимацию этих данных;
- после аппроксимации данных, могут быть получены аналитические эмпирические зависимости;
- по полученным эмпирическим зависимостям возможно рассчитать значения этих показателей на перспективу.

Аппроксимацию данных производится по методу наименьших квадратов, основа которого заключается в следующем:

По виду графика функции фактически наблюдаемых значений показателя выдвигается гипотеза о типе аппроксимирующей функции.

В простейшем случае это линейная функция вида:

$$y=a+b*x \quad (1)$$

где: x, y - значения аргумента и функции;

a, b - параметры аппроксимирующей функции.

Для расчета параметров аппроксимирующей функции. определяется сумма квадратов отклонений теоретических значений функции от эмпирических в аналитическом виде, в зависимости от параметров a и b аппроксимирующей функции.

Для определения минимума суммы квадратов отклонений необходимо вычислить частные производные суммы квадратов отклонений от параметров аппроксимирующей функции a и b . Прравняя значения частных производных к нулю, мы получим систему двух линейных уравнений, решая которую, можно получить формулы для расчета параметров a и b :

$$a=(M_{xy}-M_x*M_y)/(M_{x2}-M_x^2) \quad (2)$$

$$b=(M_{x2}*M_y-M_x*M_{xy})/(M_{x2}-M_x^2) \quad (3)$$

Значения формул (2) и (3) определены следующими соотношениями:

$$M_x=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

$$M_y=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n y_i \quad (5)$$

$$M_{xy}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n x_i * y_i \quad (6)$$

$$M_{x2}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (7)$$

где: x_i, y_i - эмпирические значения аргумента и функции; n - количество измерений (наблюдений).

Построение графиков функций основных показателей работы станции, позволяет предположить, что аппроксимирующей функцией может являться экспоненциальная зависимость вида:

$$y=a*e^{bx} \quad (8)$$

Применяя логарифмическую функцию к выражению (8) получаем:

$$\ln y=\ln a+bx \quad (9)$$

Решение данной задачи наиболее удобно выполнить в программном обеспечении Mathcad [1].

Результаты аппроксимации и прогнозирования вагонооборота и простоя местного вагона представлены на Рисунке 1 и Рисунке 2.

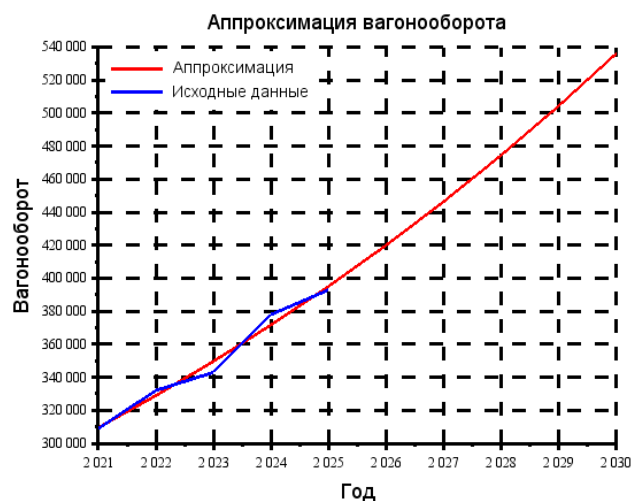


Рисунок 1 - Прогноз вагонооборота станции «Распорядительная»

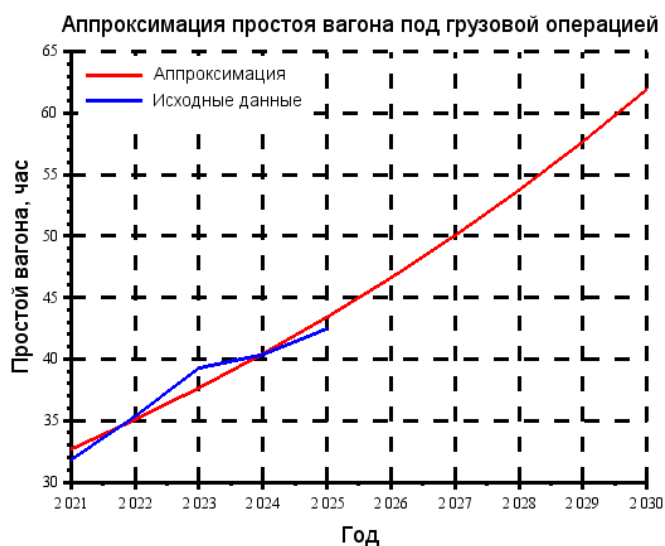


Рисунок 2 - Прогноз простоя вагона под грузовыми операциями

Прогнозирование эксплуатационных показателей работы позволяет разрабатывать мероприятия по реконструкции железнодорожной станции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Программное обеспечение Mathcad Prime 6.0 <https://www.mathcad.com/ru>.

ЛОГИСТИКАДАҒЫ РОБОТТАНДЫРУ ЖӘНЕ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ РӨЛІ

Бүгінгі таңда цифрландыру құралдары экономиканың көптеген салаларын қамтып отыр. Осыған байланысты салалардың даму қарқыны артып, жаңа технологиялар мен инновациялар бұл өсімді қамтамасыз ететін негізгі құралдардың бірі ретінде қарастырылуда. Жеткізу, тарату, сақтау, жеткізушілермен және тұтынушылармен өзара әрекеттесу сияқты көптеген қызмет түрлерін қамтитын логистика саласы инновацияларды енгізу арқылы үздіксіз дамып келеді.

Австриялық экономист Йозеф Алоис Шумпетер XX ғасырдың басында алғашқылардың бірі болып инновациялардың экономикалық дамудағы маңызын атап өткен. Ол тауарларды, технологияларды және қызметтерді жаңарту кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттыратын негізгі факторлардың бірі екенін көрсетіп, кәсіпкерлерге осы бағытқа ерекше назар аудару қажет екенін айтқан.

Шумпетердің бұл тұжырымдамасы инновациялық дамудың бес негізгі жағдайын қамтиды:

1. Тұтынушыларға бұрын белгісіз болған жаңа тауарды ойлап табу; 2. Белгілі бір салада бұрын қолданылмаған жаңа өндіріс әдісін енгізу (бұл жерде ғылыми жаңалықтың болуы міндетті емес); 3. Бұрын пайдаланылмаған жаңа нарықты игеру (нарықтың мүлде жаңа болуы шарт емес); 4. Өндіріс факторларының жаңа көздерін табу; 5. Салада жаңа ұйымдық құрылымның немесе кәсіпорын түрінің пайда болуы.

Инновация бағыты	Сипаттамасы	Мысалдар
Логистикалық инновациялар	Логистикалық процестерді оптимизациялауға бағытталған жаңа әдістер	жеткізуді автоматты бақылау жүйелері
Көліктік инновациялар	Жүк тасымалдау тиімділігін арттыратын технологиялар	GPS бақылау, интеллектуалды көлік жүйелері
Қоймалық инновациялар	Қоймадағы операцияларды автоматтандыру	WMS жүйесі, RFID белгішелері, роботтар
IT-инновациялар	Ақпараттық технологияларды пайдалану арқылы процестерді басқару	онлайн мониторинг, Big Data, бұлттық жүйелер

Кесте 1 - Логистикадағы инновациялар түрлері

Зерттеудің теориялық негізін логистикалық қызметтің инновациялық аспектілерін қалыптастыру және дамыту мәселелерін қарастырған шетелдік және отандық ғалымдардың ғылыми еңбектері құрайды.

Зерттеудің ақпараттық базасы ретінде аналитикалық материалдар, мемлекеттік бағдарламалар, статистикалық мәліметтер, ресми дереккөздер және мерзімді ғылыми басылымдар пайдаланылды.

Зерттеу барысында себеп-салдарлық байланыстарды анықтауға және зерттеу нәтижелерін жүйелеуге мүмкіндік беретін салыстырмалы талдау әдісі қолданылды. Жасалған қорытындылар ғылыми тұрғыда мойындалған әдістерді пайдалану арқылы алынған объективті және сенімді мәліметтерге негізделді. Сонымен қатар, зерттеу тақырыбының қалыптасу тарихын талдау мәселені жаңа қырынан қарастыруға ықпал ететін қосымша факторларды айқындауға мүмкіндік берді.

Ғылыми-техникалық прогрестің қарқынды дамуы бизнес-процестердің цифрлануына және инновациялық өзгерістердің кеңінен енгізілуіне ықпал етті. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әрбір мемлекеттің өзіндік инновациялық даму моделі қалыптасады. Бұл барлық елдерге бірдей қолдануға болатын әмбебап үлгінің жоқтығымен түсіндіріледі, себебі инновациялық даму әлеуметтік, экономикалық, демографиялық және басқа да факторларға тәуелді.

Әр мемлекет инновациялық қызмет тізбегінде түрлі рөл атқара алады. Мысалы, кейбір елдер жаңа идеяларды қалыптастырушы ретінде әрекет етсе, басқалары инновациялық өнімдерді әзірлеуге қатысушы немесе оларды тұтынушы ретінде қызмет етеді.

Инновациялық логистикалық жүйелер тауар қозғалысын ұйымдастыру процесімен тікелей байланысты және осы процестің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Мұндай жүйелер жеткізу тізбегіндегі операцияларды тиімді ұйымдастыруға, ресурстарды оңтайлы пайдалануға және логистикалық қызметтің сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Жіктеу белгісі	Жіктеу белгісі
Логистика салалары бойынша	- сатып алу логистикасы; - қоймалық шаруашылық; - көлік шаруашылығы; - қорларды басқару; - жеткізу қызметі салаларындағы инновациялар.
Тауар қозғалысы топтары бойынша	- функционалдық логистикалық тізбек; - микрологистикалық тізбек; - макрологистикалық тізбекте жүзеге асырылатын
Қамтылу аймағы бойынша	- жергілікті; - салалық; - салааралық; - жалпы жүйелік.
Қолдану деңгейі бойынша	- операциялық; - процедуралық; - функционалды
Бизнес-процесс түрі бойынша	- технологиялық; - ұйымдастырушылық; - басқарушылық

Кесте -2. Логистикалық инновациялардың жіктелуі.

Қазіргі уақытта бұл бағытта бірқатар инновациялық жобалар жүзеге асырылуда. Соның бірі – қалалық инфрақұрылымды тиімді басқаруға бағытталған Smart City жобасы. Бұл жоба қалалық көлік ағындарын реттеу мен қалалық логистиканы оңтайландырудың маңызды элементтерінің бірі болып табылады.

Роботтандыру технологиялары логистика саласында, әсіресе қоймалық логистикада кеңінен қолданыс табуда. Қоймаларда роботтарды

пайдалану тауарларды түсіру, сұрыптау, қаптау және тиеу сияқты операцияларды жылдам әрі дәл орындауға мүмкіндік береді.

Қойма қорларын басқару процесін оңтайландыруда Robotic Process Automation технологияларының маңызы зор. Бұл жүйе тапсырыс түскен сәтте тауардың қоймада бар-жоғын автоматты түрде анықтап, оның ұяшықтар мен паллеттердегі нақты орналасуын белгілейді және қаптама аймағына дейін жеткізу процесін автоматтандырады.

Мысалы, Amazon компаниясының Amazon Robotics жүйесінде бір операциялық цикл шамамен 15 минутты құрайды, ал осыған ұқсас жұмысты адамның орындауы 60–75 минутқа дейін созылады. Бұл өз кезегінде операциялық шығындарды шамамен 20%-ға дейін қысқартуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, роботтандыру кәсіпорындар үшін қымбат инновациялық шешімдердің бірі болып табылады. Оларды енгізу және қызмет көрсету айтарлықтай қаржылық шығындарды талап етеді, сондай-ақ роботтық жүйелермен жұмыс істей алатын білікті мамандардың болуы қажет.

Логистика саласындағы тағы бір маңызды инновациялық бағыт – Blockchain технологиясын қолдану. Блокчейн – белгілі бір ережелер негізінде байланысқан деректер блоктарының үздіксіз тізбегі болып табылатын ақпаратты сақтау жүйесі. Қазіргі уақытта бұл технология кеңінен таралғанымен, логистика саласында ол инновациялық шешімдердің бірі ретінде қарастырылуда. Блокчейн технологиясын пайдалану логистикалық тізбектегі ақпараттың ашықтығын арттырып, деректердің қауіпсіз сақталуын қамтамасыз етеді және жеткізу процесін бақылауды тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Қорыта айтқанда, цифрлық және инновациялық технологияларды енгізу логистика саласының тиімділігін арттырып, тауарларды сақтау, өңдеу және жеткізу процестерін жылдам әрі сапалы ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Роботтандыру, автоматтандыру және блокчейн сияқты технологиялар логистикалық жүйелердің бәсекеге қабілеттілігін күшейтіп, операциялық шығындарды азайтуға ықпал етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Чугреева А. А., Шепелин Г. И. Инновационные технологии в логистике как фактор повышения эффективности работы отечественных предприятий // Актуальные исследования. – 2020. – №11 (14). – С.50-53.
2. Головкова И.А., Киселица Е.П. Инновационная логистическая стратегия как эффективный инструмент оптимизации бизнес-процессов предприятия // Креативная экономика. – 2016. – Т.10. – №4. – С.379–394. doi: 10.18334/ce.10.4.35059
3. Апанасович Н.В., Зеньчук Н.Ф. Систематизация опыта инновационного развития различных стран на основе логистического подхода // Бизнес. Образование. Экономика : Междунар. науч.- практ. конф., Минск, 7–8 апр. 2022 г. : сб. ст. / редкол.: В. В. Манкевич [и др.]. – Минск : Институт бизнеса БГУ, 2022. – С. 483-487.
4. Logistics Performance Index [Electronic resource]. – 2018. – URL: <https://lpi.worldbank.org/> (accessed 17.04.2023).
5. Global Innovation Index 2022 Report: Kazakhstan [Electronic resource]. – 2022. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_2000_2022/kz.pdf (accessed 17.04.2023).

ЦИФРОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В условиях интенсивного развития железнодорожной отрасли возрастает потребность в совершенствовании технических средств регулирования движения поездов. Значительная часть станционного оборудования продолжает функционировать на основе релейной электрической централизации, которая исторически зарекомендовала себя как надежная система. Однако высокая материалоемкость, сложность электрических схем и значительные затраты на эксплуатацию ограничивают возможности дальнейшего развития таких решений.

Одним из перспективных направлений модернизации является перенос функций релейной логики в программную среду с использованием программируемых логических контроллеров. Применение ПЛК позволяет реализовать алгоритмы маршрутных зависимостей в цифровой форме, обеспечить оперативную диагностику и упростить процесс внесения изменений в систему управления. Такой подход создает предпосылки для формирования более адаптивной и технологичной инфраструктуры железнодорожной автоматики.

Цель работы заключается в разработке концепции замещения схемы наборной группы релейной системы электрической централизации программно-аппаратным решением на базе ПЛК с сохранением требований безопасности и функциональной полноты.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать функциональные особенности наборной группы структуре релейной системы электрической централизации;
- разработать алгоритмическую модель реализации маршрутных зависимостей в программной среде;
- сформировать структуру взаимодействия программируемого логического контроллера с исполнительными устройствами станции;
- определить принципы интеграции системы визуализации и диагностики.

Научная новизна работы состоит в разработке цифровой модели реализации функций наборной группы, обеспечивающей эквивалентность традиционной релейной логике при использовании современных средств автоматизации.

Разработанное решение позволяет централизовать обработку логических операций, организовать автоматическую регистрацию состояний оборудования и повысить управляемость системы.

Предлагаемый подход снижает зависимость от аппаратных соединений и формирует основу для дальнейшей цифровой трансформации устройств железнодорожной автоматики.

Переход от традиционной релейной схемы электрической централизации к системе автоматизированного управления на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) Siemens требует изменения как архитектурной модели системы, так и её функциональной структуры. В обновлённой системе основная логика управления реализуется не за счет физических релейных элементов, а в программном виде — через алгоритмы, разработанные в среде TIA Portal. Такая система объединяет различные функциональные узлы, обеспечивая централизованное управление стрелками, светофорами, рельсовыми цепями и устройствами контроля состояния инфраструктуры.

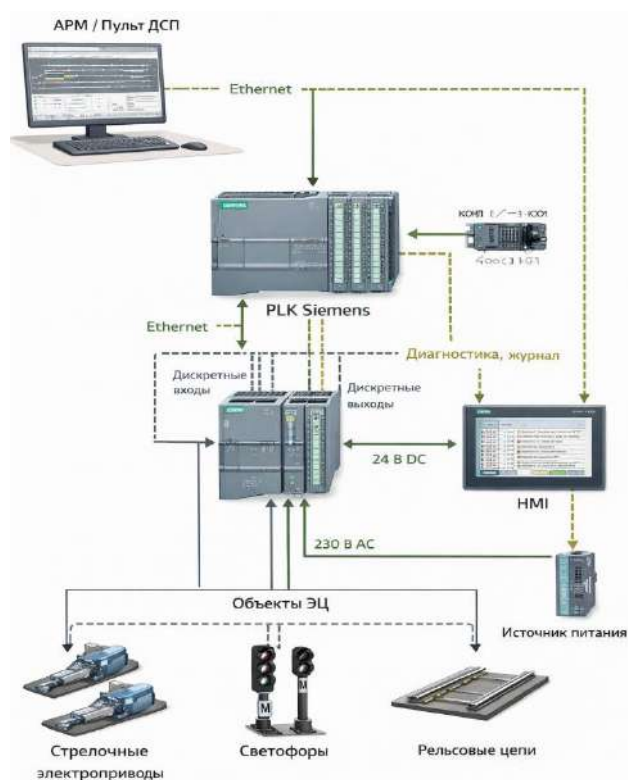


Рисунок 1 – Структура обновлённой системы управления

Функциональная схема маршрутной логики в системе на базе ПЛК Siemens представляет собой структурированное описание последовательности операций, условий и взаимных зависимостей, необходимых для установки, контроля и сопровождения маршрута. В отличие от традиционных релейных схем, где структура определялась физическим расположением электромагнитных реле, схема в программируемой среде создаётся как логическая модель, ориентированная

на обработку входных сигналов, принятие решений и формирование управляющих воздействий.

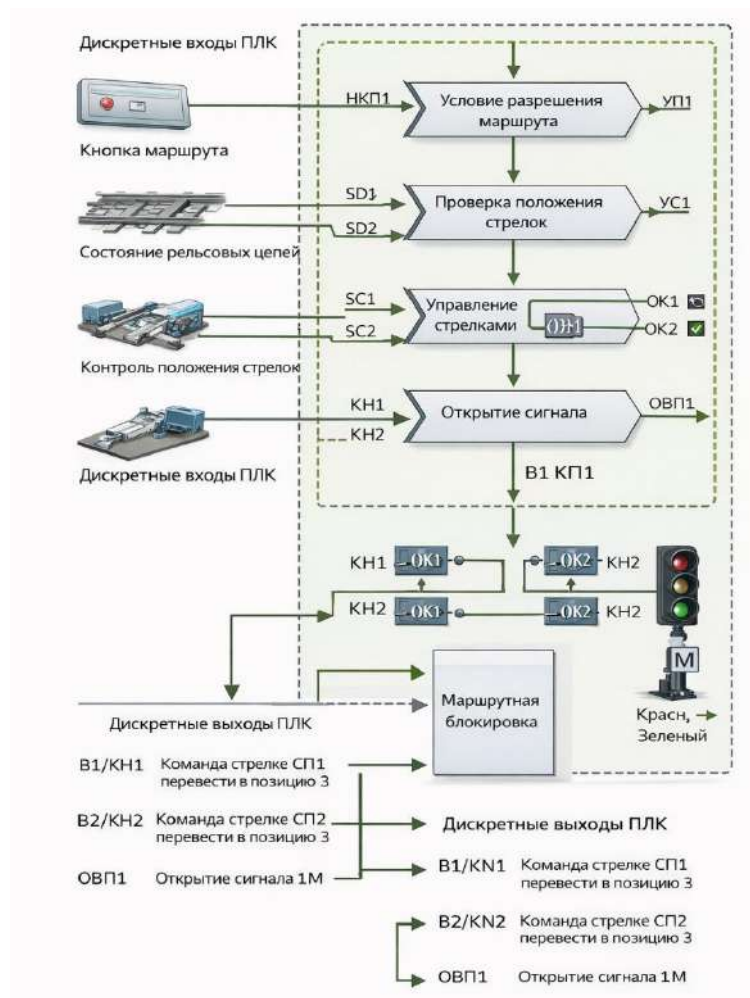


Рисунок 2 – Функциональная схема маршрутной логики

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- 1) Гаврилов А.Н., Козлов В.В. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 2018. – 432 с.
- 2) Иванов С.П., Лапшин Д.И. Электрическая централизация стрелок и сигналов на железных дорогах. – М.: Маршрут, 2017. – 368 с.
- 3) Петров А.Г., Смирнов Н.В. Микропроцессорные системы железнодорожной автоматики. – СПб.: ПГУПС, 2020. – 295 с.
- 4) Siemens AG. SIMATIC S7-1500 Automation System. System Manual. – Nuremberg: Siemens AG, 2022. – 890 p.
- 5) IEC 61131-3:2013. Programmable Controllers – Part 3: Programming Languages. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2013.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛОГИСТИКЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Введение. Искусственный интеллект в логистике рассматривается как ключевой элемент цифровой трансформации, обеспечивающий переход отрасли от традиционных методов управления к новым, автономным моделям функционирования. Искусственный интеллект определяется как совокупность методов и алгоритмов, позволяющих компьютерным системам выполнять задачи, ранее доступные только человеку: обучение, прогнозирование, распознавание образов, принятие решений и обработка языка[5].

Цель настоящей работы – анализ современного состояния внедрения искусственного интеллекта в логистические процессы, выявление ключевых технологических направлений его применения, оценка существующих ограничений и определение перспектив дальнейшего развития ИИ в логистике.

1. Ключевые технологии в развитие логистики. К ключевым технологиям, определяющим развитие логистики, относятся машинное обучение, нейросети, компьютерное зрение, обработка естественного языка и генеративные модели. Машинное обучение обеспечивает повышение точности прогнозирования спроса и оптимизацию запасов. Компьютерное зрение применяется для автоматизации складских операций, контроля качества и отслеживания перемещения грузов. Технологии обработки естественного языка используются для обработки документов, автоматизации коммуникаций и повышения качества клиентского сервиса. Генеративные модели открывают возможности для создания цифровых двойников, моделирования логистических сценариев и повышения устойчивости цепей поставок к внешним рискам[3].

2. Современное состояние применения ИИ в логистике. Современное состояние внедрения искусственного интеллекта в логистике характеризуется быстрым ростом масштабов использования. ИИ уже стал ключевым инструментом повышения эффективности цепей поставок, позволяя компаниям сокращать операционные издержки, повышать точность прогнозирования и ускорять обработку данных в реальном времени. Наиболее активно он применяется в складской логистике, где используются автономные мобильные роботы и алгоритмы оптимизации размещения товаров. Эти технологии обеспечивают повышение

производительности и снижение количества ошибок при выполнении операций[2].

В транспортной логистике искусственный интеллект используется для планирования маршрутов, обслуживания транспортных средств и анализа дорожной обстановки. Алгоритмы машинного обучения позволяют учитывать динамические факторы, такие как погодные условия, загруженность дорог и изменения спроса, что повышает точность планирования и снижает вероятность задержек. В управлении цепями поставок ИИ применяется для прогнозирования спроса, оптимизации запасов и оценки рисков. Современные исследования показывают, что использование искусственного интеллекта позволяет компаниям повышать устойчивость цепей поставок и быстрее реагировать на внешние колебания[4].

3. Мировые практики внедрения ИИ крупными компаниями. Мировые тенденции внедрения искусственного интеллекта в логистику демонстрируют устойчивый переход отрасли к высокоавтоматизированным моделям управления цепями поставок. Интеграция ИИ в операционные процессы в режиме реального времени позволяет компаниям повышать прозрачность цепей поставок, снижать операционные риски и ускорять принятие решений. Наиболее активно искусственный интеллект внедряется в странах Северной Америки, Европы и Восточной Азии, где сформированы развитые цифровые экосистемы и высокий уровень автоматизации логистической инфраструктуры[1].

На примере российского рынка крупные маркетплейсы Wildberries и Ozon используют искусственный интеллект как основу для прогнозирования спроса и оптимизации складских операций, что позволяет им поддерживать высокую скорость обработки заказов при минимальных запасах.

4. Проблемы и ограничения внедрения ИИ. Несмотря на значительный потенциал искусственного интеллекта, его внедрение в логистические процессы сталкивается с рядом системных ограничений. Одной из ключевых проблем является недостаточная доступность качественных данных. Многие компании обладают устаревшими или фрагментированными данными, что снижает точность алгоритмов машинного обучения и ограничивает возможности предиктивной аналитики. Кроме того, интеграция ИИ требует модернизации инфраструктуры, что особенно сложно для предприятий с устаревшими системами управления складом и транспортом[5].

Существенным барьером остаётся высокая стоимость внедрения. Расходы на разработку, обучение моделей и адаптацию бизнес-процессов часто превышают первоначальные ожидания компаний. Дополнительные сложности создаёт дефицит квалифицированных специалистов, способных разрабатывать и сопровождать ИИ-решения[3].

Важным ограничением является и вопрос кибербезопасности. Рост объёма данных и подключённых устройств увеличивает уязвимость логистических систем к кибератакам. Внедрение искусственного интеллекта требует усиления мер защиты, поскольку интеллектуальные системы могут стать объектом манипуляций или подмены данных.

5. Перспективы развития ИИ в логистике. Перспективы развития искусственного интеллекта в логистике связаны с переходом отрасли к полностью автономным, адаптивным и устойчивым цепям поставок. В ближайшие годы ключевым направлением станет широкое внедрение автономных логистических систем — роботизированных складов, беспилотного транспорта и интеллектуальных центров распределения, способных самостоятельно принимать решения на основе анализа больших данных. Развитие технологий глубокого обучения и генеративных моделей позволит создавать цифровые двойники логистических процессов, что существенно повысит точность планирования и снизит риски, связанные с неопределённостью внешней среды[4].

Особое внимание уделяется развитию модели Logistics 5.0, в которой искусственный интеллект используется не для замены персонала, а для повышения эффективности совместной работы человека и автономных систем. Это предполагает создание интеллектуальных интерфейсов, систем поддержки принятия решений и адаптивной рабочей среды. Кроме того, растёт значение экологически ориентированных решений: ИИ применяется для оптимизации энергопотребления, снижения выбросов и формирования устойчивых логистических стратегий[5].

Заключение. Искусственный интеллект становится фундаментальным элементом развития современной логистики. Он обеспечивает переход к автономным моделям управления, повышает устойчивость цепей поставок и создаёт новые возможности для оптимизации процессов. Несмотря на существующие ограничения, технологические и организационные тенденции свидетельствуют о том, что искусственный интеллект будет играть ключевую роль в формировании логистики будущего — гибкой, устойчивой и высокоэффективной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Алимбаев, А. А. Цифровая экономика: особенности формирования и тенденции развития / А. А. Алимбаев, Б. С. Битенова // Экономика: стратегия и практика. – 2019. – Т. 14. – № 1(49). – С. 57–69.
2. Еремина, Л. В. Повышение эффективности логистического планирования за счет использования искусственного интеллекта / Л. В. Еремина, А. Ю. Мамоёко, А. С. Папикян // Техника. Технологии. Инженерия. – 2019. – № 4(14). – С. 1–7. 565 3.
3. Использование цифровых технологий в логистике / В. В. Негреева, А. А. Замятина, Д. К. Шпакович, А. Д. Шаронова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2020. – № 2. – С. 94–102.
4. Карпова, Н. П. Логистические инновации: сущность, виды и способы финансирования / Н. П. Карпова, Т. Е. Евтодиева // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – Т. 10, № 7. – С. 2063–2072.
5. Никишов, С. И. Адаптивно-интегрированная логистика и искусственный интеллект / С. И. Никишов. – М. : «Белый ветер», 2021. – 216 с. 6.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ НА ОСНОВЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В современных условиях устойчивость перевозочного процесса во многом определяется качеством организации технического обслуживания локомотивов. При недостаточно рациональной системе проведения ТО-2 возрастают резервные пробеги, увеличиваются простои в пунктах оборота и депо, нарушается равномерность использования локомотивного парка, а скрытые эксплуатационные затраты становятся сопоставимыми с прямыми расходами на обслуживание. Для предприятий железнодорожного транспорта актуальной является задача перехода от регламентного подхода, основанного только на периодичности осмотров, к более гибкой системе, учитывающей фактический пробег локомотива, условия его работы и влияние простоев на общий результат перевозок.

Целью исследования является оценка влияния оптимизации технического обслуживания локомотивов на показатели их использования и на суммарные эксплуатационные расходы. В основу статьи положены данные, собранные за период с 1 марта 2024 года по 1 марта 2025 года по электровозам, работающим на электрифицированных участках АО «Узбекистан темир йуллари». Особое внимание уделено участку Коканд – Маргилан и работе пункта оборота «Ангрен», где локомотивы проходят ТО-2 и затем повторно включаются в поездную работу. Анализ выполнен на материале фактических межремонтных пробегов, затрат на один цикл ТО-2 и результатов моделирования простоев локомотивов и поездных составов в пункте оборота.

Установлено, что для локомотивов, обслуживающих направление Коканд – Маргилан, прохождение ТО-2 связано с дополнительным резервным пробегом до депо Коканд, расположенного примерно в 35 км от станции Маргилан. При средней скорости движения 60 км/ч один перегон в резерве занимает около 40 минут, а двустороннее следование – 80 минут, или 1,34 часа. С учетом того, что само выполнение ТО-2 продолжается в среднем 2,5-3,0 часа, суммарные временные потери на один цикл технического обслуживания достигают 4,5-5,0 часа. При высокой интенсивности эксплуатации такой режим приводит к срыву ритмичности оборота и необходимости держать дополнительные резервы тяги.

Структура затрат на одно проведение ТО-2 включает оплату труда персонала, материалы и запасные части, энергетические расходы,

амортизацию оборудования и потери, вызванные простоем локомотива. В стоимостном выражении это можно представить зависимостью [1-3 и др.]:

$$E_{\text{ТО-2}} = C_{\text{зн}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{эн}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}, \text{ млн. сум} \quad (1)$$

где $C_{\text{зн}}$ – затраты на оплату труда персонала, выполняющего техническое обслуживание, сум; $C_{\text{мат}}$ – затраты на материалы, запасные части, смазочные и расходные элементы, сум; $C_{\text{эн}}$ – затраты на электроэнергию и другие виды энергетических ресурсов, используемых при выполнении ТО-2, сум; $C_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления на оборудование, инструменты и производственные средства, применяемые в процессе технического обслуживания, сум; $C_{\text{пр}}$ – затраты, связанные с простоем локомотива в период проведения технического обслуживания, сум.

По расчетам, средняя стоимость одного цикла ТО-2 составляет около 8 млн сумов. Из них 2,4-3,2 млн. сумов приходится на оплату труда работников, 2,0-2,8 млн. сумов – на материалы и запасные части, 0,4-0,8 млн. сумов – на электроэнергию и работу диагностического оборудования, 0,8-1,2 млн. сумов – на амортизационные отчисления, а еще 1,2-2,0 млн. сумов образуют потери от простоя и недополученной транспортной работы. Следовательно, экономический эффект может быть получен не только за счет сокращения прямых ремонтных затрат, но и за счет уменьшения времени нахождения локомотива вне перевозочного процесса.

Это означает, что традиционная схема назначения ТО-2 по жесткому временному интервалу не всегда обеспечивает наилучший результат. Более рациональным является подход, при котором момент направления локомотива на обслуживание согласуется с фактическим пробегом между осмотрами и с положением локомотива в графике оборота.

Анализ межремонтных пробегов электровоза «Узбекистан» показал, что в течение первого месяца наблюдений локомотив семь раз проходил ТО-2, а величина пробега между обслуживаниями изменялась от 1499,7 до 1729,9 км. Расчеты по предлагаемому варианту показали наличие дополнительного резерва пробега по каждому циклу: 612, 580, 701, 561, 471, 475 и 664 км соответственно. Совокупно это дает 4063 км дополнительного пробега без ухудшения технической надежности, что позволяет сократить число заходов на ТО-2 на два за месяц. При средней стоимости одного обслуживания экономия за первый месяц составляет около 16 млн. сумов.

Во втором месяце наблюдений локомотив прошел шесть циклов ТО-2, а межремонтный пробег достигал 2005 км. Для этого периода резерв увеличения пробега составил 430, 338, 330, 195, 400 и 361 км, то есть суммарно 2054 км. Такой результат обеспечивает сокращение числа заходов на обслуживание с шести до пяти раз в месяц и дополнительно уменьшает расходы еще на 8 млн. сумов. В годовом выражении суммарный ожидаемый эффект по рассматриваемому локомотиву оценивается примерно в 160 млн.

сумов, что подтверждает целесообразность перехода к оптимизированной системе назначения ТО-2.

Дополнительный эффект выявлен при моделировании работы пункта оборота «Ангрен» для 30 пар поездов (табл. 1). В исходном варианте локомотивы направлялись на ТО-2 через фиксированные четыре суток обращения. Во втором варианте условие назначения ТО-2 было увязано с фактически пройденным расстоянием. Благодаря этому удалось уменьшить продолжительность нахождения локомотивов и составов в пункте оборота.

Таблица 1

Результаты моделирования простоев и затрат в пункте оборота «Ангрен»

Вариант	Простой локомотива	Ожидание состава	Затраты локомотиво-часов, сум	Затраты вагон-часов, сум	Общие затраты, сум
i	17 ч 30 мин	44 ч 40 мин	2 466 835	2 694 762	5 161 597
$i+1$	14 ч 48 мин	35 ч 20 мин	2 086 237	2 131 317	4 217 554

Экономическая оценка вариантов может быть представлена следующим выражением:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta T_{\text{л}} \cdot e_{\text{л-ч}} + \Delta T_{\text{в}} \cdot e_{\text{в-ч}} \cdot m, \text{ млн. сум.} \quad (2)$$

где $\Delta T_{\text{л}}$, $\Delta T_{\text{в}}$ – величина сокращения времени нахождения локомотива и вагонов в простое соответственно, мин; $e_{\text{л-ч}}$, $e_{\text{в-ч}}$ – расходная ставка одного локомотиво-часа (сум/локомотиво-часа) и вагоно-часа (сум/вагоно-часа) соответственно;

m – число вагонов в составе.

Из табл. 1 видно, что оптимизированный вариант обеспечивает снижение общих расходов на 944 043 сума за рассматриваемый цикл. В относительном выражении это соответствует сокращению затрат примерно на 18,3%. Особенно важно, что данный эффект достигается без увеличения числа локомотивов и без изменения графика движения, исключительно за счет более рационального назначения технического обслуживания и уменьшения непродуктивных простоев.

Таким образом, оптимизация ТО-2 на основе фактического межремонтного пробега и согласования обслуживания с параметрами оборота локомотивов позволяет повысить эффективность использования тягового подвижного состава.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Аболмасов А.А. Управление техническим состоянием тягового подвижного состава в условиях сервисного обслуживания / Дисс. на соискание уч. степени. к.т.н. – СПб.: ПГУПС, 2017. – 180 с.
2. Валеев Н.А. Управление затратами в локомотивном комплексе железнодорожной компании: Дисс. Дисс. на соискание уч. степени. к.э.н. – М.: МГУПС. – 2016. – 132 с.
3. Малахов С.В. Оптимизация энергозатрат на тягу поездов на основе уточненного метода тяговых расчетов // Дисс. на соискание уч. степени. к.т.н. – РУТ (МИИТ), 2021. – 147 с.

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА В КЫРГЫЗСТАНЕ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Кыргызстан, как страна без выхода к морю, сталкивается с уникальными вызовами в сфере транспортной логистики. Эффективность перевозок определяет конкурентоспособность национальной экономики, доступность внешних рынков и интеграцию в международные цепочки поставок.

Автомобильный транспорт занимает лидирующие позиции из-за сложных географических и климатических условий в Кыргызской Республике. Правительство подчеркивает важность развития этого вида транспорта наряду с соответствующей инфраструктурой для обеспечения круглогодичного сообщения между всеми регионами страны и соседними странами.[2]

Дорожная сеть Кыргызстана состоит из 34 000 км дорог, в том числе 18800 км автомобильных дорог общего пользования и 15 190 км дорог городов, сел, сельскохозяйственных, промышленных и других предприятий с ограниченным доступом. Автомобильные дороги общего пользования включают:

- 4 160 км дорог международного значения
- 5 680 км дорог государственного значения
- 8 970 км дорог местного значения [1].

В условиях высокогорья и ввиду труднодоступности регионов страны, автомобильный транспорт является основным видом транспорта в Кыргызстане. Так, 95% грузовых и 97% пассажирских перевозок осуществляется автомобильным транспортом, который составляет основную часть транспортного сектора страны. По автодорожным путям сообщения можно попасть во все граничащие с Кыргызстаном государства (Узбекистан, Таджикистан, Казахстан, Китай).

Основными международными автотранспортными (транзитными) коридорами, которые используют кыргызские автоперевозчики, являются автодороги [2]:

1. Бишкек - Нарын – Торугарт – граница с КНР;
2. Бишкек – Алматы;
3. Ош – Сары Таш – Иркештам – граница с КНР;
4. Граница с Таджикистаном - Карамык – Сары-Таш – Иркештам – граница с КНР;
5. Бишкек – Ош - Андижан;
6. Бишкек – Чалдовар – граница с Казастаном;

7. Суусамыр – Талас – Тараз;
8. Ош - Исфана – граница с Таджикистаном;
9. Балыкчы – Чолпон – Ата – Тюп – Кеген – граница с Казахстаном.

Анализ грузооборота показал, что с начала 2020 гг. после пандемии как объем перевозок, так и общий грузооборот всех видов транспорта стал резко падать. Наибольший объем грузооборота приходится на автомобильный транспорт. В 2023 г. – 56,8%, а в 2024 г. – 57,7% от общего грузооборота. Динамика показывает постоянное снижение доли грузооборота автомобильного транспорта.

Транспортная логистика в Кыргызской Республике играет ключевую роль в обеспечении устойчивого экономического развития и интеграции страны в международные торговые цепочки. Однако географическое положение государства, отсутствие выхода к морю и ограниченные ресурсы создают ряд системных вызовов, которые препятствуют эффективному функционированию транспортной отрасли.

Наиболее значимые проблемы приведены в следующей таблице:

Таблица 1. Основные вызовы транспортной логистики Кыргызстана

Проблема	Последствия для бизнеса	Возможные решения
Задержки на границах	Рост затрат, снижение скорости доставки	Автоматизация контроля, цифровые очереди
Недостаток инфраструктуры	Ограничение экспорта и транзита	Инвестиции в логистические хабы
Высокие тарифы ж/д	Снижение конкурентоспособности	Субсидии, модернизация вагонов
Ограниченность авиации	Низкая доступность для экспорта	Развитие карго авиации
Недостаток цифровизации	Непрозрачность процессов	Внедрение блокчейн решений

В то же время каждый вызов открывает направление для развития:

- задержки на границах могут быть преодолены через внедрение цифровых систем контроля и автоматизацию таможенных процедур.
- недостаток инфраструктуры требует создания современных логистических хабов и мультимодальных терминалов.
- высокие тарифы железнодорожного транспорта стимулируют необходимость модернизации вагонного парка и внедрения гибкой тарифной политики.
- доминирование автомобильного транспорта указывает на приоритет модернизации дорожной сети и развития мультимодальных перевозок.
- ограниченные возможности авиации подталкивают к развитию карго-авиации и специализированных терминалов.
- недостаточная цифровизация должна быть компенсирована масштабным внедрением систем e-Permit и инновационных ИТ-решений.

В итоге, транспортная логистика Кыргызстана находится на этапе, когда решение накопленных проблем может стать основой для стратегического развития. Системное сочетание модернизации инфраструктуры, цифровизации и привлечения инвестиций позволит превратить вызовы в возможности и укрепить позиции страны в международной торговле.

Таблица 2. Ключевые направления развития транспортной логистики

Направление	Практические шаги	Ожидаемый эффект
Мультимодальные перевозки	Интеграция авто и ж/д транспорта	Снижение затрат, ускорение доставки
Логистические хабы	Создание центров в Бишкеке и Оше	Перераспределение потоков, рост экспорта
Цифровизация	Масштабирование e Permit, внедрение ИТ	Прозрачность, сокращение времени
ГЧП	Привлечение инвестиций в инфраструктуру	Ускорение модернизации
Карго авиация	Развитие специализированных терминалов	Доступ к новым рынкам

Кыргызстану необходимо ускорить модернизацию транспортной логистики, чтобы повысить конкурентоспособность и интеграцию в международные цепочки поставок. Решение проблем инфраструктуры, внедрение цифровых технологий и развитие мультимодальных перевозок станут ключом к устойчивому росту экономики и расширению экспортных возможностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Топалиди В.А., Советбеков Б.С., Фатхуллаев С.А. Управление логистическими центрами: сборник ТАДИ. Ташкент, 2014
2. Советбеков Б.С. С 56 Логистика и Интермодальные перевозки. Бишкек: КРСУ, 2014. 112 с. сайта www.centralasia-biz.com
3. www.stat.kg

Омарова Т.Ж. (Қарағанды, Ә.Сағынов ат. ҚарТУ)
Халықов Н.Д. («Қарағанды ҚТЖ Жүк тасымалы» ЖШС)

**«ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛЫ» ҰК» АҚ «ҚАРАЖАЛ» СТАНЦИЯСЫ
КІРМЕ ЖОЛДАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ
ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

Жүк пойыздарының әркелкі келуі жағдайында оларды кедергісіз қабылдау үшін, бір жағынан, қабылдау, сұрыптау және жөнелту парктеріндегі жолдардың санын көбейткен жөн, ал станция парктеріндегі вагондардың тоқтап тұруын азайту үшін - өңдеу қабілетінің резервтерін, құрылым тартымдарын, вагондарға ТҚП бригадаларын және т.б. қарастырған жөн. Осы жағдайларда пойыздарды уақтылы жөнелту үшін станцияларда - пойыз локомотивтері мен локомотив бригадаларының кейбір резервтері, ал шығу учаскелерінде өткізу қабілеттілігі резервтері болғаны жөн.

Қаражал станциясында пойыздарды қабылдау мен жөнелтуді басқару станция кезекшісінің міндеттеріне кіреді. Станцияда бір СПК жұмыс істейді.

СОБ құрылғыларының қалыпты жұмысы бұзылған кезде поезддарды қабылдау (жөнелту) бағытын дайындау үшін қажетті уақыт:

1) поезддарды қабылдау үшін:

Ақтай станциясынан I, II, 3, 4-жол - 30 минут

2) поезддарды жөнелту үшін:

Ақтай станциясына I, II, 3, 4-жол - 30 минут

Маневрлік жұмыстың тоқтатылғаны туралы хабарламаны станция бойынша кезекші № 2 стрелкалық постының кезекшісіне және бір мезгілде № 1 пост поезддарының құрастырушысына қабылдау немесе жөнелту бағытын дайындау туралы өкіммен, кейіннен әрқайсысының жеке немесе екі жақты парктік байланыс бойынша дұрыс қабылдануын бақылай отырып, поезддарды құрастырушыға береді, ал локомотив машинисіне – радиобайланыс бойынша кері тексеру міндетті. Маневрлерді тоқтату туралы өкім маневрлік радиобайланыс бойынша поездар құрастырушыға, локомотив машинисіне - поезддық радиобайланыс немесе екі жақты парктік байланыс арқылы беріледі. Станция бойынша кезекші - локомотив машинисі мен радиобайланыс бойынша поездар құрастырушының баяндамалары бойынша, ал радиобайланыс ақаулы болған жағдайда поездар құрастырушының және № 2 стрелкалық пост кезекшісінің жеке баяндамасы бойынша стрелкалық байланыс немесе екі жақты парктік байланыс бойынша маневрлік жұмыстың тоқтатылғанына көз жеткізеді. Поезды қабылдау, жөнелту маршрутынан оқшауланбайтын жолдардағы кез келген

маневрлік қозғалыстар поездың келу немесе жөнелту кезінде болжамды уақытынан 10 минут бұрын тоқтатылады.

Темір жолдардың электр оқшаулауы болмаған немесе электр оқшаулау құрылғыларының қалыпты әрекеті бұзылған кезде:

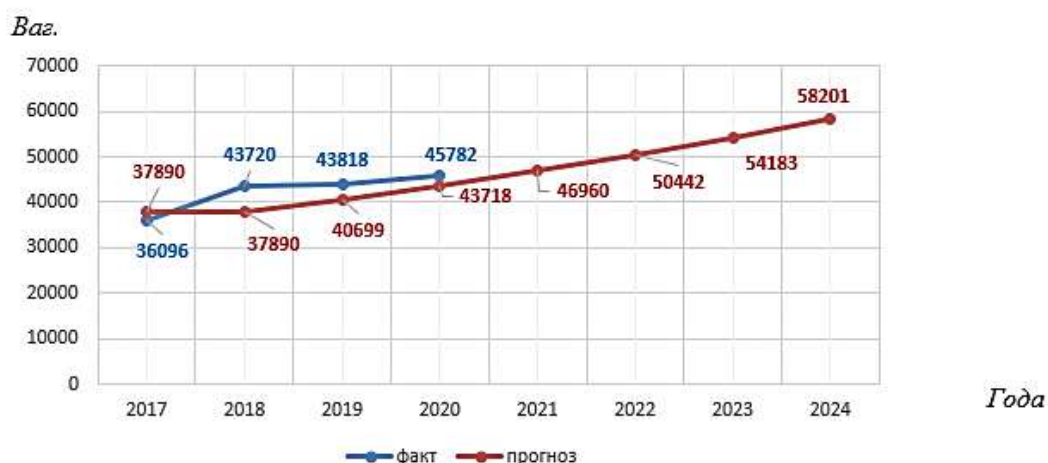
Станция бойынша кезекшінің нұсқауы бойынша тәуліктің кез келген уақытында жолдың бастығын тексеру тақ сан жақтан № 1 пост поездарын құрастырушы станциясының осіне дейін және жұп жақтан № 2 стрелкалық пост кезекшісінің станция осіне дейін өту арқылы жүзеге асырылады, одан кейін станция бойынша кезекшіге екі жақты парк байланысы бойынша немесе жеке өзі баяндайды. Станция бойынша кезекші қабылдау-жөнелту жолдарының бастығы мен бос еместігін есепке алуды ДУ-3 нысанындағы поездар мен локомотивтер қозғалысының үстел үсті журналы бойынша жүргізеді.

«Қаражал» станциясындағы маневрлік жұмысты станцияның жұп және тақ мойындығында СПК басқарады.

Поездарды құрастырушы маневрлік жұмыс кезінде нұсқауларды локомотив машинисіне беру үшін қол сигналдық аспаптарды (түнде – фонарь, күндіз - жалауша), локомотив машинисі – локомотив ысқырғышын пайдаланады.

Тартылатын жұмыскерлердің орналасқан жері мен құрамдағы вагондардың санын әрбір нақты жағдайда поездарды құрастырушы машинистке және оның көмекшісіне берілетін қол сигналдарының жақсы көрінуін қамтамасыз ете отырып айқындайды. Бір маневрлік ауданда екі және одан да көп маневрлік локомотивтердің немесе маневрлеуші локомотивтердің жұмысына жол берілмейді.

Вагон айналымының нақты мәндерінің және жуықтау функциясы мәндерінің графиктері 1-суретте көрсетілген.



1-сурет – «Қаражал» станциясының вагон айналымын жуықтау

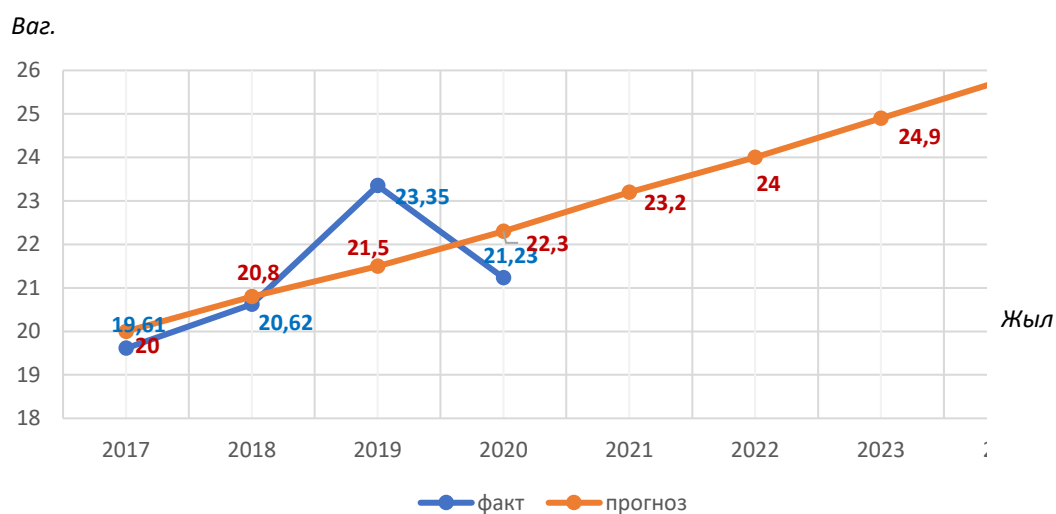
Есептік деректерді қоя отырып, жүк операциялары кезінде вагонның тоқтап тұру уақытының болжамды мәндерін анықтау үшін жуықтайтын функцияны аламыз

$$t_{\text{жү.опер.}}^{\text{ваг.}} = 20 \cdot e^{0,036 \cdot (T-2019)}$$

«Қаражал» станциясында жүк операциялары кезіндегі вагонның тоқтап тұру уақыты

р/к №	Жыл, Т	Тоқтап тұру уақыты факт, сағ.	Тоқтап тұру уақыты болжам, сағ.
1	2019	19,61	20,0
2	2020	20,62	20,8
3	2021	23,35	21,5
4	2022	21,23	22,3
5	2023	-	23,2
6	2024	-	24,0
7	2025	-	24,9
8	2026	-	25,8

Жүк операциялары кезіндегі вагонның тоқтап тұру уақытының нақты мәндерінің және жуықтау функциясы мәндерінің графиктері 2-суретте көрсетілген.



2-сурет — «Қаражал» станциясында жүк операциялары кезінде вагонның тоқтап тұру уақытын жуықтау

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Техническо-распорядительный акт железнодорожной станции «Каражал».
2. Технологический процесс работы железнодорожной станции «Каражал».
3. Семакин И.Г., Русакова О.Л., Тарунин Е.Л., Семакин И.Г. Программирование, численные методы и математическое моделирование. — М.: КноРус, 2018. — 288 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ
ГАЗОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ГЛУШИТЕЛЕМ

Современные требования к экологической безопасности транспортных средств требуют разработки эффективных методов снижения токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Одним из перспективных направлений является использование ультразвуковых глушителей, позволяющих снижать дымность отработавших газов за счет процесса ультразвуковой коагуляции сажевых частиц. Приведенная методика определения эффективности очистки отработавших газов ультразвуковым глушителем в зависимости от частоты вращения коленчатого вала ДВС и интенсивности ультразвукового излучения может использоваться при проектировании систем очистки отработавших газов для определения характеристик ультразвукового оборудования и режима его работы.

В основу методики положена зависимость между степенью коагуляции E , числа G частиц в 1 см^3 и временем облучения t ультразвуком интенсивностью j [1,2]:

$$\lg(100 - E) = \frac{k}{G \cdot t \cdot \sqrt{j}}, \quad (1)$$

где k – постоянная зависящая от частоты ультразвука, природы частиц и использованной аппаратуры.

Из формулы (1) постоянная k определяется как:

$$k = \lg(100 - E) \cdot G \cdot t \cdot \sqrt{j}, \quad (2)$$

где G – число частиц в 1 см^3 . Определяется по показателю дымности отработавшего газа D_0 ;

E – степень коагуляции, то есть отношение изменения дымности отработавшего газа к начальному значению дымности. Определяется как:

$$E = \frac{D_0 - D_i}{D_0}, \quad (3)$$

где D_0 – дымность отработавшего газа без воздействия на него ультразвука;

D_i – дымность отработавшего газа после очистки ультразвуком.

Массовая концентрация сажи, г/м^3 , соответствующая замеренной дымности определяется по эмпирической зависимости от коэффициента поглощения D , м^{-1} , определенной на основе данных таблицы «Соотношения единиц измерения дымности и массовой концентрации сажи» [3]

$$M = -0,0031D^2 - 0,1735D - 0,0087, \text{ г/м}^3 \quad (4)$$

Исходя из среднего размера радиуса сажевых частиц $r = 15,25 \text{ нм}$, плотности $\rho = 1,9 \text{ г/см}^3$ определяется масса одной сажевой частицы. [4]

Количество сажевых частиц в 1 см^3 определяется по формуле:

$$G = \frac{M}{m_{\text{с.ч.}}} \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

$$m_{\text{с.ч.}} = V_{\text{с.ч.}} \cdot \rho \quad (6)$$

$$V_{\text{с.ч.}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (7)$$

где t – время ультразвукового воздействия зависящее от скорости движения отработавшего газа находится в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, объема цилиндров двигателя по формуле [5]:

$$t = \frac{L \cdot \pi \cdot R^2}{2 \omega \cdot Q}, \quad (8)$$

где ω – частота вращения коленчатого вала

Q – объем цилиндров двигателя

Таким образом, коэффициент k будет определяться следующим образом:

$$k = \lg \left(100 - \frac{D_0 - D_i}{D_0} \right) * G \frac{L \cdot \pi R^2}{\omega * Q} \sqrt{j} \quad (9)$$

где j – мощность ультразвука.

Из формулы (1) степень коагуляции E определяется как:

$$E = 100 - 10^{\frac{k}{Gt\sqrt{j}}} \quad (10)$$

Подставив (5), (8) и (9) в формулу (10) определения степени коагуляции E и меняя значения ω и j определяются зависимости степени коагуляции характеризующие эффективность очистки от частоты вращения коленчатого вала ДВС и интенсивности ультразвукового излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / пер. с нем. – М.: Издательство иностранной литературы, 1957. – 726 с.
2. Kiddoo, Gordon, Sonic agglomeration, A New solution, Chem Eng, 58, 154 (1951)
3. Научно-производственная фирма «МЕТА». Измеритель дымности отработавших газов. Модификации: МЕТА- 01 МП 0.1 ЛТК, МЕТА- 01 МП 0.2. Руководство по эксплуатации. – Жигулевск, ООО НПФ "МЕТА", 2017. - Режим доступа: <http://www.meta-moscow.ru/upload/iblock/d5a/d5a2f38c7772be2ae586a41766780b86.pdf>
4. В.А. Луханов, О.П. Лопатин, А.Н. Козлов. Моделирование сажеобразования в цилиндре дизеля // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25, №1. С. 47-59. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-sazheobrazovaniya-v-tsilindre-dizelya/pdf>
5. Крючков Е.Ю. Теоретическое и экспериментальное обоснование конструкции и способа работы электроимпульсного автомобильного глушителя. Дис. PhD: 8D07102. – Караганда, 2023. - Режим доступа: <https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2023/11/Dissertatsionnaya-rabota-Kryuchkov-E.YU..pdf>

Привалова О.А. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

Карсакова А.Ж. (Караганда, КарТУ им. А.Сагинова)

Калинин А.Б.

(Санкт-Петербургский государственный аграрный университет)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТАЛЫХ И СНЕЖНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Рациональное использование водных ресурсов становится одной из ключевых задач в условиях изменения климата и увеличения числа засушливых периодов. Особенно важным направлением является аккумулятирование талых и снежных вод, позволяющее снижать потери воды, обеспечивать сельское хозяйство, восполнять подземные водоносные горизонты и предотвращать паводки.

Современные технологии аккумулятирования включают комплекс инженерных, экологических и экономических мероприятий, среди которых значительную роль играет применение инженерной техники для механизации сбора, распределения и накопления снега и талой воды [1].

Главная цель аккумулятирования — уменьшение потерь весенней талой воды, которая в естественных условиях быстро стекает в реки и каналы. Эффективное аккумулятирование позволяет:

- обеспечивать полив посевов в засушливые периоды;
- регулировать весенний водный режим рек;
- пополнять подземные водоносные горизонты;
- предотвращать эрозию почв и негативное воздействие паводков.

Методы аккумулятирования с применением инженерной техники

1. Механизированный сбор снега. Для концентрации снега на определённых участках применяются:

- снегопогрузчики;
- тракторы с отвальными или скреперными приспособлениями;
- самоходные машины для перемещения снега.

Такая техника позволяет эффективно формировать снегозадерживающие участки и концентрировать снег для последующего таяния в водохранилищах.

2. Формирование снегозадерживающих сооружений:

- тракторы и бульдозеры применяются для создания снеговых валов и насыпей;
- механизированная установка лесополос, сеток и других барьеров для удержания снега;
- уплотнение снега с помощью техники замедляет его таяние и повышает эффективность накопления воды.

3. Аккумуляция талой воды:

- подготовка котлованов и резервуаров экскаваторами и бульдозерами;
- создание инфильтрационных бассейнов для постепенного впитывания воды в грунт;
- управление руслами временных потоков воды с помощью техники, что предотвращает потерю талой воды.

Экологическая и экономическая значимость

Применение инженерной техники повышает эффективность аккумуляции талых и снежных вод:

- увеличивает объем сохраняемой воды;
- снижает потери за счет испарения и быстрого стока;
- предотвращает эрозию и смыв плодородного слоя;
- сокращает расходы на ручной труд и ускоряет создание снегозадерживающих объектов.

Экономический эффект проявляется в снижении затрат на водоснабжение, повышении урожайности и рациональном использовании земельных и водных ресурсов.

В Сибири и на Дальнем Востоке России для аккумуляции талой воды применяют снегопогрузчики и тракторы для формирования снегозадерживающих валов и временных прудов. В Австрии и Швейцарии механизированные системы помогают концентрировать снег на горных склонах для последующего орошения и подпитки малых гидроэлектростанций [2,3].

Дополнительно, в некоторых регионах применяются мобильные снегопогрузочные комплексы, способные оперативно перераспределять снег в пределах сельскохозяйственных угодий, что особенно важно при неравномерном снежном покрове и сложном рельефе. С развитием механизации и автоматизации аккумуляции талых и снежных вод можно ожидать:

- внедрения роботизированных снегопогрузчиков и дронов для контроля и перераспределения снега;
- интеграцию данных с метеостанций и спутников для прогнозирования водного потенциала региона;
- повышение эффективности водоёмов и инфильтрационных систем за счет точного управления объемами талой воды.

Такое развитие технологий позволит создавать комплексные системы аккумуляции, способные полностью регулировать водный баланс в сельских и городских районах, улучшая продовольственную и экологическую безопасность.

Использование инженерной техники в технологиях аккумуляции талых и снежных вод позволяет существенно повысить эффективность сбора и хранения воды, снизить риск паводков и эрозии, обеспечить

стабильное водоснабжение сельского хозяйства и улучшить экологическое состояние регионов с холодным климатом.

Сочетание инженерных решений, экологического планирования и механизированных методов аккумуляции открывает новые возможности для устойчивого управления водными ресурсами и сохранения экосистем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Жумабаев, К., соавт. (2022). Новые материалы для удержания влаги в условиях засушливого климата. **Инновационные технологии в сельском хозяйстве**, 8(1), 15–22.
2. Базарбаев, А., соавт. (2018). Водосборные системы в горных районах Казахстана: опыт и перспективы. **Воды Казахстана**, 4, 23–29.
3. Мирзахметов, А., соавт. (2021). Восстановление водоносных горизонтов в Казахстане: методы и результаты. **Гидрогеология Казахстана**, 7, 33–40.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ БИРЖИ: ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Биржа — это торговая площадка, на которой происходит встреча продавцов с их потребителями. Это удобное и прозрачное решение, где публикуется вся информация о товаре: цена, сроки доставки, условия сделки. Логистика всегда нуждается в оптимизированных решениях и площадках, чтобы обеспечить наиболее удобный поиск условий для обеих сторон цепей поставок. Поэтому создание таких бирж для транспортной сферы было успешной идеей, которая сейчас имеет высокую используемость.

Биржи грузоперевозок — это онлайн-платформы, которые логистические компании и грузоотправители используют для организации различных транспортных услуг. Площадка предоставляет возможность не только быстро и эффективно находить подходящие перевозки, но и транспортные средства для грузов. Эти платформы нацелены на оптимизацию логистических процессов, предоставляя централизованное место для размещения и поиска грузов, что делает процесс на всех этапах более эффективным и экономичным [1].

Концепция бирж грузоперевозок началась с обычных досок объявлений и телефонных систем, с помощью которых грузоотправители и грузоперевозчики могли связаться. Такие ранние системы были неэффективными по сравнению с современными стандартами, поскольку они опирались на ручные процессы и не имели данных в режиме реального времени.

С появлением мобильных технологий и интернета данные платформы значительно изменились. Современные платформы используют сопоставление грузов на основе искусственного интеллекта, GPS-отслеживание, и безопасные системы онлайн-платежей, а это делает их гораздо более эффективными и удобными для пользователя [2].

Ключевые особенности современных бирж грузоперевозок включают отслеживание грузов в режиме реального времени, максимально безопасную обработку транзакций и систему рейтингов перевозчиков и грузоотправителей. Такие платформы часто оснащены расширенными поисковыми фильтрами, алгоритмами сопоставления грузов и мобильными приложениями для оперативного управления.

Обычно, сайты, используемые для размещения электронных предложений по перевозке грузов и оказании иных логистических услуг, выглядят как перечень актуальных на момент рассмотрения заявок для

перевозки конкретных грузов. Эти биржи дают возможность настроить всевозможные фильтры. Это обеспечивает наиболее легкое отсеивание неподходящих условий оплаты, графика или местонахождения, указанного в описании к заявке.

Если предоставленные предложения не удовлетворили потребности, можно воспользоваться инструментами для составления собственной заявки, что может помочь ускорить поиск подходящих условий транспортировки. Существует несколько этапов работы с логистическими электронными биржами, если необходимо оставить заявку: выбор места отправления и назначения; описание наименования груза, требующего транспортировки; указание объема и веса перевозимого груза; добавление e-mail, номера телефона и имени человека, оставляющего заявку. После заполнения заявки, она попадает в список поисковых запросов на перевозки, где иные пользователи могут откликнуться на нее.

Практикуется так же и оплата за размещение заявок. Транспортная биржа предоставляет клиентам как бесплатные, так и платные возможности. Ежемесячное внесение абонентской платы за пользование услугами указывает на серьезность и состоятельность компании, которая предоставляет услуги биржи. Спектр услуг той или иной площадки зависит напрямую от числа активных пользователей, а заключенные сделки указывают на ее эффективность, будь то транспортировка товаров или экспедирование грузов [3].

Сотрудники транспортной биржи заботятся о безопасности пользователей. Биржи, заботящиеся о своих клиентах и настроенные на сотрудничество, часто нанимают юристов для поддержания некоторых моментов в работе. Они создают специальные системы по контролю доступа. Помимо этого, биржи ведут активную борьбу с должниками: создают списки должников, подключают к работе нанятых юристов, инициируют судебные разбирательства. В ряде случаев ими может оказываться помощь в ситуациях, требующих внесения изменений в договоры о перевозках, при срывах погрузки, при недостатке грузов и пр.

Неотъемлемым преимуществом является наличие отзывов и рейтинговых оценок пользователей платформы. Зайдя на страницу выбранной организации, можно увидеть перечень оставленных комментариев о качестве сервиса, опыте работы с ней или, по каким причинам работа не состоялась. На основе анализа таких мнений можно сделать вывод о целесообразности сотрудничества.

Примерами актуальных и популярных бирж грузоперевозок выступают: Roolz, ATI SU, CMR24. Каждая из них имеет свои преимущества, например, Roolz имеет встроенный мессенджер и конкурс по стоимости и условиям перевозок в четырех режимах. ATI SU — гарантирует оплату для перевозчиков, проверяет контрагентов и предоставляет онлайн-

страхование грузов. Последняя из примера, включает встроенный фильтр поиска и онлайн-чат для связи со службой поддержки сервиса.

На сегодняшний день тенденции на биржах грузоперевозок включают интеграцию технологии блокчейн для повышения безопасности, аналитику, которая берет в основу искусственный интеллект для более эффективного принятия решений, а также особенно повышенное внимание к устойчивому развитию и экологически чистым логистическим практикам. Предполагается внедрение усиленных требований к защите данных, использование международных стандартов регулирования. В перспективе, большая часть компаний, осуществляющих грузоперевозки начнет использование исключительно электронных бирж, так как это обеспечит комфорт и безопасность со всех сторон и на каждом этапе. В целом, обращение именно к электронным транспортным биржам, делает поиск как услуг по перевозке, так и запросов на перевозку намного прозрачнее и понятнее для обеих сторон.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Pinsk.media.by – 2026. – URL: <https://pinskmedia.by/birzhi-gruzoperevozok-kak-eto-rabotaet/> (дата обращения: 20.03.2026).
2. Toptrans-global.com – 2024. – URL: <https://toptrans-global.com/ru/%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B-%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B9-%D0%B1%D0%B8%D1%80%D0%B6%D0%B8-%D0%BA%D0%B0%D0%BA-%D0%B8%D1%85-%D0%BC/> (дата обращения: 21.03.2026).
3. Grandway.su – 2026. – URL: https://grandway.su/statyi/elektronnaja_transportnaja_birza (дата обращения: 19.03.2026).

ЖҮК ПОЙЫЗДАРЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҚҰРЫЛҒЫСЫН ӘЗІРЛЕУ

Теміржол көлігі – Қазақстан Республикасының көлік-логистикалық жүйесінің стратегиялық маңызды салаларының бірі болып табылады. Жүк тасымалының басым бөлігі теміржол арқылы жүзеге асырылатындықтан, пойыз қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі ерекше өзектілікке ие. Қазіргі таңда жүк пойыздарының санының артуы, олардың ұзындығы мен массасының ұлғаюы қауіпсіздікке қойылатын талаптарды күшейтуді қажет етеді.

Факторларды бірнеше топқа бөлуге болады: техникалық, ұйымдастырушылық және табиғи факторлар. Техникалық факторларға вагондар мен локомотивтердің ақаулары, тежегіш жүйесінің дұрыс жұмыс істемеуі, доңғалақ жұптарының тозуы жатады. Ұйымдастырушылық факторларға машинистің қателіктері, диспетчерлік басқарудағы кемшіліктер және қызмет көрсету сапасының төмендігі кіреді. Ал табиғи факторларға ауа райының күрт өзгеруі, көктайғақ, қатты жел және температураның ауытқуы жатады.

Қазіргі уақытта теміржол саласында қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін әртүрлі автоматтандырылған жүйелер қолданылады. Олардың қатарына автоматты локомотивтік сигнализация, телемеханика жүйелері және диспетчерлік бақылау жүйелері кіреді. Дегенмен, бұл жүйелер көбінесе белгілі бір параметрлерді ғана бақылайды және кешенді талдау жүргізуге жеткіліксіз.

Осыған байланысты жүк пойыздарының қауіпсіздігін арттыру үшін жаңа буын интеллектуалды құрылғыларын әзірлеу қажеттілігі туындайды. Ұсынылып отырған құрылғы пойыз қозғалысының негізгі параметрлерін кешенді түрде бақылауға арналған заманауи жүйе болып табылады. Құрылғының жұмыс принципі датчиктер арқылы ақпарат жинау, оны өңдеу және талдау негізінде жүзеге асырылады.

Құрылғы құрамына келесі негізгі элементтер кіреді:

- жылдамдықты өлшейтін датчик;
- діріл деңгейін анықтайтын сенсор;
- температураны бақылау құрылғысы;
- тежегіш жүйесінің күйін бақылайтын модуль;
- орталық процессор (өңдеу блогы);
- ақпаратты беру және сақтау модулі.

Бұл элементтердің әрқайсысы пойыздың техникалық жағдайын нақты

уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. Жиналған деректер орталық процессорға түсіп, арнайы алгоритмдер арқылы өңделеді. Алгоритмдер нормадан ауытқуларды анықтап, қауіпті жағдайларды ерте кезеңде болжайды.

Сонымен қатар, құрылғы діріл деңгейін бақылау арқылы вагондардың техникалық жағдайын бағалауға мүмкіндік береді. Дірілдің артуы доңғалақтардың немесе рельстердің ақауын көрсетуі мүмкін. Бұл ақпарат алдын ала жөндеу жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді.

Ұсынылған жүйенің тағы бір артықшылығы – оның цифрлық технологиялармен интеграциялану мүмкіндігі. Құрылғыны IoT (Internet of Things) жүйесіне қосу арқылы барлық мәліметтерді бұлттық серверлерде сақтау және өңдеу мүмкін болады. Бұл үлкен деректерді (Big Data) талдауға және қауіпсіздікті арттыру бойынша тиімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, жасанды интеллект элементтерін енгізу арқылы жүйенің тиімділігін одан әрі арттыруға болады. Машиналық оқыту алгоритмдері бұрынғы деректер негізінде қауіпті жағдайларды болжай алады. Бұл жүйенің «ақылды» болуына және өздігінен жетілуіне мүмкіндік береді.

Экономикалық тұрғыдан алғанда, ұсынылып отырған құрылғыны енгізу тиімді болып табылады. Апаттардың алдын алу жөндеу шығындарын азайтады, жүк жеткізу уақытын қысқартады және жалпы көлік жүйесінің тиімділігін арттырады. Сонымен қатар, адам факторына тәуелділік төмендейді.

Практикалық қолдану тұрғысынан бұл құрылғыны локомотивтерге немесе жүк вагондарына орнатуға болады. Оның модульдік құрылымы орнатуды жеңілдетеді және қызмет көрсету шығындарын азайтады. Құрылғы қолданыстағы жүйелермен үйлесімді жұмыс істей алады.

Қазіргі таңда теміржол саласында цифрландыру үдерісі қарқынды дамып келеді. Осыған байланысты ұсынылып отырған құрылғы цифрлық трансформацияның маңызды элементі бола алады. Бұл жүйе тек қауіпсіздікті арттырып қана қоймай, теміржол көлігінің жалпы тиімділігін де жоғарылатады.

Қорытындылай келе, жүк пойыздарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін кешенді және интеллектуалды жүйелерді енгізу қажет. Ұсынылған құрылғы қозғалыс параметрлерін нақты уақыт режимінде бақылауға, қауіпті жағдайларды алдын ала анықтауға және апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді. Бұл теміржол көлігінің сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға бағытталған маңызды қадам болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

- 1) Қазақстан Республикасының теміржол көлігі туралы заңы.
- 2) Теміржолдағы қозғалыс қауіпсіздігі бойынша нормативтік құжаттар.
- 3) Көлік логистикасы бойынша ғылыми зерттеулер.
- 4) Автоматтандыру және басқару жүйелері.
- 5) IoT және жасанды интеллект технологиялары.

КӘСІПОРЫНДАҒЫ ЖАБДЫҚТАУ ЛОГИСТИКАСЫН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ ЗАМАНАУИ МОДЕЛЬДЕРІ

Аннотация: Жабдықтау логистикасы кәсіпорынды басқарудың маңызды элементі болып табылады, себебі ол өндіріс үздіксіздігін қамтамасыз етеді және шығындар деңгейіне, айналым қаражатының айналымдылығына, операциялық тұрақтылыққа тікелей әсер етеді. Мақалада жабдықтауды ұйымдастырудың заманауи модельдері жинақталып қарастырылған. Олар материалдық және ақпараттық ағындарды біріктіруге, сатып алу қызметін цифрландыруға және қорларды тиімді басқаруға бағытталған. Жеткізушілерді таңдау, сатып алу партияларын оңтайландыру, тасымалдауды ұйымдастыру және жабдықтау тиімділігін бақылау талданады. Дәстүрлі және заманауи модельдер салыстырылып, заманауи жабдықтау логистикасының құрылымы ұсынылады.

Кілт сөздер: жабдықтау логистикасы, сатып алу қызметі, жеткізуші, қорларды басқару, цифрландыру, Just-in-Time, Lean production, EDM, ABC analysis.

Нарықтық экономиканың қазіргі жағдайында жабдықтау логистикасының рөлі артуда. Кәсіпорындар өндірісті қажетті ресурстармен уақытылы және қажетті көлемде қамтамасыз ете отырып, жиынтық шығындарды төмендетуге ұмтылуда. Логистика материалдық және ақпараттық ағындарды басқару жүйесі ретінде қарастырылады, ал жабдықтау осы логистиканың негізгі функционалдық бағыттарының бірі болып табылады [1].

Жабдықтау логистикасы материалдарға деген қажеттілікті жоспарлау, жеткізушілерді таңдау және бағалау, келісімшарт жасау, жеткізілімдерді ұйымдастыру, қорларды басқару және сатып алу процесін ақпараттық қамтамасыз етуді қамтиды [2]. Бұл тек операциялық функция ғана емес, кәсіпорынның стратегиялық құралы. Себебі, жабдықтаудағы үзілістер өндірістегі кідірістерге, артық қорлардың пайда болуына, айналым қаражатының қатып қалуына, шығындардың өсуіне алып келеді.

Жабдықтау логистикасын ұйымдастырудың заманауи модельдері 3 негізгі басқару шешімінің тоғысуында қалыптасады: ресурстық (қандай және қанша мөлшерде сатып алу), серіктестік (кімнен және қандай шарттармен сатып алу) және технологиялық (процестердің ашықтығы мен жылдамдығын қамтамасыз ету) [2]. Негізгі ортақ мақсат – жеткізілім сенімділігін сақтай отырып, логистикалық шығындарды барынша азайту.

Жабдықтау тиімділігіне кері әсер ететін бірқатар мәселелер бар. Мысалы, ақпараттық қамтамасыз етудің жеткіліксіздігі, өндірістік қуат пен ресурстар теңгерімсіздігі, операцияларды қатаң бақылаудың жетіспеушілігі.

Бұл жеткізілім ырғақтылығының бұзылуына алып келеді. Сондықтан жабдықтау жүйесі интеграцияланған басқару жүйесі ретінде құрылуы тиіс.

Жабдықтауды дамыту бағыттарының бірі – цифрландыру және ақпараттық интеграция. Электронды құжат айналымын (Electronic Document Management (EDM)) енгізу және жеткізу тізбегінің қатысушылары арасында деректерді біріктіру басқару шешімдерін жеңілдетуге, процестер ашықтығын арттыруға және транзакциялық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, қорларды басқару да маңызды рөл атқарады. Осы ретте, Just-in-Time және Lean production жүйесі артық қорларды, қажетсіз операцияларды, логистикалық ысыраптарды жоюға бағытталған [3]. Қорларды басқару өндірістік бағдарлама мен материал нормаларына сай жүргізілуі қажет.

Заманауи модельдер ресурстарды ABC analysis арқылы бағалауға негізделеді. Әртүрлі материал санаттарына әртүрлі жоспарлау және толықтыру әдістері қолданылады. Тұрақты сұраныстарға ие ресурстар, жаңа позициялар немесе көлемді материалдар әртүрлі тәсілдермен басқарылуы қажет.

Сондай-ақ, кәсіпорындағы жабдықтау логистикасын ұйымдастыруда жеткізушілерді таңдау да стратегиялық маңызға ие. Қазіргі уақытта жеткізушіні бағалау тек баға бойынша ғана емес, сонымен қатар өнім сапасы, жеткізілім сенімділігі, қаржылық тұрақтылық және іскерлік беделі секілді критерийлер негізінде жүзеге асырылады [4]. Бұл тұрақтылықты және сенімділікті қамтамасыз етіп, логистикалық тәуекелдерді төмендетеді.

Кесте 1

Дәстүрлі және заманауи жабдықтау логистикасы модельдерін салыстыру

№	Көрсеткіштер	Дәстүрлі модель	Заманауи модель
1	Ақпараттық қамтамасыз ету	Қағаз құжат айналымы	Интеграцияланған цифрлық жүйелер (Мысалы, EDM)
2	Қорларды басқару	Үлкен сақтандыру қорлары	Just-in-Time, Lean production
3	Бақылау принципі	Бірыңғай тәсіл	Сараланған басқару (ABC analysis)
4	Жеткізушіні таңдау	Басымдылық бағаға беріледі	Көпкритерийлі бағалау
5	Негізгі мақсат	Арзан сатып алу	Жиынтық шығынды азайту және сенімділік
Ескертпе – дереккөз негізінде автормен құрастырылған [2, 5].			

Қорытындылай келе, жабдықтау логистикасын ұйымдастырудың заманауи модельдері материалдық, ақпараттық және қаржылық ағындарды біріктіретін кешенді басқару жүйесін білдіреді. Олардың негізгі

ерекшеліктері – цифрландыру, кәсіпорын қорларын оптимизациялау, интеграцияланған жүйелерді пайдалану. Осы тәсілдерді жүйелі түрде енгізу кәсіпорынның логистикалық шығындарын төмендетуге, өндіріс тұрақтылығын арттыруға және бәсекеге қабілеттілікті күшейтуге мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Закупочная логистика : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-26 02 05 «Логистика» / М. Ж. Банзекуливахо, О. С. Гулягина. – Новополюк : ПГУ, 2013. – 360 с.
2. Щеголева Т.В. Логистика снабжения и управление запасами в цепях поставок: учеб.-метод. пособие. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2018. 98 с.
3. José Luís Quesado Pinto, João Carlos O. Matias , Carina Pimentel , Susana Garrido Azevedo , Kannan Govindan. Just in Time Factory: Implementation Through Lean Manufacturing Tools. [Электрондық ресурс]. – 2018. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-77016-1>
4. CoreX Group, LLC. Summer Reading: Eleven Critical Stats on Procurement and Sourcing in 2024 [Электрондық ресурс]. – 2024. – URL: <https://corexcorp.com/insights/11-critical-stats-on-procurement-2024>
5. Josef Číž, Michaela Krechovská and Alena Palacká. Procurement Transformation in Digital World // SHS Web of Conferences, – 2021. – T. 115, – 01002. – DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202111501002>

Ситакова А.Н.
(Караганда, НАО «КарТУ имени Абылкаса Сагинова»)
Кабикенов С.Ж.
(Караганда, НАО «КарТУ имени Абылкаса Сагинова»)

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ И СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРЯДНЫЕ СИСТЕМЫ: НАДЕЖНОСТЬ, УПРАВЛЕНИЕ И АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На протяжении последних десятилетий мировая автомобильная промышленность переживает значительную трансформацию, связанную с переходом к электрическому транспорту. Электромобили были впервые представлены в 19 веке, но они оставались относительно непопулярными из-за широкой доступности и удобства обычных транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания. Несмотря на значительные достижения в области технологий и усовершенствования в отрасли электромобилей, темпы внедрения электромобилей по-прежнему остаются вялыми. Рост популярности электромобилей обусловлен не только экологическими требованиями, но и экономическими преимуществами, повышением энергоэффективности, снижением эксплуатационных затрат и стремлением к технологическому развитию транспортной отрасли. Однако эксплуатация электромобилей напрямую зависит от качества и надежности зарядной инфраструктуры, которая становится важным элементом городской и частной энергетики. Зарядные устройства перестали быть простыми электронными блоками, преобразующие энергию, а стали сложными комплексами, требующими постоянного контроля параметров, диагностики состояния и умного управления.

Внедрение электромобилей имеет решающее значение для решения множества насущных глобальных проблем, включая изменение климата, загрязнение воздуха и энергетическую безопасность. Поскольку транспорт является значительным источником выбросов парниковых газов, переход на электромобили может существенно сократить углеродный след этого сектора. В отличие от традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, электромобили производят нулевые выбросы выхлопных газов, что помогает улучшить качество воздуха и здоровье населения, особенно в городских районах. Кроме того, электромобили могут работать на возобновляемых источниках энергии, тем самым снижая зависимость от ископаемого топлива и повышая энергетическую безопасность. Широкое внедрение электромобилей также имеет экономические выгоды, такие как снижение расходов на топливо для потребителей и создание новых рабочих мест в секторе зеленых технологий. Учитывая все эти многообещающие преимущества, внедрение электромобилей необходимо тщательно проанализировать.

Современные зарядные станции работают в условиях переменной нагрузки, нестабильных параметров электросети, различных климатических воздействий и широкого спектра аккумуляторных батарей, каждая из которых имеет свои особенности и чувствительность к режимам зарядки. От того, насколько корректно и своевременно оценивается их работоспособность, зависит надежность эксплуатации электроавтомобиля, безопасность пользователя, а также срок службы дорогостоящих энергонакопителей. Ошибки в управлении и нарушение правил зарядки могут приводить к перегреву оборудования, ускоренному износу батарей или перебоям в работе сети.

В связи с этим особую актуальность приобретает внедрение адаптивных систем управления зарядом. Такие системы способны в реальном времени анализировать параметры аккумулятора, состояние элементов силовой электроники, уровень нагрузки, температуру, доступную мощность и другие факторы. На основе этих данных формируется оптимальный режим зарядки, который не только сокращает время пополнения запаса энергии, но и делает процесс более безопасным и экономичным. Адаптивный подход позволяет минимизировать пики потребления, предотвращать перегрузки, продлевать срок жизни аккумулятора и снижать стоимость обслуживания оборудования.

Оценка и обеспечение работоспособности зарядных устройств чаще всего комплексный процесс, включающий тестирование, контроль характеристик, техническое обслуживание, программную диагностику и прогнозирование отказов. В условиях расширения зарядной сети и увеличения количества пользователей такие задачи становятся приоритетными для производителей, сервисных компаний и городских энергетических систем. Разработка новых методов контроля, совершенствование системы мониторинга, использование алгоритмов адаптивного управления, формирует основу технологического развития электротранспорта в ближайшие годы.

Таким образом, исследование способов оценки работоспособности зарядных устройств и подходов к обеспечению их надежности с применением адаптивных систем управления является значимым направлением, способствующим улучшению качества эксплуатации электроавтомобилей, формированию современной энергетической инфраструктуры и выполнению задач устойчивого развития.

Таким образом, развитие технологий зарядки и внедрение интеллектуальных систем управления является ключевым фактором для массового распространения электроавтомобилей. Только комплексное внимание к надежности зарядной инфраструктуры позволит максимально раскрыть потенциал электротранспорта, обеспечивая устойчивое развитие транспортной отрасли, защиту окружающей среды и создание безопасной и эффективной городской энергетической системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. ISO 15118-20: Road vehicles — Vehicle-to-Grid Communication Interface, 2022. *Международный стандарт, описывающий обмен данными между электромобилем и зарядной станцией, включая адаптивное управление и Plug&Charge.*
2. IEC 61851-1: Electric vehicle conductive charging system – General requirements, 2023. *Базовый стандарт по устройству, управлению и безопасности зарядных систем.*
3. Garofalaki Z., Kosmanos D., Moschoyiannis S., Douligeris C. Electric Vehicle Charging: Security Issues and Challenges of the OCPP Protocol. — IEEE, 2024. *Анализ протокола OCPP и ключевые риски при управлении зарядными станциями.*
4. Motlagh S. G., Alahyari A., Hosseini M. A holistic review of intelligent EV charging control systems, 2025. *Обзор интеллектуальных алгоритмов управления зарядкой (включая машинное обучение).*

АДАПТАЦИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ЗИМНИМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Географическое положение и резко континентальный климат Республики Казахстан диктуют особые, крайне жесткие требования к надежности коммерческого автомобильного транспорта. В зимний период на большей части территории страны (особенно в Центральном, Северном и Восточном Казахстане) температура окружающего воздуха может опускаться ниже минус сорока градусов Цельсия, что часто сопровождается сильными степными ветрами. В таких условиях обеспечение бесперебойной работы дизельных двигателей большегрузных автомобилей становится главной задачей для обеспечения стабильности логистических цепочек и безопасности на трассах.

Целью данного исследования является обоснование технического решения для предотвращения кристаллизации парафинов в дизельном топливе и обеспечения стабильной подачи горючего в двигатель при экстремально низких температурах без использования сложных электронных систем.

Главная эксплуатационная проблема зимних грузоперевозок заключается в физико-химических свойствах самого дизельного топлива. При значительном понижении температуры в нем начинается процесс выпадения тяжелых углеводородов — кристаллов парафина. Эти микроскопические кристаллы быстро слипаются между собой, превращая жидкость в густую гелеобразную массу, теряющую текучесть. В первую очередь парафиновыми сгустками забиваются микроскопические поры бумажного фильтрующего элемента в фильтре тонкой очистки, а также топливозаборная сетка непосредственно в баке.

В результате пропускная способность магистрали падает до нуля, подача топлива к насосу высокого давления прекращается, двигатель глохнет. Автомобиль остается обездвиженным на зимней трассе, что в условиях многокилометровых перегонов между населенными пунктами представляет прямую угрозу жизни водителя из-за риска переохлаждения кабины.

Штатные электрические подогреватели, которые устанавливаются на современные автомобили импортного производства, часто не справляются с суровыми реалиями наших климатических зон. Мощные электрические нагревательные элементы (бандажного или стержневого типа) создают критическую и постоянную нагрузку на генератор и аккумуляторные батареи. При сильных морозах емкость аккумуляторов падает, и лишней

потребитель энергии может привести к полному отказу электросистемы машины.

В качестве наиболее надежного и технически простого решения предлагается модернизация топливной аппаратуры автомобиля путем внедрения жидкостного теплообменника. Суть метода заключается в полезном использовании избыточной тепловой энергии от системы охлаждения работающего двигателя.

Конструктивно решение представляет собой интеграцию медного или латунного змеевика непосредственно в топливный бак вокруг штатного топливозаборника. По этому змеевику организуется постоянная циркуляция горячей охлаждающей жидкости (антифриза), отведенной от системы отопления кабины. Таким образом, в баке образуется локальная зона постоянно теплого жидкого топлива. Для исключения замерзания самого трубопровода по всей длине рамы, подающая топливная магистраль прокладывается в единой теплоизоляционной связке с патрубком, по которому возвращается нагретая жидкость.

Для оценки целесообразности предложенного метода был проведен сравнительный анализ двух типов систем подогрева, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика систем подогрева дизельного топлива

Оценочный параметр	Штатный электрический подогреватель	Предлагаемый жидкостный теплообменник
Источник тепловой энергии	Аккумуляторная батарея и генератор	Сбросное тепло от системы охлаждения двигателя
Энергозатраты автомобиля	Высокие (до 300-500 Вт дополнительной нагрузки)	Нулевые (электричество не расходуется)
Надежность при температуре ниже -35 °С	Снижается (риск глубокого разряда аккумулятора)	Высокая (постоянный и стабильный прогрев всего объема)
Риск короткого замыкания и возгорания	Присутствует (особенно при повреждении изоляции)	Полностью отсутствует (система механическая)
Сложность технического обслуживания	Требуется диагностики проводки и реле	Минимальная (только визуальный осмотр на течи)

Как видно из приведенного анализа, использование тепла двигателя имеет неоспоримые преимущества. Система абсолютно энергонезависима: она не потребляет электричество, так как циркуляция жидкости обеспечивается штатным водяным насосом (помпой) двигателя. Высокая теплоотдача горячего антифриза позволяет растопить парафины даже при

движении с высокой скоростью по открытой трассе при встречном ледяном ветре, который обычно моментально выстужает топливные баки.

Вывод: Адаптация топливной аппаратуры коммерческого транспорта к суровым климатическим условиям Казахстана является критически важной инженерной задачей. Отказ от сложных электрических систем в пользу механических жидкостных теплообменников является наиболее надежным, экономически выгодным и простым в реализации методом защиты от замерзания дизельного топлива. Широкое применение подобных конструктивных решений в автопарках республики позволит минимизировать колоссальные экономические потери от простоев техники, исключить внезапные поломки в пути и значительно повысить общую безопасность зимних грузоперевозок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Бекмагамбетов М., Смирнова С. *Транспортная система Республики Казахстан: современное состояние и проблемы развития.* — Алматы, 2005. — 446 с.
2. Геленов А. А., Сочевко Т. И., Спиркин В. Г. *Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие.* — Москва: Академия, 2013. — 304 с

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ СКЛАДА

В условиях высокой конкуренции цифровая трансформация складской логистики становится ключевым фактором экономической устойчивости предприятия. Традиционные методы управления складом, основанные на ручном труде, достигают предела эффективности, что приводит к росту операционных издержек и ошибкам в учете. Внедрение современных систем, таких как WMS и YMS, а также инструментов прогнозной аналитики позволяет перевести управление ресурсами на качественно новый уровень. Цель данной работы — анализ экономической эффективности цифровизации склада по трем направлениям: снижение операционных затрат (OpEx), оптимизация использования пространства и ускорение оборачиваемости запасов. На основе анализа практических кейсов и актуальных исследований обосновывается влияние цифровых решений на повышение точности логистических процессов и высвобождение оборотного капитала.

Цифровизация склада оказывает наиболее измеримое влияние на операционные расходы предприятия. Интеграция систем управления складом (WMS) с производственными процессами позволяет сократить операционные издержки на 15–25% и повысить точность учета запасов до 98–99% [1]. Основным экономический эффект достигается за счет минимизации «человеческого фактора» — ключевой причины ошибок при приемке, размещении и отгрузке товаров.

Внедрение систем управления складским двором (YMS) также вносит существенный вклад в снижение операционных затрат. Как показывает практика российского логистического оператора УК «ГРАНДО», автоматизация планирования и управления движением транспорта позволяет обрабатывать до 500 транспортных средств в сутки с минимальным участием оператора. Полностью автоматизированный цикл исключает простои и высвобождает кадровые ресурсы, которые ранее направлялись на ручное управление въездом и выездом [2].

Согласно исследованию, опубликованному в журнале *Computers & Industrial Engineering*, автоматизация складских процессов позволяет сократить время обработки одного заказа на 78%, а частоту ошибок — на 94% по сравнению с полностью ручными операциями. Авторы исследования подчеркивают, что снижение операционных затрат происходит за счет исключения непроизводительного труда и минимизации потерь, связанных с исправлением ошибок [3].

Отечественный опыт подтверждает эти данные. Внедрение WMS в группе компаний «Восток-Сервис» позволило сократить объем материально-производственных запасов на 20% и повысить скорость выполнения заказов на 10% [4]. Важно отметить, что эффект снижения операционных затрат достигается не только за счет сокращения численности персонала, но и через перераспределение человеческих ресурсов на задачи с более высокой добавленной стоимостью. Как отмечается в исследовании Forrester Consulting, автоматизация циклической инвентаризации позволяет экономить средства, которые ранее расходовались на ручной пересчет и последующие расследования расхождений [5].

Эффективность использования складских площадей определяет как текущие операционные затраты, так и долгосрочные капитальные вложения. Цифровизация предоставляет инструменты для значительного повышения плотности хранения без дополнительных инвестиций в недвижимость.

В исследовании, посвященном цифровой трансформации складских процессов, отмечается, что внедрение интегрированных систем управления позволяет повысить эффективность использования складских площадей за счет оптимизации размещения товарных позиций с учетом частоты их оборачиваемости. Правильное зонирование и применение ABC-анализа для распределения товаров по частоте запроса увеличивают производительность использования площади на 25–30% [1].

Консалтинговая компания Miebach в своем кейсе продемонстрировала практический пример такой оптимизации. За счет реконфигурации складского пространства -пересмотра глубины стеллажных линий, вертикального зонирования и перераспределения запасов по уровням хранения — удалось высвободить 200 000 квадратных футов площади для субаренды, что позволило получить дополнительный финансовый доход [2].

Ключевым инструментом оптимизации пространства выступает автоматизированное адресное хранение, реализуемое в рамках WMS-систем. Дополнительный эффект достигается за счет использования вертикального пространства: автоматизированные системы управления позволяют эффективно эксплуатировать высотные стеллажи, что особенно актуально для складов с ограниченной земельной площадью [4].

С экономической точки зрения оптимизация пространства дает двойной эффект. Во-первых, это прямое снижение затрат на аренду или содержание площади. Во-вторых, это возможность отсрочить или полностью отказаться от дорогостоящих инвестиций в расширение склада. Как подчеркивается в исследовании Forrester Consulting, такой подход позволяет компаниям перенаправить капитальные вложения в более приоритетные направления развития бизнеса [5].

Исследование, посвященное цифровой трансформации складских процессов, показывает, что внедрение WMS позволяет сократить период оборачиваемости запасов и снизить объем страховых резервов. Эффект достигается за счет перехода от периодического учета к непрерывному мониторингу, автоматизации процессов пополнения и более точного планирования закупок на основе данных о фактическом потреблении [1].

Важную роль в управлении запасами играют технологии прогнозной аналитики. Согласно исследованию, проведенному Miebach Consulting, внедрение интеллектуальных систем управления позволяет более точно прогнозировать спрос и своевременно корректировать уровень запасов, предотвращая как дефицит, так и избыточное накопление. Компании, использующие такие решения, демонстрируют более высокую оборачиваемость запасов по сравнению с отраслевыми показателями [2].

Практический опыт российских компаний подтверждает эти данные. Внедрение 1C:WMS в группе компаний «Восток-Сервис» позволило повысить оборачиваемость запасов на 18% при одновременном сокращении объема материально-производственных запасов на 20% [4]. Достигнутый эффект объясняется несколькими факторами: переходом к непрерывному мониторингу, автоматизацией процессов пополнения и более точным планированием закупок на основе данных о фактическом потреблении.

Снижение страховых запасов — еще один значимый источник высвобождения оборотного капитала. Как отмечается в отчете Forrester Consulting, внедрение систем автоматизированного мониторинга позволяет сократить затраты на хранение запасов за счет более точного планирования и снижения необходимости в избыточных страховых резервах. В рамках проведенного анализа экономического эффекта затраты на хранение запасов были сокращены на 1,1 млн долларов США за трехлетний период для среднего оператора [5].

Следует подчеркнуть, что эффект ускорения оборачиваемости носит не только операционный, но и финансовый характер. Высвобожденные из запасов денежные средства могут быть направлены на развитие бизнеса, снижение кредитной нагрузки или финансирование других инвестиционных проектов. В условиях высокой стоимости заемного капитала этот эффект приобретает особую значимость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Цифровая трансформация складских бизнес-процессов металлургических предприятий: обеспечение операционной и экономической устойчивости // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. -2025.*
2. *Case Study: Balancing Operations with Financial Opportunity [Электронный ресурс] // Miebach Consulting. -2025. -15 сентября.*
3. *Siddiqi S., Uzun S., Akhter A.F.M.S. Integrating automation and blockchain: A scalable solution for modern warehouse management // Computers & Industrial Engineering. -2025.*
4. *Опыт внедрения и эксплуатации 1C:WMS в ГК «Восток-Сервис» [Электронный ресурс]. -2024.*
5. *Forrester study reveals big wins with warehouse automation [Электронный ресурс]. -2025.*

Суюнбаев Ш.М. (Узбекистан, г. Ташкент, ТГТУ)
Қасымжанова А.Д. (Қарағанда, ҚарТУ им. А.Сагинова)
Мақсұтова Ж.Қ. (Қарағанда, ҚарТУ им. А.Сагинова)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ КОНТЕЙНЕРЛІК ТЕМІРЖОЛ ТАСЫМАЛДАРЫ: ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ МЕН ДАМУ ҮРДІСТЕРІ

Теміржол көлігі Қазақстан Республикасының көлік жүйесінің тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін негізгі инфрақұрылымдық элементтердің бірі болып табылады. Жаһандану үдерістері мен халықаралық сауданың қарқынды өсуі жағдайында контейнерлік тасымалдарды дамыту жүк жеткізудің тиімділігі мен әмбебаптығын арттыратын маңызды бағыт ретінде айқындалады.

Қазақстан Республикасының Шығыс Азия мен Еуропа арасындағы қолайлы геостратегиялық орналасуы халықаралық транзиттік көлік дәліздерінің қалыптасуы мен дамуына алғышарт жасайды. Бұл өз кезегінде контейнерлік тасымалдар көлемінің ұлғаюына және олардың ұлттық экономикадағы рөлінің артуына ықпал етеді.

Жүргізілген талдау нәтижелері Қазақстанда теміржол көлігімен жүк тасымалдау көлемінің тұрақты өсу үрдісін көрсетеді. 2024 жылдың бірінші жартыжылдығының қорытындысы бойынша жүк тасымалының жалпы көлемі 144,7 млн тоннаны құрап, өткен жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда 4,9%-ға артты. Жүк айналымы 74,1 млрд т-км деңгейіне жетіп, 2,3%-ға өсті.

Контейнерлік тасымалдар сегменті де оң серпінмен сипатталады. 2024 жылдың сегіз айының қорытындысы бойынша контейнерлік тасымалдар көлемі 1,4 млн ЖФЭ-ні құрап, 2023 жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда 1%-ға артқан. Тонналық көрсеткіш бойынша өсім 8%-ды құрап, 13,3 млн тоннаға жетті. Бұл өсім негізінен жүктелген контейнерлер үлесінің 6%-ға артуы және бос контейнерлер айналымының 26%-ға қысқаруы есебінен қамтамасыз етілген.

Қазақстандағы контейнерлік тасымалдардың құрылымында транзиттік бағыт басым рөл атқарады. Оның үлесі жалпы көлемнің 66%-ын немесе 916,1 мың ЖФЭ-ні құрайды. Негізгі транзиттік бағыттар ретінде мыналарды атап өтуге болады: Қытай – Еуропа/Азия бағыттары (728,9 мың ЖФЭ, өсім 16%); Қытай – Ресей – Қытай (325,1 мың ЖФЭ); Қытай – Орталық Азия елдері – Қытай (141,7 мың ЖФЭ); Транскаспий халықаралық көлік бағыты (ТХКБ), жоғары қарқынмен дамып келе жатқан бағыттардың бірі. 2021–2025 жылдар аралығында ТХКБ бойынша жүк тасымалы көлемінің 0,8 млн тоннадан 4,5 млн тоннаға дейін ұлғаюы көлік бағыттарын әртараптандыру үдерісінің күшейгенін және дәстүрлі маршруттарға тәуелділіктің төмендеуін көрсетеді.

Контейнерлендіру үдерісі әртүрлі жүк түрлерін қамтиды. Ішкі тасымалдар құрылымында қара және түсті металдар, құрылыс материалдары және көлік құралдары басым орын алады. Экспорт құрылымында астық және оны қайта өңдеу өнімдері (жалпы үлесі 54%), қара металдар (21%) және түсті металдар (8%) жетекші позицияны иеленеді. Географиялық тұрғыдан алғанда, негізгі сауда серіктесі ретінде Қытай Халық Республикасы жетекші орын алады. Өңірлік деңгейде контейнерлік тасымалдардың өсуі Қостанай облысында айқын байқалады, бұл өнеркәсіп пен аграрлық сектордың дамуымен тікелей байланысты. Астық экспорты көлемінің ұлғаюы өңірдің көлік-логистикалық белсенділігінің артқанын дәлелдейді.

Сонымен қатар, контейнерлік тасымалдардың дамуын тежейтін бірқатар шектеуші факторлар анықталған. Олардың қатарына инфрақұрылымның жеткіліксіз дамуы, контейнерлік терминалдардың шектеулі саны, сондай-ақ контейнер паркі тапшылығы жатады. Бұл факторлар логистикалық операциялардың тиімділігіне теріс әсер етеді.

Жалпы алғанда, контейнерлік тасымалдар саласының дамуы келесі жүйелік проблемалармен сипатталады:

- контейнерлік операцияларды жүзеге асыруға бейімделген станциялар үлесінің төмендігі (шамамен 18%);
- контейнерлік тасымалдардың жоғары құны (дәстүрлі вагондық тасымалдарға қарағанда 2,5 есе жоғары);
- контейнерлік ағындардың теңгерімсіздігі;
- ішкі тасымалдар көлемінің қысқаруы (–12%).

Аталған мәселелер контейнерлендіру деңгейінің одан әрі артуын шектейді және мемлекеттік көлік саясаты шеңберінде кешенді шешімдерді талап етеді.

Қазақстан Республикасының 2029 жылға дейінгі даму стратегиясында көлік-логистикалық инфрақұрылымды жаңғырту, теміржол желілерін дамыту және шекаралық өткізу пункттерінің өткізу қабілетін арттыру көзделген. Бұл елдің транзиттік әлеуетін күшейтіп, жаһандық көлік-логистикалық жүйеге интеграцияны тереңдетуге бағытталған. Контейнерлік теміржол тасымалдары тұрақты өсіп, стратегиялық маңызды болып отыр; инфрақұрылымдық және институционалдық шектеулерді жою Қазақстанның Еуразиядағы жетекші көлік-логистикалық хаб ретінде позициясын нығайтады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан теміржолшысы. «Контейнерлік тасымалдар: статистика және трендтер 2024». Алматы, 2024. URL: <https://rail-news.kz/>
2. Stat.gov.kz. «Қазақстан Республикасындағы теміржол көлігінің жүк айналымы және контейнерлік тасымалдар». Нұр-Сұлтан, 2024.
3. Жақсыбаев, А. «Теміржол контейнерлерін пайдалану және логистикалық тиімділік». Алматы: Қазақ ұлттық транспорт университеті, 2023. 182 б.
4. Қалиақпаров, М. «Қазақстандағы транзиттік контейнерлік тасымалдардың дамуы: стратегия және проблемалар». Нұр-Сұлтан: ҚР Көлік және коммуникациялар министрлігі, 2025. 210 б.

ҰЗЫН ӨЛШЕМДІ РЕЛЬСТІК ПЛЕТТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУ: ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ДАМУ БАҒЫТТАРЫ

Ұзын өлшемді рельстік плеттерді тасымалдау қазіргі кезеңде теміржол көлігінің дамуы жағдайында инфрақұрылымды пайдалану тиімділігін арттырумен және түйіспесіз жолға көшуімен тікелей байланысты негізгі технологиялық міндеттердің бірі болып табылады. Ұсынылған диссертациялық жұмыста көрсетілгендей, соңғы онжылдықтарда ТМД елдерінде де, Қазақстан Республикасында да түйіспесіз жолдардың ұзындығы тұрақты түрде артып келеді, бұл өткізу қабілетін жоғарылату, пайдалану шығындарын азайту және пойыз қозғалысының бірқалыптылығын қамтамасыз ету қажеттілігімен түсіндіріледі. Ауыр салмақты және жоғары жылдамдықты қозғалыстың дамуы жағдайында ұзындығы 800 м және одан да артық рельстік плеттерді қолдану стандартқа айналуға, алайда бұл оларды тасымалдау үдерістерін едәуір күрделендіреді.

Қазіргі уақытта ұзын өлшемді рельстік плеттерді тасымалдау жоғары сыйымдылықты арнайы рельс тасымалдаушы құрамдарды, мысалы РС-800/3 сияқты құрамдарды қолданумен сипатталады. Олар ұзындығы 800 м дейінгі плеттерді жалпы салмағы 1500 тоннадан асатын жүкпен бірге тасымалдауға мүмкіндік береді. Тасымалдау технологиясы құрамды қалыптастыру, тиеу, бекіту, тасымалдау және түсіру кезеңдерінен тұрады, және осы кезеңдердің әрқайсысы елеулі механикалық және динамикалық жүктемелердің әсерімен өтеді. Қазіргі жағдайдың ерекшелігі – әртүрлі профильдегі учаскелермен қозғалу қажеттілігі, соның ішінде кіші радиусты қисықтар, мұнда қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін қозғалыс жылдамдығы 5–40 км/сағ дейін төмендетіледі.

Қазіргі кезеңнің негізгі ерекшелігі – ұзындығы 100–120 м рельстерді тасымалдаудан аса ұзын плеттерге көшу, бұл «рельстік плетъ – бекіту құрылғысы – платформа» жүйесіндегі жүктемелер сипатын түбегейлі өзгертеді. Рельс ұзындығы артқан сайын оның иілгіштігі де артады, сондай-ақ әсіресе қисық учаскелерден өткен кезде бойлық, көлденең және бұралу деформациялары күшейеді.

Бұл саладағы қазіргі даму үрдістері ең алдымен рельс тасымалдаушы құрамдардағы рельстерді бекіту құрылғыларының конструкцияларын жетілдірумен байланысты. Қолданыстағы шешімдерді талдау көрсеткендей, қысқа рельстерге арналған дәстүрлі конструкциялар ұзындығы 800 м плеттерді тасымалдау кезінде қажетті сенімділікті қамтамасыз ете алмайды. Бұл олардың рельстердің бекіту элементтерімен және жылжымалы құраммен өзара әрекеттесуі кезінде пайда болатын кеңістіктік

деформацияларды толық ескермеуінен туындайды. Осыған байланысты көпқабатты орналастыру жүйелерін, демпферлік элементтерді, бағыттаушы құрылғыларды және бойлық қозғалысты сақтай отырып, көлденең орын ауыстыруды шектейтін механизмдерді қолданатын жаңа конструкциялық шешімдерді әзірлеу өзекті болып табылады.

Тағы бір маңызды үрдіс – жүйенің кернеулі-деформацияланған күйін математикалық және сандық модельдеу әдістерін дамыту. Қазіргі зерттеулер ақырлы элементтер әдісін және ANSYS сияқты мамандандырылған бағдарламалық кешендерді қолдануға бағытталған, бұл сызықтық емес әсерлерді, геометриялық ерекшеліктерді және нақты пайдалану жағдайларын ескеруге мүмкіндік береді.

Маңызды үрдістердің бірі – тасымалдау қауіпсіздігін қамтамасыз етудің кешенді тәсіліне көшу, ол тек конструкцияларды жетілдіруді ғана емес, сонымен қатар қозғалыс режимдерін оңтайландыруды да қамтиды. Атап айтқанда, қисықтардың минималды рұқсат етілген радиустарын және қозғалыстың қауіпсіз жылдамдықтарын негіздеу пайда болатын кернеулер деңгейін төмендетуге және апаттық жағдайлардың алдын алуға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ тасымалдау үдерістерін автоматтандыру және бақылау деңгейін арттыру үрдісі ерекше назар аудартады. Қазіргі технологиялар тасымалдау барысында рельстік плеттер мен бекіту элементтерінің жағдайын бақылау жүйелерін енгізуді қарастырады, бұл қауіпті ауытқуларды дер кезінде анықтауға және зақымданулардың алдын алуға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелерді пайдалану тасымалдаудың сенімділігін арттыруға және пайдалану шығындарын азайтуға ықпал етеді.

Осылайша, ұзын өлшемді рельстік плеттерді тасымалдаудың қазіргі жағдайы рельс ұзындығының ұлғаюы және пайдалану жағдайларының күрделенуі кезінде тасымалдаудың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған технологиялардың белсенді дамуымен сипатталады. Негізгі даму үрдістеріне аса ұзын плеттерге көшу, рельс тасымалдаушы құрамдар мен бекіту құрылғыларының конструкцияларын жетілдіру, математикалық модельдеу әдістерін дамыту, жүктемелердің кешенді әсерін ескеру және қозғалыс режимдерін оңтайландыру жатады. Осы бағыттарды жүзеге асыру теміржол көлігінің тиімділігін арттыруға және тасымалдау үдерісіне қойылатын талаптардың өсуі жағдайында инфрақұрылымның тұрақты дамуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Национальный проект «Сильные регионы – драйвер развития страны». URL-адрес: <https://www.akorda.kz/assets/media/files/silnye-regiony.pdf> (дата обращения: 01.11.2023).
3. Бархатный путь. Дополнительный импульс развития экономики региона URL-адрес: <https://ztgt.kz/barxatnyj-put/> (дата обращения: 01.11.2023).
4. Ермаков В. М., Виногород Н. П. Бесстыковой путь на железных дорогах России: Статья Железные дороги мира. № 11, 2000.
5. Крейнис З. Л. Бесстыковой путь. – М.: Маршрут, 2005.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ГРУЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН: СРАВНЕНИЕ 2024 И 2025 ГОДОВ

Проблема безопасности дорожного движения с участием грузовых транспортных средств остаётся одной из острейших в Казахстане. Статистика дорожно-транспортных происшествий (ДТП), представляемая Комитетом правовой статистики Генеральной Прокуратуры Республики Казахстан, свидетельствует о значительном ухудшении ситуации в 2025 году по сравнению с 2024 годом [1, 2].

По данным отчёта за 12 месяцев 2024 года, по вине водителей грузовых транспортных средств произошло 607 ДТП, повлёкших гибель или ранение людей, в которых пострадало 897 человек, из них 155 погибших. За аналогичный период 2025 года число таких ДТП возросло до 923, а количество пострадавших достигло 1403 человека, в том числе 180 погибших.

Наиболее критичным фактором роста является увеличение числа ДТП по виду «наезд на пешехода»: с 111 случаев в 2024 году до 190 в 2025 году — прирост составил 71,2%. Параллельно в 1,96 раза (с 52 до 102 случаев) вырос фактор непредоставления преимущества пешеходам водителями грузовых транспортных средств (+96,2%).

Особую тревогу вызывает динамика пострадавших несовершеннолетних: количество раненых детей в ДТП по вине водителей грузовых ТС возросло с 105 до 203 человек (+93,3%), а число погибших несовершеннолетних — с 21 до 24 (+14,3%). Сводная сравнительная таблица ключевых показателей приведена ниже (Таблица 1).

Показатель	2024 (12 месяцев)	2025 (12 месяцев)	Рост в процентах
Количество дорожно - транспортных происшествий, повлекших гибель или ранение людей произошедших по вине водителя грузового транспортного средства	607	923	+52,1%

Количество дорожно - транспортных происшествий, повлекших гибель или ранение людей произошедших по вине водителя грузового транспортного средства по виду ДТП “наезд на пешехода”	111	190	+71,2%
Фактор непредоставления преимущества пешеходам или иным участникам водителями грузовых транспортных средств ставший причиной дорожно - транспортного происшествия, повлекшего гибель или ранение людей	52	102	+96,2%
Количество пострадавших в дорожно - транспортных происшествиях, произошедших по вине водителя грузового транспортного средства	897	1403	+56,4%
Количество погибших в дорожно - транспортных происшествиях, произошедших по вине водителя грузового транспортного средства	155	180	+16,1%
Количество погибших несовершеннолетних в дорожно - транспортных происшествиях, произошедших по вине водителя грузового транспортного средства	21	24	+14,3%
Количество раненных в дорожно - транспортных происшествиях, произошедших по вине водителя грузового транспортного средства	723	1223	+69,2%
Количество раненных несовершеннолетних в дорожно - транспортных происшествиях, произошедших по вине водителя грузового транспортного средства	105	203	+93,3%

Таблица 1 — Сравнительный анализ ДТП по вине водителей грузовых ТС в Республике Казахстан (2024–2025 гг.)

Приведенные данные свидетельствуют о системном характере проблемы. Одним из ключевых факторов риска является ограниченная видимость из кабины грузового транспортного средства — так называемые «слепые зоны». По данным Volvo Trucks Safety Report 2017, слепые зоны занимают значительную площадь вокруг кабины, что существенно затрудняет своевременное обнаружение пешеходов [3].

В целях разработки практического инженерного решения данной проблемы авторами предложена модульная система детекторного устройства на присутствие пешеходов в слепой зоне грузового транспортного средства. Устройство сочетает ультразвуковой сенсор, тепловой датчик, одноплатный процессор Arduino, пьезоэлектрический звуковой сигнализатор и систему автономного питания на солнечной батарее с аккумулятором.

Принцип работы устройства основан на пересечении сигналов от двух типов сенсоров - ультразвукового и теплового. Только совместное срабатывание обоих датчиков инициирует звуковой сигнал для водителя, что обеспечивает высокую точность обнаружения пешехода и исключает ложные тревоги. Устройство предназначено для монтажа на приборную панель и внешние поверхности кузова грузового транспортного средства широкого профиля без внесения изменений в конструкцию автомобиля.

Таким образом, выявленная устойчивая тенденция роста ДТП с участием грузовых ТС, особенно в части наезда на пешеходов, подтверждает актуальность разработки и внедрения технических средств превентивной безопасности в данном сегменте транспорта. Предложенное устройство представляет собой доступное, серийно воспроизводимое инженерное решение, ориентированное на широкий рынок грузового автотранспорта Республики Казахстан и потенциально значимое в контексте концепции Vision Zero (концепция профилактики смертельных дорожно-транспортных происшествий).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

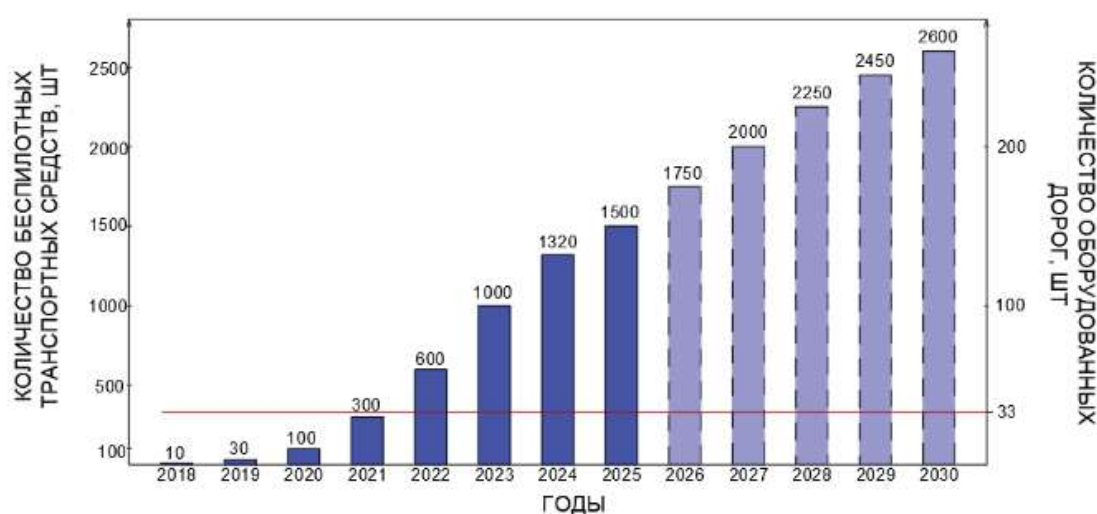
1. Отчёт Комитета правовой статистики ГП РК «О ДТП, повлекших гибель или ранение людей» за 2025 год. Номер среза F06016. — URL: <https://qamqor.gov.kz/crimestat/statistics>
2. Отчёт Комитета правовой статистики ГП РК «О ДТП, повлекших гибель или ранение людей» за 2024 год. Номер среза F06015. — URL: <https://qamqor.gov.kz/crimestat/statistics>
3. Volvo Trucks Safety Report 2017 / S. Kockum, R. Örtlund et al. — Gothenburg: Volvo Group, 2017. — URL: <https://www.volvogroup.com/content/dam/volvo-group/markets/master/about-us/traffic-safety/Safety-report-2017.pdf>

АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МЕГАПОЛИСОВ ТРЕБОВАНИЯМ ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В настоящее время развитие дорожной отрасли неразрывно связано с процессами цифровизации и автоматизации. Ключевым направлением является имплементация беспилотных транспортных средств, обладающих способностью к автономному перемещению в заданных условиях. За последние годы наблюдается значительный прогресс в технологиях автономного вождения, перешедших от стадии экспериментальной апробации к практической эксплуатации: к 2025 году на территории Российской Федерации функционирует более тысячи автономных транспортных средств, включая пассажирские и грузовые модификации.

Высокоавтоматизированные транспортные системы классифицируются по уровням автоматизации, варьирующимся от нулевого, предполагающего полную ответственность водителя, до пятого, характеризующегося полным автономным управлением. Ввиду того, что полностью автономные системы пятого уровня на данный момент не достигнуты, при оценке инфраструктурных решений релевантными являются уровни со второго по четвертый.

Сейчас беспилотные автомобили применяются для перевозки пассажиров в Москве, Сириусе и Иннополисе, а также для грузовых перевозок, например, на трассе М-11 «Нева». С 2018 по 2024 годы численность выросла с 10 до 1320 единиц.



Прогноз до 2030 года предполагает дальнейший рост, однако скорость внедрения будет зависеть от готовности инфраструктуры, которая развивается медленнее. В этих условиях традиционные подходы к

проектированию и эксплуатации автомобильных дорог требуют модернизации.

Для обеспечения бесперебойной работы систем беспилотного вождения требуется комплексная модернизация дорожной среды. Одним из ключевых элементов являются высокоточные цифровые карты — так называемые цифровые двойники дороги, содержащие сведения о полосах движения, бордюрах, знаках, разметке и временных изменениях.

Не менее важную роль играют системы связи V2X, обеспечивающие взаимодействие автомобиля с инфраструктурой и другими транспортными средствами. Требования также включают высокое качество дорожного покрытия, ровность и отсутствие разрушений. Особое значение имеет дорожная разметка — она должна быть яркой, устойчивой к износу и хорошо различимой в тёмное время суток и зимой. Системы навигации и точного позиционирования должны обеспечивать надёжный приём сигналов ГЛОНАСС/GPS, а в перспективе — сантиметровую точность благодаря наземным станциям. Дополнительно необходимо создавать зоны для разворотов, посадки и высадки пассажиров, аварийной остановки БТС, а также центры обработки данных и обслуживания автомобилей.

Москва достигла заметных успехов в цифровизации отдельных участков для пилотных проектов беспилотного транспорта (БТС), но до полной цифровизации всей дорожной сети еще далеко. Иннополис и Сириус, благодаря изначальному проектированию с учетом современных технологий, быстрее интегрировали автономный транспорт. Тюмень также показывает прогресс в развитии цифровой инфраструктуры, хотя работа над цифровыми моделями дорог продолжается.

Главный вывод заключается в том, что развитие беспилотного транспорта неразрывно связано с модернизацией дорожной инфраструктуры, которая должна стать технологичной, стандартизированной и цифровой. Несмотря на то, что российские дороги пока не готовы к повсеместному внедрению беспилотников, уже сформирована необходимая база для расширения их применения в пассажирских и грузовых перевозках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Министерство транспорта РФ. Проект «Беспилотный логистический коридор». — 2024. — URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11810>
2. Министерство транспорта РФ. Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств. — М.: Минтранс России, 2023. — 42 с.
3. ГОСТ Р 57144–2016. Транспортные средства. Беспилотные транспортные средства. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2016. — 12 с.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ КӨЛІК-ЛОГИСТИКАЛЫҚ ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫН ДАМУ: ТРАНЗИТТІК ӘЛЕУЕТТІ АРТТЫРУДЫҢ ЗАМАНАУИ ҮРДІСТЕРІ

Кіріспе. Қазіргі жаһандану жағдайында көлік-логистикалық инфрақұрылым елдің экономикалық дамуының негізгі драйверлерінің бірі болып табылады. Қазақстан Республикасы Еуропа мен Азияның тоғысында орналасқандықтан, халықаралық транзиттік ағындарды қамтамасыз етуде стратегиялық маңызды рөл атқарады.

Тақырыптың өзектілігі – соңғы жылдары әлемдік логистикалық тізбектердің өзгеруі, геосаяси факторлар және жеткізу маршруттарының қайта құрылуы Қазақстанның транзиттік әлеуетін тиімді пайдалануды талап етеді.

Қазақстандағы көлік инфрақұрылымының қазіргі жағдайы. Соңғы деректерге сәйкес, 2025 жылы Қазақстан арқылы өтетін транзиттік жүк көлемі 36,9 млн тоннаны құрап, 2024 жылмен салыстырғанда 6,6%-ға өсті. Бұл көрсеткіш елдің транзиттік хаб ретіндегі рөлінің күшейіп келе жатқанын көрсетеді [1].

Сонымен қатар:

- теміржол арқылы тасымал көлемі 320 млн тоннаға жетті (+5,5%);
- теңіз тасымалы 8 млн тоннаға дейін өсті (+7%);
- порттардағы контейнерлік айналым 29%-ға артып, 90 мыңнан астам TEU құрады [2].

Бұл өсім көлік инфрақұрылымын жаңғырту, халықаралық дәліздерді дамыту және цифрлық технологияларды енгізу нәтижесінде мүмкін болды.

Дегенмен, Қазақстанның логистикалық тиімділік индексында (LPI) позициясы әлі де төмен деңгейде қалып отыр. 2024 жылы ел 95-орынға дейін төмендеген, бұл инфрақұрылым, қойма және кедендік рәсімдердегі проблемалардың бар екенін көрсетеді [3].

Халықаралық көлік дәліздерінің рөлі. Қазақстан халықаралық көлік дәліздерін дамыту арқылы өзінің транзиттік әлеуетін арттыруда. Негізгі бағыттар:

- «Шығыс–Батыс» дәлізі;
- «Солтүстік–Оңтүстік» дәлізі;
- Транскаспий халықаралық көлік бағыты.

Транскаспий бағыты бойынша тасымал көлемі соңғы жылдары айтарлықтай өсті. 2025 жылы бұл бағыттағы жүк ағыны 36%-ға артты.

Сонымен қатар, «Солтүстік–Оңтүстік» бағыты бойынша тасымал көлемі бірнеше есеге ұлғайып, Қазақстанның халықаралық логистикадағы рөлін күшейтті [4].

Инфрақұрылымдық жобалар және инвестициялар. Қазақстанда көлік инфрақұрылымын дамыту мақсатында ірі жобалар жүзеге асырылуда:

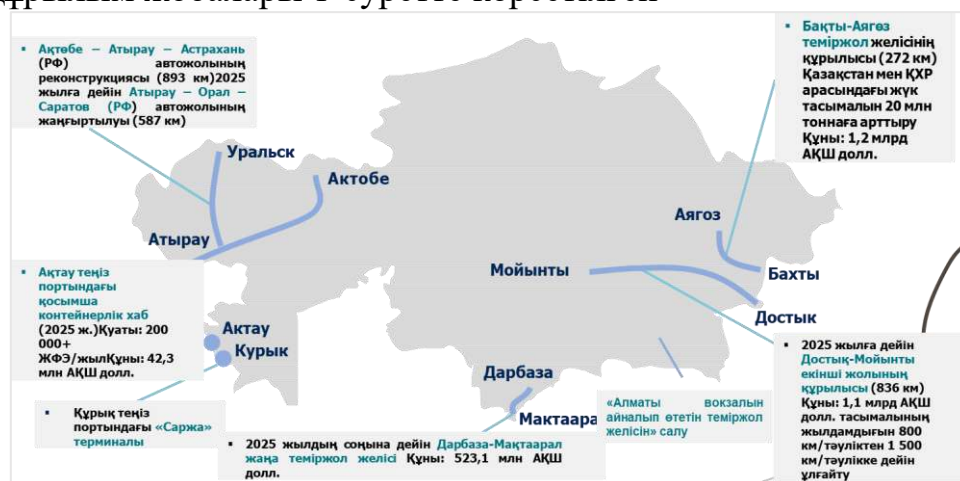
- автомобиль жолдарының 13 мың км-ден астамы жөнделді және салынды ;

- шекаралық өткізу пункттерін жаңғырту жүргізілуде (2027 жылға дейін 37 пункт);

- порттардың өткізу қабілетін арттыру және контейнерлік инфрақұрылымды дамыту жоспарланған.

Каспий теңізіндегі Ақтау және Құрық порттарын дамыту ерекше маңызға ие. Бұл порттар арқылы өтетін жүк көлемін арттыру Қазақстанның транзиттік әлеуетін күшейтеді.

Сонымен қатар, көлік саласына инвестициялар көлемі тұрақты түрде өсуде. 2025 жылы негізгі капиталға салынған инвестициялар 18,4%-ға артты[5]. Қазақстан аумағындағы негізгі көлік-логистикалық инфрақұрылым жобалары 1-суретте көрсетілген



Сурет 1 – Қазақстандағы көлік-логистикалық инфрақұрылым жобаларының картасы.

Негізгі мәселелер. Қазақстанның көлік-логистикалық жүйесінде бірқатар жүйелі проблемалар сақталуда:

- инфрақұрылымның тозуы;
- логистикалық процестердің жеткіліксіз цифрландырылуы;
- порттар мен теміржол желілеріндегі «тар орындар»;
- кедендік рәсімдердің күрделілігі;
- контейнерлік терминалдардың жетіспеушілігі.

Сонымен қатар, шекарадағы кідірістер мен әкімшілік тосқауылдар логистикалық шығындардың артуына әкеледі.

Даму перспективалары. Қазақстан алдағы жылдары көлік-логистика саласын дамыту бойынша бірқатар стратегиялық мақсаттар қойып отыр:

- транзиттік ағындарды одан әрі арттыру;
- мультимодальды тасымалдауды дамыту;
- цифрлық логистика жүйелерін енгізу;
- халықаралық көлік дәліздерін кеңейту;
- порттар мен теміржол инфрақұрылымын жаңғырту.

Орта мерзімді перспективада порттардың өткізу қабілетін 1,5 есеге арттыру және контейнерлік қуаттарды бірнеше есе ұлғайту жоспарлануда.

Бұл шаралар Қазақстанның Еуразиядағы негізгі транзиттік хаб ретіндегі позициясын нығайтуға мүмкіндік береді.

Қорытынды.

Жалпы алғанда, Қазақстанның көлік-логистикалық инфрақұрылымы қарқынды даму кезеңінде тұр. Соңғы жылдары транзиттік тасымал көлемінің өсуі және инфрақұрылымдық жобалардың іске асырылуы елдің халықаралық көлік жүйесіндегі рөлінің артып келе жатқанын дәлелдейді. Сонымен қатар, инфрақұрылым сапасын арттыру, цифрландыруды дамыту және басқару тиімділігін жақсарту негізгі басымдықтар болып қала береді.

Осы бағыттарда жүйелі жұмыс жүргізілген жағдайда Қазақстан Еуропа мен Азия арасындағы жетекші транзиттік орталықтардың біріне айналу мүмкіндігіне ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Қазақстан Республикасы Үкіметі. Қазақстан Республикасының көлік–логистикалық әлеуетін дамытудың 2030 жылға дейінгі тұжырымдамасын бекіту туралы. 2022 жылғы 30 желтоқсандағы № 1116 қаулысы. – URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2200001116>
2. Азнабакиева К. Қазақстан мен Қытай Транскаспий бағыты арқылы жүк ағынын бес жыл ішінде бірнеше есе арттырады // Kursiv Media, 2024, 25 қыркүйек. — URL: <https://kz.kursiv.media/2024-09-25/kmlz-tmtmperevozki/>
3. Дүниежүзілік Банк. Логистикалық өнімділік индексі және оның көрсеткіштері – Вашингтон., 2024 жыл // [Электронды ресурс] – URL: https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/202304/LPI_2023_report_with_layout.pdf
4. Илин И., Лепехов С., Ильяшенко О. Халықаралық Солтүстік–Оңтүстік көлік дәлізі: Ресейдің «Оңтүстікке бет бұруын» және Транс-Еуразиялық байланыстылығын дамыту. Russian Journal of Economics, 2022, №8(3), 276–292 б – DOI:<https://doi.org/10.32609/j.ruje.8.86617>
5. Ван Твиллерт Н., Халлек Вега С. Қауіп немесе мүмкіндік? «Белдеу мен жол» бастамасы және Қытай–Орталық Азия–Батыс Азия экономикалық дәлізіндегі қарыздың рөлі. Eurasian Geography and Economics, 2023, №64(3), 365–377 б – DOI: <https://doi.org/10.1080/15387216.2021.2012816>

СКЛАДСКАЯ ЛОГИСТИКА И РОБОТИЗАЦИЯ

Складская логистика представляет собой ключевое звено в структуре управления материальными потоками. Рост электронной коммерции, усложнение ассортимента и сокращение сроков поставки формируют повышенные требования к скорости обработки заказов и точности операций. В этих условиях традиционные методы организации складских процессов становятся недостаточно эффективными, что обуславливает внедрение роботизированных решений.

Роботизация склада рассматривается как переход к высокотехнологичной модели функционирования, основанной на интеграции механизированных систем, программного обеспечения и интеллектуального управления потоками.

Современные роботизированные технологии в складской логистике включают:

Автономные мобильные роботы осуществляют перемещение паллет и контейнеров без участия человека. В отличие от традиционных конвейеров, мобильные платформы обладают гибкостью маршрутов и способны адаптироваться к изменениям планировки склада.

Роботизированные стеллажные комплексы обеспечивают высотное размещение товаров и автоматический отбор продукции. Это позволяет увеличить плотность хранения и снизить потребность в складской площади.

Манипуляторы и системы автоматического подбора товаров сокращают время комплектации и уменьшают количество ошибок.

Роботизация оказывает существенное влияние на показатели складской деятельности:

- увеличение производительности на 30–70 %;
- сокращение времени обработки заказа;
- снижение количества ошибок при комплектации;
- уменьшение эксплуатационных расходов в долгосрочной перспективе.

Высокие первоначальные инвестиции компенсируются ростом пропускной способности склада и снижением затрат на персонал. Кроме того, роботизация снижает зависимость предприятия от кадрового дефицита, особенно в крупных распределительных центрах.

Роботизация требует глубокой интеграции с системой управления складом - Warehouse Management System (WMS). Координация работы роботов осуществляется через централизованные программные платформы, обеспечивающие синхронизацию материальных и информационных потоков.

Важным условием успешного внедрения является предварительный анализ складских процессов. Роботизация наиболее эффективна на складах с высокой оборачиваемостью и значительными объемами однотипных операций.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение роботизированных систем сопровождается рядом рисков:

- значительные капитальные вложения и длительный срок окупаемости;
- технологическая зависимость от поставщиков оборудования;
- необходимость модернизации инфраструктуры склада;
- риски сбоя программного обеспечения;
- потребность в высококвалифицированном техническом персонале.

Кроме того, высокая степень автоматизации может снижать гибкость в случае резкого изменения ассортимента или структуры заказов.

Развитие роботизации связано с интеграцией технологий искусственного интеллекта, машинного зрения и аналитики больших данных. Прогнозируется дальнейшее повышение автономности систем и расширение применения коллаборативных роботов, взаимодействующих с человеком.

В долгосрочной перспективе роботизация складской логистики станет базовым стандартом функционирования крупных распределительных центров.

Роботизация складской логистики является закономерным этапом эволюции логистической инфраструктуры. Она обеспечивает повышение производительности, снижение ошибок и формирование устойчивых конкурентных преимуществ предприятия.

Вместе с тем эффективность роботизации определяется комплексностью подхода к внедрению, точностью экономических расчётов и готовностью организации к цифровой трансформации.

Роботизация складской логистики представляет собой современное направление повышения эффективности обработки материальных потоков за счёт внедрения автономных мобильных роботов, автоматизированных систем хранения и интеллектуальных систем управления. Использование роботизированных решений позволяет значительно сократить время комплектации заказов, уменьшить количество ошибок и повысить пропускную способность распределительных центров. Вместе с тем внедрение подобных технологий требует значительных инвестиций, модернизации инфраструктуры и наличия квалифицированных специалистов для обеспечения стабильной работы оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Сергеев В.И. Логистика: учебник для академического бакалавриата. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2022. – 480 с.
2. Аникин Б.А., Родкина Т.А. Логистика: учебное пособие. – М.: Проспект, 2021. – 408 с.

КӘСІПОРЫНДА КӨЛІКТІК-ЭКСПЕДИТОРЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУДІ ҰЙЫМДАСТЫРУДА ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Аннотация. Мақалада Қазақстандағы көлік-экспедиторлық қызметтердің даму бағыттары мен оңтайландыру шаралары қарастырылады. Цифрлық технологияларды енгізу тасымалдау уақытын қысқартып, шығындарды азайтуға ықпал етеді. Зерттеу барысында саланың қазіргі жағдайы талданып, жетілдіру бойынша ұсыныстар берілді.

Кілт сөздер: көлік-экспедиторлық қызмет, логистика, цифрландыру, тасымалдау тиімділігі, инновациялар.

Халықаралық сауда мен капитал ағындарының қарқынды дамуы қазіргі әлемдік экономиканың негізгі үрдісі болып табылады. 2008 жылы әлемдік экспорт шамамен 16 трлн АҚШ долларын құраса, 2023 жылы 30,7 трлн, 2024 жылы 32,2 трлн АҚШ долларына жетіп, шамамен 4%-ға өсті [1]. Сарапшылар бұл өсімді цифрлық экономика, жасанды интеллект пен жаһандық жеткізу тізбектерінің қайта құрылуымен байланыстырады, ал бұл көлік-логистика мен халықаралық тасымал инфрақұрылымының маңызын арттырады.

Ғылыми зерттеулерде көлік-экспедиторлық қызметтің тиімділігін арттыру үшін цифрлық платформалар, ақпараттық жүйелер және ERP шешімдерін қолданудың маңыздылығы атап өтіледі. Хук көлік биржалары арқылы тасымалдарды үйлестіруді, Лапинскайте және әріптестері сандық технологиялар арқылы операциялық тиімділікті арттыруды, Поляк автотасымалдауда цифрлық құралдарды, ал Жанбиров жүк ағындарын басқарудың модельдерін зерттеген [2].

Зерттеуде сараптамалық және сапалық әдістер қолданылып, мамандар тәжірибесі талданды. Бұл тәсіл көлік қызметтерінің дамуына кедергі келтіретін факторларды, тасымалдау процесіне әсер ететін негізгі факторларды және қызмет сапасына ықпал ететін үрдістерді анықтауға мүмкіндік берді. Кәсіпорындарға әсер ететін факторларды бағалау үшін PESTEL талдауы жүргізілді.

1-кесте

Көліктік-экспедиторлық кәсіпорындардың PESTEL - талдауы

Саяси факторлар.	Қазақстан Үкіметі мемлекеттік бағдарламалар мен ірі инфрақұрылымдық жобаларды іске асыру арқылы көлік саласының дамуын қолдап келеді, бұл өз кезегінде логистикалық компаниялардың қызметін кеңейтуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар Қазақстанның халықаралық ұйымдар мен интеграциялық бірлестіктерге (мысалы, ЕАЭО, ШЫҰ) қатысуы халықаралық жүк тасымалын жеңілдетіп, транзиттік әлеуетті арттырады. Елдегі салыстырмалы түрде тұрақты саяси жағдай ұзақ мерзімді

	логистикалық жобаларды жоспарлау мен іске асыру үшін қолайлы орта қалыптастырады.
Экономикалық факторлар.	Ұлттық экономиканың даму қарқыны жүк тасымалы көлемінің ұлғаюына және логистикалық қызметтер нарығының кеңеюіне ықпал етеді. Сонымен бірге инфляция деңгейінің жоғары болуы мен валюта бағамының құбылмалылығы көлік шығындары мен логистикалық қызметтердің өзіндік құнына әсер етуі мүмкін. Автомобиль жолдары, теміржол желілері және көлік инфрақұрылымының басқа да элементтерін дамытуға бағытталған инвестициялар елдің логистикалық мүмкіндіктерін жақсартуға жағдай жасайды.
Әлеуметтік факторлар.	Халық санының артуы және урбанизация үдерісінің күшеюі тауарларды жеткізу қызметтеріне деген сұранысты арттырады. Сонымен қатар логистика және көлік саласында білікті кадрлардың болуы компаниялардың тиімді жұмыс істеуіне маңызды әсер етеді. Электрондық коммерцияның дамуы логистикалық компаниялардан жылдам, икемді және сенімді жеткізу жүйелерін ұйымдастыруды талап етеді.
Технологиялық факторлар.	Қоймаларды автоматтандыру, GPS-навигация, жеткізу тізбегін басқару жүйелері және цифрлық платформаларды енгізу логистикалық операциялардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Интернет пен цифрлық коммуникация құралдарының кеңінен таралуы тұтынушылармен өзара әрекеттесуді жеңілдетіп, қызмет көрсету жылдамдығын арттырады. Сонымен қатар электромобильдер, автономды көлік құралдары және интеллектуалды көлік жүйелері сияқты жаңа технологиялар тасымалдау шығындарын төмендетіп, көлік қызметтерінің тиімділігін арттыруға ықпал етеді.
Экологиялық факторлар.	Көлік саласына қойылатын экологиялық талаптардың күшеюі логистикалық компанияларды экологиялық таза технологияларды енгізуге және «жасыл логистика» қағидаларын қолдануға ынталандырады. Қоршаған ортаны қорғауға деген назардың артуы энергия тиімді көлік құралдарын пайдалануды және көміртек шығарындыларын азайтуды талап етеді. Сонымен қатар климаттың өзгеруі тасымалдау маршруттары мен логистикалық операцияларды жоспарлауға әсер етуі мүмкін.
Құқықтық факторлар.	Көлік және логистика саласын реттейтін заңнамалық нормалар компаниялардың қызметіне тікелей ықпал етеді. Кедендік заңнамалардағы өзгерістер халықаралық жүк тасымалының ұйымдастырылуына әсер етуі мүмкін. Бұдан бөлек, жүргізушілер мен қойма қызметкерлерінің еңбек жағдайлары мен қауіпсіздігіне қойылатын талаптар логистикалық сектордағы қызметтің тиімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.
Ескертпе – [3] әдебиет негізінде автормен құрастырылған	

Осы факторларды ескере отырып, көлік-логистикалық компаниялар нарыққа бейімделу үшін кешенді стратегиялар әзірлеуі тиіс. Қазақстанда көлік-экспедиторлық қызметтердің цифрландыру деңгейі әлі жеткіліксіз, бұл операциялардың тиімділігін шектейді. Автоматтандыру, маршруттарды оңтайландыру және ERP жүйелерін енгізу тиімділікті арттырып, деректерге негізделген басқаруды қамтамасыз етеді [4]. Цифрлық платформалар жүк бақылауын жеңілдетіп, адами факторды азайтады.

2-кесте

ERP жүйесін кәсіпорынға енгізудің экономикалық әсері

	Тиімділік көрсеткіштері	Пайыздық көрсеткіш
Тиімділік және оперативтілік	Пайданың өсуі	13%
	Тапсырысты өндеудің жеделдеуі	46%
	Тапсырыстарды орындау мерзімдерінің қысқаруы	22%
	Операциялық және әкімшілік шығыстардың қысқаруы	32%
Айналым қаражаты	Қорлар айналымының өсуі	23%
	Дебиторлық берешектің қысқаруы	14%
	Өнімнің өзіндік құнының төмендеуі	9%
Еңбек шығындары және есеп беру	Әртүрлі бөлімшелердегі еңбек шығындарының азайюы	22%
	Басқарушылық есептілікті алудың жеделдеуі	2 есе
	Регламенттелген есептілікті дайындаудың жеделдеуі	59%
Ескерту - [4] әдебиет негізінде автормен құрастырылған		

GPS және RFID технологиялары тасымалдау процесін нақты уақыт режимінде қадағалауға мүмкіндік беріп, логистикалық тізбектің айқындығын қамтамасыз етеді [5]. Сонымен қатар, бұл жүйелер тапсырыс берушілерге жеткізу мерзімі туралы нақты ақпарат ұсына отырып, клиенттердің қанағаттану деңгейін арттырады. Қазақстанда цифрлық шешімдерді кеңінен енгізу көлік-экспедиторлық қызметтердің дамуының маңызды қадамы болып саналады.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, көлік-экспедиторлық қызметті оңтайландыру Қазақстанның логистикалық әлеуетін күшейтіп, халықаралық тасымалдардағы бәсекеге қабілеттілікті арттыруға мүмкіндік береді. Цифрлық технологияларды енгізу көлік саласының тиімділігін едәуір жоғарылатуда маңызды рөл атқарады. ERP жүйелері мен ГЛОНАСС/GPS технологияларын пайдалану тасымалдау процестерін жеделдетіп, шығындарды азайтуға ықпал етеді. Сонымен қатар, көлік инфрақұрылымын жаңарту және халықаралық стандарттарға сай құқықтық реттеу жүйесін жетілдіру қажет. Мемлекеттік қолдау шаралары, инвестицияларды тарту және заманауи логистикалық орталықтарды дамыту көлік-экспедиторлық қызметтердің сапасын арттырады. Бұл ұсыныстарды іске асыру Қазақстанның көлік-логистикалық секторының тұрақты дамуын қамтамасыз етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Дүниежүзілік сауда ұйымы. Ресми парақша [Электронды ресурс] URL: <https://www.wto.org> (дата обращения: 13.03.2025).
2. Жанбирова, Е., Жанбирова, Ф. Автокөлікпен жүк ағындарын тиімді тасымалдауды ұйымдастыру моделдері. Транспортные системы Казахстана, 2022, №122(3), 136-143 бб.
3. Лапинская, И., Ингауните, Н. Көлік-экспедиторлық компаниялардың сандық шешімдері мен тәуекелдерін бағалау. Technological and Economic Development of Economy, 2024.
4. 1С:ERP Управление предприятием // [Электрондық ресурс] URL: <https://v8.1c.ru/erp/>. – 2023.
5. Поляк, М., Саламакина, Е. Экспедитордың жауапкершілік лимиттерін талдау және түзету. Logistics, 2024, №8(2)

ХИМИЯ - БИОЛОГИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ

CATALYTIC DEPARAFINIZATION

During the transportation of oil and its storage in tanks, deposits are formed at the bottom, consisting of mineral (non-oil) particles and mainly the heaviest hydrocarbons of the paraffin series, the specific weight of which is higher than the density of oil and water. From a physical point of view, sediment is a dense, non-liquid mass that sits very unevenly at the bottom of the tank. The sediment level is from 0.3 to 3 meters, and the volume is from 300 to 6000 m³. The sludge prevents the oil from moving and its various layers from mixing in the tank, which contributes to the isolation of concentrated aggressive solutions of salts and the development of corrosive processes in the Lower Zone and in the first belt of the tank. At the same time, the working (useful) volume of the tank is reduced.

All this reduces the operational characteristics of the facility and negatively affects the quality of oil and Oil Products re-poured into these containers. Partial inspection of tanks with cleaning in accordance with the requirements set out in the "rules for technical operation of Tanks" (2004) is provided at least once every 5 years, full - at least once every 10 years. The frequency of cleaning containers is specified in the requirements of GOST 1510-84 and depends on the type of petroleum products, the technical condition of the tanks, storage conditions and the frequency of replacement of varieties of petroleum products. Timely cleaning of tanks from residues of petroleum products, high-viscosity resinous precipitation, moisture and mechanical impurities ensures the smooth operation of oil depots, gas stations, TPP and fuel and lubricants warehouses. Cleaning tanks from sediment is a dangerous and time-consuming task, which requires significant material costs. Even the most progressive method of cleaning-chemically mechanized, does not exclude manual labor and the presence of people in the carbonated zone inside the tank. Depending on the specific conditions (the type, capacity of the tank, the presence of a stationary system for washing deposits at its bottom, the number and mechanical properties of solid oil residues), various methods and technological schemes can be used to clean the tank[1].

Carbamide deparafinization is a type of paraffin hydrocarbon separation process used in the production of fuel and low viscosity oils. As a result, not only low-solidifying fuel or low-viscosity oil is obtained, but also liquid or soft paraffins. Carbamide deparafinization is fundamentally different from the technologies described above, since in this case it is not necessary to cool the raw material or its solutions to low temperatures in order to separate paraffin hydrocarbons.

NH₂CONH₂ carbamide can be in two Crystal modifications: tetragonal and hexagonal. Pure carbamide has a tetragonal structure, each crystalline cell of which

consists of four molecules. It is a tightly packed crystal with no voids that can accommodate the molecules of another substance. In the process of complex formation, there is a transformation of the crystal lattice of the carbamide from tetragonal to hexagonal. In this case, the crystalline cell consists of six carbamide molecules arranged in a spiral and rotated at an angle of 120° relative to each other. In this construction, a free space (channel) is formed between the carbamide molecules, where the molecules of another substance are located. The diameter of the channel in the narrow part is 4.9 Å, and in the wide part it is about 6 Å, so the cross-sectional diameter of the molecules of the carbamide complex can form substances smaller than the diameter of the Channel[2]. Of the components in oil raw materials, only the transverse size of H-Alkane molecules ($3.8\div 4.2$ Å) is less than the diameter of the channel in the hexagonal cell of carbamide. Therefore, the necessary structural element of the molecule of substances that determines their ability to form a complex with carbamide is the presence of a paraffin chain of a normal structure.

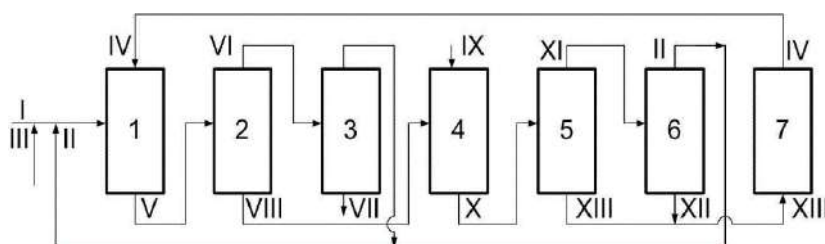
For compounds of each class or a given homologous series, there is a minimum chain length required to form the complex. For alkanes h at room temperature and normal pressure, it is equal to 6 carbon atoms. The highest member of the homologous series capable of forming a complex with carbamide can be a hydrocarbon, for which the energy of the formation of the complex also exceeds the energy of its crystal lattice[3].

Low molecular weight H-alkanes form a less stable complex than high molecular weight, but a complex with low molecular weight alkanes has a higher rate of formation. The depth of obtaining high-molecular hydrocarbons capable of forming a complex depends on the duration of contact of the carbamide with the oil fraction.

The process of deparafinization with carbamide, regardless of the technological scheme, includes the following main stages:

- mixing raw materials with solvent, carbamide and activator;
- creation of the complex;
- separation of the complex from the solution of the deparafined product;
- washing and decomposition of the complex;
- separation of paraffin solution from carbamide (carbamide solution);
- regeneration of solvent from unrefined product and paraffin solution;
- carbamide regeneration.

The scheme of the carbamide deparafinization process is shown in Figure



1.

Figure 1-schematic diagram of the carbamide deparafinization process

1-reactor block; 2-solid - phase separation block from liquid; 3, 6, 7-solvent regeneration blocks from deparafinized product, paraffin and carbamide Solutions; 4-apparatus for complex destruction; 5-filter, centrifuge or precipitator.

Lines: I-raw material; II-solvent; III-activator; IV-carbamide; V-mixture of complex and unrefined product solution; VI-unrefined product solution; VII-unrefined product; VIII-complex; IX-water or other agent for complex destruction; x - paraffin and carbamide solutions; XI-paraffin solution; XII-paraffin; XIII-carbamide solution; XIV-water or other agent after carbamide regeneration[4].

Raw materials I are mixed with solvent II and activator III and enter reactor 1, where carbamide IV is fed. A complex will appear in the reactor. V the mixture of the complex and solution of the deparafine product enters the solid phase from the liquid phase to Section 2, which is carried out by filtration, centrifugation or deposition. As a result, two products are obtained: a complex of carbamide hydrocarbons VIII and a solution of unrefined product VI. The complex, after washing with a solvent, is sent to apparatus 4 for decomposition using hot water or solvent IX. The paraffin and complex X solutions in Section 5 are then separated into paraffin XI solution and carbamide XIII solution by centrifugation or deposition. Solutions of unrefined product VI and paraffin XI are included in Sections 3 and 6 of solvent regeneration. Section 7 serves to recover carbamide.

LAST OF SOURCES USED:

1 Saulebekova A.K. *Ecological state of oil-contaminated soils of various localities of Atyrau region.: abstract of the cand. biol. nauk.: 03.00.16, Almaty, 2007. – p.21*

2 Bulatov A.I., Makarenko P.P., Shemetov V.Yu. *Environmental protection in the oil and gas industry. Moscow: Nedra, 2007. 470 p.*

3 *Control of chemical and biological parameters of the environment. Encyclopedia of Ecometrics / edited by L.K. Isaeva– St. Petersburg: Christmas, 1998– 896 p.*

4 Paskhalny S. P., *Ecology of the oil and gas complex // Abstracts of the I All-Union Conference, 2008, pp. 201-202.*

CONFORMATIONAL PROPERTIES OF THE SCHIFF BASE

The main objectives of the physical chemistry of mesophases are the determination of the molecular structure, energy and electronic characteristics, and establishing of patterns of influence of the molecular structure of liquid crystals on the mesomorphic and physical properties of mesophases.

The preferred conformations of compounds play a significant role in shaping the physical properties of liquid crystals. Certain advances have been made in studying the conformational properties of mesogenic compounds: stable conformations have been predicted for isolated molecules and molecular pairs of compounds, correlations between calculated values and substituent constants have been discovered, potential functions and rotational potential energy surfaces have been constructed, and internal rotation barriers have been estimated.

The objects of our research are thermotropic uniaxial two-ring mesogenic aromatic compounds, which are primarily nematics – one of the most common liquid crystals. Nematic LCs (NLCs) are widely used in optoelectronics, gas-liquid chromatography, thermography, and as laser media, which stimulates the experimental and theoretical study of multicomponent systems containing NLCs. A direct consequence of the structural features of nematic liquid crystals is the absence of competitors among other electro-optical materials in terms of energy consumption for their switching. The optical properties of a liquid crystal can be controlled using power in the microwatt range. Typical uniaxial nematics, on which the majority of serious experimental studies have been performed, are Schiff bases [1]. Figure 1 shows the weakly polar Schiff base methoxybenzylidene-*p*-cyanoaniline (MBCA) as an example.

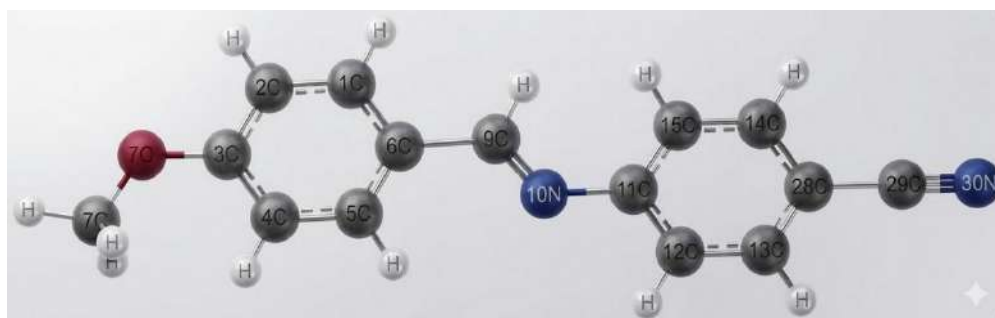


Figure 1. Molecular 3D structure of methoxybenzylidene-*p*-cyanoaniline

Real mesogenic molecules always exhibit conformational flexibility. The geometric configuration of Schiff base molecules is characterized by the torsion angle φ between the plane of the benzene ring and the plane containing the O–R,

C=N, or any other bond. However, the relative position of the two benzene rings is of primary importance: they can be coplanar, canted, or orthogonal. Gas-phase molecules are typically in a "relaxed" state, so canted or perpendicular ring arrangements are more likely. No symmetry restrictions are imposed.

Scanning of the potential energy surface (PES) using the Gaussian16 quantum chemical software package was performed at two torsion angles corresponding to the rotation angles of the central fragments of the molecule [2]. Figure 2 below presents the calculated graphical dependences of the potential energy of the MBCA molecule on individual internal rotation angles.

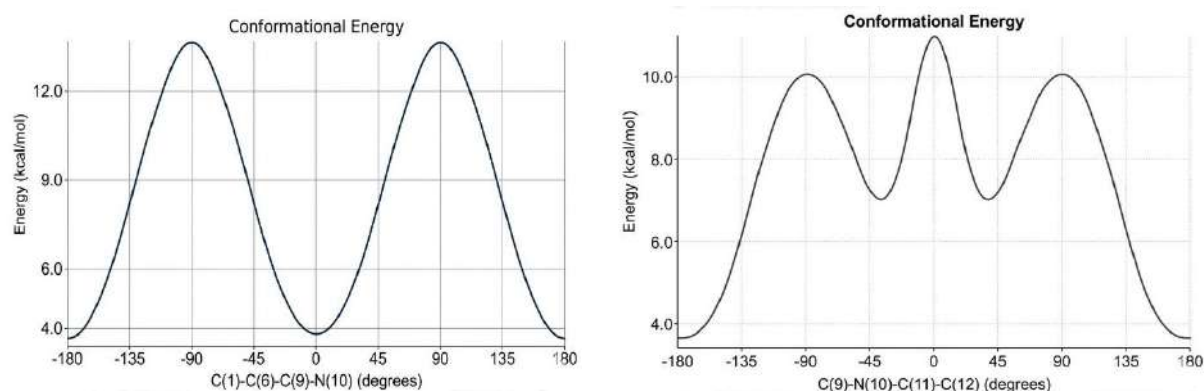


Figure 2. Sections of the internal rotation PES of the MBCA

The rotational potentials of individual fragments in the MBCA molecule can be represented as follows:

$$V(\varphi) = (V_1 / 2)(1 + \cos \varphi) + (V_2 / 2)(1 + \cos 2\varphi) + (V_3 / 2)(1 + \cos 3\varphi) .$$

Calculation of the PES sections for internal rotation shows that for the rotations shown in Figure 2, the second term of the expression should predominate, since the energy minima correspond to near-planar shapes of molecular fragments. Based on the obtained data, conformations at the energy extremes were determined; the conformational energies of the isomers and the barriers to internal rotation were calculated.

REFERENCE

1. Grebenkin M.F., Ivaschenko A.V. *Liquid crystal materials*. – Moscow: Chemistry, 1989. – 288 p.
2. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B., et al. *Gaussian 16, Revision A.03*, Wallingford: CT, 2016.

Alikina-Zanyauskene E.D.
(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)
Takibayeva A.T.
(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)
Karilkhan A.
(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

SULFUR-CONTAINING MONOTERPENE DERIVATIVES (THE CASE OF
CAMPHOR THIOSEMICARBAZONE): COMPUTATIONAL ASSESSMENT
OF THE ADMET PROFILE, METABOLISM, AND TOXICOLOGICAL
RISKS AS A STAGE OF RATIONAL SELECTION OF POTENTIALLY
BIOACTIVE COMPOUNDS

Sulfur-containing organic compounds occupy a special place in medicinal chemistry due to their wide spectrum of biological activities and structural versatility. In particular, thiosemicarbazone derivatives have attracted considerable attention as promising pharmacophores exhibiting antimicrobial, antiviral, antitumor, and enzyme-inhibitory properties. The presence of sulfur and nitrogen donor atoms in their structure provides the ability to form stable complexes with metal ions and interact with biological targets, which significantly enhances their pharmacological potential.

Monoterpenes are readily available natural structural platforms that, even under limited resources, enable the preparation of diverse derivatives with potential biological activity. By introducing sulfur-containing pharmacophoric fragments (e.g., a thiosemicarbazone moiety), which can enhance interactions with biomolecular targets and modify physicochemical parameters, the properties of compounds may be tuned in a directed manner. At the same time, sulfur-containing motifs, being involved in enzymatic biotransformation and shaping a specific metabolite profile, can affect pharmacokinetics and safety risks; therefore, preliminary computational ADMET screening, allowing candidate ranking and identification of potential limitations, is a rational step prior to experimental verification.

To perform a computational assessment of drug-likeness, predictable hepatic metabolism, and safety risks of camphor thiosemicarbazone as a sulfur-containing monoterpene derivative and a representative of the synthesized class of compounds.

The following publicly available online predictors were used: pkCSM (ADME/Tox); Way2Drug/MPDS: PASS Online (probable activities), RA (biotransformation reaction classes), SMP (enzyme specificity), SOMP (sites of metabolism for CYP3A4); ProTox-3.0 (overall toxicity, DILI, mutagenicity, organ toxicities, LD50); ADVER-Pred and hERG-Pred (adverse effects and cardiac risk).

According to pkCSM, the compound is characterized by high predicted intestinal absorption and membrane permeability combined with low aqueous solubility, indicating that dissolution may be a limiting step for bioavailability. The P-gp transporter profile is favorable (neither a substrate nor an inhibitor), reducing the risk of efflux and P-gp-mediated drug-drug interactions. Distribution is assessed as moderate; indicators of CNS penetration remain inconsistent across platforms.

Way2Drug predictors indicate a likelihood of hepatic biotransformation involving CYP systems followed by metabolite conjugation (UGT). SOMP (CYP3A4) identifies one dominant metabolic site (Atom 13 with high ΔP), which makes it possible to localize a key region for structural optimization: minor modifications in this area may substantially change metabolic stability and the safety profile.

ProTox-3.0 predicts the absence of DILI-related hepatotoxicity (inactive), which is consistent with pkCSM (hepatotoxicity = No) and lowers the barrier for further consideration of the compound within a hepatoprotective direction. At the same time, ProTox highlights risks of mutagenicity and respiratory toxicity (active), requiring cautious interpretation and subsequent experimental verification and/or structural optimization. ADVER-Pred previously indicated probabilistic uncertainty regarding hepatotoxicity; given concordant results from two independent models (pkCSM and ProTox), this signal can be interpreted as uncertainty attributable to a single platform.

Camphor thiosemicarbazone, a sulfur-containing monoterpene derivative, according to computational modeling, is characterized by high predicted absorption at low solubility and pronounced hepatic biotransformation concentrated in a single dominant metabolic node (SOMP/CYP3A4). Two independent models (pkCSM and ProTox-3.0) do not predict DILI-related hepatotoxicity, allowing the compound to be considered as a platform for further molecular design within the dissertation topic on the synthesis of potentially bioactive monoterpene derivatives. The main limitations are ProTox-predicted risks of mutagenicity and respiratory toxicity, which define directions for structural optimization and subsequent experimental verification as the study progresses.

REFERENCES:

1. Moldoch J., Agacka-Moldoch M., Józwiak G., Wojtunik-Kulesza K. Biological Activity of Monoterpene-Based Scaffolds: A Natural Toolbox for Drug Discovery. *Molecules*. 2025;30(7):1480. DOI: 10.3390/molecules30071480.
2. Pires D.E.V., Blundell T.L., Ascher D.B. pkCSM: Predicting Small-Molecule Pharmacokinetic and Toxicity Properties Using Graph-Based Signatures. *J Med Chem*. 2015;58(9):4066–4072. DOI: 10.1021/acs.jmedchem.5b00104.
3. Banerjee P., Eckert A.O., Schrey A.K., Preissner R. ProTox-II: A Webserver for the Prediction of Toxicity of Chemicals. *Nucleic Acids Res*. 2018;46(W1):W257–W263. DOI: 10.1093/nar/gky318.
4. Lagunin A.A. et al. PASS: Prediction of Activity Spectra for Biologically Active Substances. *Bioinformatics*. 2000;16(8):747–748.

MOST COMMONLY USED CLASSIC NUTRIENT MEDIA FOR CULTIVATING AND PROPAGATING CHLORELLA VULGARIS AND OTHER GREEN ALGAE CELLS UNDER LABORATORY CONDITIONS

This study aimed to determine the most effective nutrient media for the successful cultivation of *Chlorella vulgaris* and other green algae cells under laboratory conditions. During the research, the chemical composition, pH range, sterilization conditions, and the effect of light and temperature on the growth process were analyzed for the classic BG-11, Bold's Basal Medium (BBM), Zarrouk's, and Hoagland nutrient media. The researchers developed a modified version of the Hoagland nutrient medium and found that it yielded optimal results in the growth and reproduction of *Chlorella vulgaris* biomass.

In recent years, interest in the use of microalgae species, particularly *Chlorella vulgaris*, in biotechnological processes has been increasing. These organisms are distinguished by their high biomass yield, their ability to assimilate CO₂, and their richness in biologically active substances. At the same time, their growth efficiency primarily depends on the chemical composition and physical parameters of the nutrient medium.

Methodology: The experiment was conducted in the biotechnology laboratory of Bukhara state university. *Chlorella vulgaris* cells were selected as the objects of the experiment. The study compared BG-11, BBM, Zarrouk's, and Hoagland (standard and modified) nutrient media. In the modified Hoagland medium, macroelements (NaNO₃, KH₂PO₄, K₂SO₄, CaCl₂, MgSO₄·7H₂O) and microelements (FeCl₃, MnCl₂·4H₂O, H₃BO₃, ZnSO₄·7H₂O, CuSO₄·5H₂O, Na₂MoO₄·2H₂O) were used at optimal concentrations. The nutrient media were sterilized in an autoclave at +121°C for 20 minutes. Light intensity was maintained in the range of 50–100 μmol m⁻² s⁻¹, and the temperature was kept at +25–30°C. An aeration system (micro-compressor) was used for CO₂ enrichment. Cell density was measured every 48 hours using a spectrophotometer based on optical density (OD₆₈₀).

There are numerous nutrient media used for cultivating green algae in algological and biotechnological studies. However, not all of these nutrient media can be considered optimal or the most suitable for *Chlorella vulgaris*. In the conducted research, some nutrient media utilized to multiply *Chlorella* cells to a certain extent were analyzed [1-3].

BG-11 nutrient medium (suitable for cyanophyta and green algae). To prepare 1L of the nutrient medium, the following substances were used in the specified amounts, particularly for *Chlorella vulgaris* cells: NaNO₃ (sodium nitrate) – 1.5 g; K₂HPO₄ (dipotassium hydrogen phosphate) – 0.04 g;

MgSO₄·7H₂O (magnesium sulfate) – 0.075 g; CaCl₂·2H₂O (calcium chloride) – 0.036 g; Citric acid – 0.006 g; Ferric ammonium citrate – 0.006 g; EDTA (ethylenediaminetetraacetate) – 0.001 g; Na₂CO₃ (sodium carbonate) – 0.02 g; As a trace metals mix solution: H₃BO₃ (boric acid) – 2.86 mg; MnCl₂·4H₂O (manganese chloride) – 1.81 mg; ZnSO₄·7H₂O (zinc sulfate) – 0.222 mg; Na₂MoO₄·2H₂O (sodium molybdate) – 0.39 mg; CuSO₄·5H₂O (copper sulfate) – 0.079 mg; Co(NO₃)₂·6H₂O (cobalt nitrate) – 0.0494 mg. [2].

Bold's Basal Medium (BBM) nutrient medium. We present the Bold's Basal Medium (BBM) nutrient medium according to the following indicators for the cultivation of *Chlorella* cells and green algae: To prepare 1L of the nutrient medium:

NaNO₃ (sodium nitrate) – 0.25 g; K₂HPO₄ (dipotassium phosphate) – 0.075 g; KH₂PO₄ (monopotassium phosphate) – 0.175 g; MgSO₄·7H₂O (magnesium sulfate) – 0.075 g; CaCl₂·2H₂O (calcium chloride) – 0.025 g; NaCl (sodium chloride) – 0.025 g; Trace metals mix solution: H₃BO₃ (boric acid) – 11.42 mg; MnCl₂·4H₂O (manganese chloride) – 1.44 mg; ZnSO₄·7H₂O (zinc sulfate) – 0.22 mg; Na₂MoO₄·2H₂O (sodium molybdate) – 0.12 mg; CuSO₄·5H₂O (copper sulfate) – 0.0125 mg; CoCl₂·6H₂O (cobalt chloride) – 0.0125 mg. [3].

Zarrouk's Medium (for *Spirulina* and *Chlorella*). When the pH indicators of this nutrient medium were adapted for *Chlorella*, a purposeful result was observed. For this, the researchers used the following substances to prepare 1L of the nutrient medium: NaHCO₃ (sodium bicarbonate) – 16.8 g; NaNO₃ (sodium nitrate) – 2.5 g; K₂HPO₄ (dipotassium phosphate) – 0.5 g; K₂SO₄ (potassium sulfate) – 1.0 g; NaCl (sodium chloride) – 1.0 g; MgSO₄·7H₂O (magnesium sulfate) – 0.2 g; CaCl₂·2H₂O (calcium chloride) – 0.04 g; Trace metals mix solution: FeSO₄·7H₂O (iron sulfate) – 0.01 g; EDTA – 0.08 g. moddalardan foydalandi.

We present the following guidelines which must be fully adhered to when preparing nutrient media for the cultivation of microscopic algae. To adjust the pH level of the nutrient medium for *Chlorella* or green algae, researchers, during their experiments with many media, used NaOH and HCl solutions to maintain the nutrient medium's pH value within the 7.0–8.0 range. For sterilization, the prepared nutrient medium was sterilized in an autoclave at a temperature of +121 °C for 15–20 minutes. Light and temperature also have a certain effect on the nutrient media. It was noted that for the growth of *Chlorella vulgaris*, a light intensity of 2000–4000 lux and even higher, as well as a temperature of +25–30 °C, were required. When room light was insufficient in the laboratory, artificial light was provided through LED lamps.

Standard composition of Hoagland nutrient medium modified for *Chlorella vulgaris* and green algae. The standard composition of the Hoagland nutrient medium was modified and adapted for *Chlorella vulgaris* and green algae.

To prepare the modified nutrient medium, the macroelements were first added to 1L of distilled water in the designated amounts mentioned above and

thoroughly mixed until the substances were completely dissolved in the water. The microelements were also prepared as a separate solution because their concentration and quantity are very low. The prepared microelement solution was added to the main prepared macroelement solution. NaOH and HCl were used to adjust the pH level of the resulting nutrient medium to suit the growth and reproduction rates of *Chlorella vulgaris* cells and to maintain it at a certain level.

Important recommendations for the cultivation and multiplication of *Chlorella vulgaris* cells in the Modified Hoagland nutrient medium were developed as follows: For *Chlorella vulgaris* cells growing in this modified nutrient medium, light in the 400–700 nm range of the light spectrum is well-absorbed. A light intensity of 50–100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ is considered the most optimal.

It was noted that the most favorable temperature for the growth and reproduction of the cells is +25–30 °C. To ensure *Chlorella vulgaris* cells adequately absorb CO₂, CO₂ gas was added to the inoculated nutrient medium at measured concentrations from specialized gas cylinders. In cases where specialized gas cylinders are unavailable, it is recommended to supply CO₂ gas and simultaneously prevent cell sedimentation by aerating the nutrient medium with micro-compressors.

The analysis results determined that the growth rate in the BG-11 and BBM media was stable, but the final biomass density was low. While CO₂ assimilation was strong in Zarrouk's medium, stability was low due to pH instability. In the modified Hoagland medium, however, the cell density increased up to 1.8 times 10⁶ cells/ml within 7 days, which showed a 1.3-fold higher result compared to BG-11.

Conclusion: The modified Hoagland nutrient medium is considered one of the most optimal options for cultivating *Chlorella vulgaris* cells under laboratory conditions. The optimal ratio of macro- and microelements, pH, temperature, and light conditions significantly increases growth and biomass yield. These results can be widely applied in microalgae-based biofuel, nutrient, and bioremediation technologies.

REFERENCES:

1. Liu, J., Qiu, W., Liu, X., Liu, C., & Zhang, Y. (2018). Optimization of BG-11 medium for *Chlorella vulgaris* growth and lipid production. *Bioresource Technology*, 253, 214–220.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.015>
2. Becker, E. W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press.
<https://www.cambridge.org/core/books/microalgae/20D46C20A7B057C027E26640ED67462C>
3. Guiry, M. D. (2012). *Chlorella: Taxonomy and cultivation*. AlgaeBase. Retrieved from
<https://www.algaebase.org/browse/taxa/?id=66779>

BIOTECHNOLOGY FOR OPTIMIZING THE DIET OF *Ctenopharyngodon idella* (VALENCIENNES, 1844) JUVENILES THROUGH THE SYNERGY OF MACROPHYTES AND MICROALGAE, BASED ON NUTRIGENOMICS AND “PRECISION NUTRITION” PRINCIPLES

In this study, an optimized feed ration for grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles was developed based on the principles of nutrigenomics and “Precision Nutrition”. The integration of macrophytes (*Azolla*, *Lemna*) and microalgae accelerates the growth rate by up to 15%. The protein–lipid balance ensures the “protein-sparing effect”, thereby preventing hepatic steatosis. Vacuum infusion technology guarantees pellet hydrostability and the assimilation of biostimulants.

This work establishes a new stage in optimizing the diet of herbivorous fish based on nutrigenomics and “Precision Nutrition” principles. Ensuring the “protein-sparing effect” through macrophyte and microalgae synergy is of fundamental importance for the sustainable development of aquaculture and for maintaining fish physiological health.

Under conditions of global food security, developing an innovative and sustainable feed base to increase aquaculture production is a pressing issue. Meeting the high protein requirements of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles during early ontogenesis using local macrophytes and microalgae, reducing feed cost, and improving fish stress tolerance are strategically important.

In this work, extruded feed rations for (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles were formulated based on the principles of “Nutrigenomics” and “Precision Nutrition”. Hydrolyzed proteins, macrophytes (*Azolla*, *Lemna*) and microalgae (*Chlorella*, *Scenedesmus*) were integrated synergistically into the diet. To ensure the “protein-sparing effect”, the rations were specialized while maintaining starch gelatinization at 90%. To maximize the bioavailability of biostimulants and the hydrostability of pellets, an innovative vacuum infusion technology was applied.

After reaching 0.5 g, (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles gradually begin to shift to phytophagy; however, up to 25 g their protein requirement is not lower than that of common carp (Table 1).

Table 1

General indicators of the formulated feed

Indicators	Intensive method	Semi-intensive
Crude protein (Protein)	43–47%	39–41%
Crude fat (Lipid)	9–10%	8–9%
Carbohydrates (NFE)	27–32%	31–37%
Crude fibre (Fibre)	4.5–5.3%	5.6–7.3%

FCR (Feed conversion ratio)	1.2 – 1.4	1.4 – 1.7

The above table can be interpreted as follows. For (*Ctenopharyngodon idella*), high levels of plant proteins (soybean meal, corn gluten) and a high dose of vitamin C (600 mg/kg) are critical in the feed. This is because antioxidants support immunity during the period when intestinal microflora is forming to enable fibre degradation.

Key microelements and biostimulants in the ration: Amino acids—lysine (min 2.8%) and methionine (min 1.2%) determine protein quality. Vitamin C (stable form)—550–750 mg/kg, for immune formation and improving stress tolerance. Vitamin E—350 mg/kg, to protect cell membranes. Phosphorus (P)—1.1–1.4%. The digestible form of phosphorus (MCP) is intended to prevent skeletal deformities.

Feed-base formation and synergistic integration: In formulating the ration, the hydrolyzed proteins of Alltech Coppens, the immunomodulators of BioMar, and the hydrostabilizers of Kimia Daneh were taken as reference components. Preventive measures: Oxytetracycline was included in the feed against viral and bacterial diseases. Against fungi, calcium propionate and the mycotoxin binder Mycosorb were added. Biotechnological additives: (*Chlorella vulgaris*) and (*Scenedesmus*) suspensions were used as a growth factor (CGF), which accelerated growth by 10–15% as proven in trials. Phytobiotic components: The biomass of (*Lemna minor*) and (*Azolla*) matches the natural feeding instincts of (*Ctenopharyngodon idella*), thereby increasing feed palatability.

The following table presents the quantitative indicators of ingredients intended for 1000 kg of feed. This formulation is specialized for (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles based on the principles of “Nutritional Programming” and “Precision Nutrition” (Table 2).

Table 2

Specialized feed ingredients for (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles

Ingredient name	Amount (kg/t)	Share (%)	Functional role
Fish meal (LT Fish Meal)	120.0	12.0%	Source of high protein and omega-3.
Hydrolyzed fish protein (FPH)	40.0	4.0%	Highly digestible peptides.
Silkworm pupae + earthworm + black soldier fly larvae	60.0	6.0%	Essential amino acids.
Soybean meal (Hi-Pro 48% CP)	220.0	22.0%	Lysine source and main plant protein.
Wheat (extruded)	180.0	18.0%	Binder and flotation (floating capacity) source.
Corn + millet + barley	100.0	10.0%	Starch and carbohydrate balance.
Sunflower + cottonseed + rapeseed meal	70.0	7.0%	Methionine and fibre source.
Chlorella & Scenedesmus (powder/paste)	40.0	4.0%	Growth factor (CGF) and immunomodulator.

Lemna minor & Azolla (dried powder)	50.0	5.0%	Source of carotenoids and vitamin E.
Reed + Kurmak + alfalfa (wet/dry mass)	30.0	3.0%	Natural fibre balance for grass carp.
Fish oil + rapeseed oil + cottonseed oil	30.0	3.0%	Energy balance and PUFA source.
Chemical and biological premix:			
Lysine + Methionine + Threonine	15.0	1.5%	Synthetic amino acid balance.
Vitamin–mineral premix (special high dose)	10.0	1.0%	Vitamins C, E, D3 and microelements.
Probiotic + feed yeast + choline	10.0	1.0%	For microbiome and liver health.
Dicalcium phosphate (MCP) + Monocalcium	15.0	1.5%	Skeletal mineralization and phosphorus balance.
Oxytetracycline + soda + salt + guar gum + hemoglobin	10.0	1.0%	Protection and stability.

This feed composition is based on “Nutrigenomics” principles and ensures synergistic linkage between animal protein sources (fish meal, meat-and-bone meal, poultry meal, earthworms, insects) and plant raw materials (soy, macrophytes, chlorella). Considering the “protein-sparing effect” for common carp and grass carp juveniles, the lipid level was not increased above 11%, which prevents hepatic steatosis. Floating stability of the pellets was achieved by maintaining starch gelatinization above 90%. By vacuum-infusing (*Chlorella vulgaris*) suspension into micropores of extruded pellets, the bioavailability of biologically active substances increased by 12–15%.

REFERENCES:

1. Tuan, D. H., Anh, N. T. N., & Hoa, N. V. (2021). Replacement of fish meal by *Azolla pinnata* meal in diets for common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Aquaculture International*, 29(4), 1633-1647. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00712-w>
2. Gangadhar, B., et al. (2015). Effect of *Azolla pinnata* on growth and body composition of *Labeo rohita*. *Journal of Applied Aquaculture*, 27(2), 110-119. <https://doi.org/10.1080/10454438.2015.1026040>
3. Appenroth, K. J., et al. (2017). Nutritional value of *Lemna* as animal feed and human food. *Plant Biology*, 19, 32-40. <https://doi.org/10.1111/plb.12490>
4. Biswal, J., et al. (2020). Nutritive value and bio-active compounds of *Azolla* as fish feed. *Reviews in Aquaculture*. <https://doi.org/10.1111/raq.12411>
5. Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987137>

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF SHELK FRUIT POWDER ON THE
QUALITY OF FLOUR CONDITERY PRODUCTS**Abstract.**

In this work, the effect of the powder obtained from the fruit of the mulberry tree on the quality of flour-based confectionery products is investigated. Changes in the organoleptic, physicochemical, and structural-mechanical indicators of the product during the addition of silk powder were considered. It has been established that the use of this plant component contributes to an increase in the nutritional value of products due to an increase in the content of vitamins, antioxidants, and dietary fiber.

Keywords: silk, silk powder, flour confectionery products, product quality, organoleptic indicators, nutritional value, antioxidants, functional products, production technology

Currently, one of the most important tasks facing confectionery manufacturers is the creation of new types of functional products with full or partial replacement of sugar with equivalent flavor substitutes and sweeteners, including those of non-sugar nature [1,p. 25-26].

As a sweetener, white mulberry fruits can be used, which are characterized by relatively high sugar content (up to 22.0% fructose and glucose) and low content of organic acids (0.1%), as well as tannins and pectin substances, vitamins C, P, carotene, choline. In addition, vitamins B1, B2, PP are supplemented with essential oils and lipids [2].

The purpose of the study was to investigate the possibility of using the fruit of the mulberry tree as a partial substitute for the recipe amount of sugar in the production of flour-based confectionery products.

The quality indicators of the powdered mulberry semi-finished product (white silk) are presented in Table 1.

Table 1. Quality indicators of the powdered mulberry semi-finished product

Indicator	Value
Light	color
Taste and smell.	Specific to the original product, without foreign tastes and odors.
Mass fraction of dry matter, %	91.2

Equivalent diameter of powder particles, decv., μm	50-210
Bulk density, ρ_n , kg/m^3	587
Moisture retention capacity, g of water/g of product	5,4

It was established that the average value of the particle size of the dominant fraction (84.0%) does not exceed 200 μm . For comparison, the fractional composition of 1st grade wheat flour was used, with 98.0% of particles having sizes within 40...60 μm and 2.0% - 60...100 μm . Particles are spherical formations, which depends mainly on the anatomical and morphological characteristics of the raw material and the type of grinding machine. According to the bulk density indicator, the studied powder is characterized as average.

A technological scheme for obtaining a powder from mulberry fruits has been developed, including the stages of inspection, washing with cold water, drying, grinding, and packaging. A comparative assessment of the chemical composition of mulberry and wheat flour processing products was conducted. The influence of mulberry processed products on the quality of flour-based confectionery products was investigated by conducting a series of trial laboratory bakeries.

The object of the research was the recipe for "Stolichny" cake, and the control - samples of cakes prepared according to the generally accepted recipe without additives. Powdered mulberry fruit (PM) was introduced with a sugar substitution ratio of 10.0 to 40.0% at a 10.0% interval. The quality indicators of the cakes are presented in Table 2.

Table 2. Influence of PT on the quality indicators of cupcakes.

Name of indicators	Quality indicators of cakes prepared				
	without additives	with the addition of PT, % of the flour mass			
		10	20	30	40
Mass fraction of dry matter, %	90,00	90,12	89,87	89,95	91,01
Mass fraction of total sugar, %	25,60	25,06	24,70	24,35	24,04
Alkalinity, hail	0,20	0,19	0,18	0,15	0,13
Volume yield, ml/g	1,72	1,71	1,70	1,68	1,66
Porosity, %	72,6	72,4	72,0	71,6	71,1

It was established that the introduction of PT into the cake dough in an amount of up to 20.0% of the sugar mass, despite a slight decrease in the volumetric yield, leads to an improvement in the appearance of the finished products, their taste and aroma properties compared to the similar indicators of the control samples. When the PT dosage was increased by more than 20.0% of the sugar mass, a slight deterioration in the porosity structure of the products was noted.

Based on the analysis of research results, the technological effectiveness of using PT in the production of flour confectionery products for reducing the recipe sugar content, increasing the biological value, and food safety of these products has been established.

LITERATURE:

1. Lobosova L.A. *Functional confectionery products with non-traditional raw materials*/ L.A. Lobosova, T.N. Malyutina, M.G. Magomedov, I.G. Barsukova // *Modern science: current problems and ways to solve them*. - 2013. No 3. - P. 25-26.
2. Tut [Electronic resource]. - Access mode: <http://webfazenda.ru/mulberry.html>.

SCIENTIFIC AND BIOTECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF
INTEGRATING HIGHER AQUATIC PLANTS AND MICROALGAE TO
INCREASE TROPHIC EFFICIENCY AND STRESS TOLERANCE IN

Ctenopharyngodon idella

In this work, a high-fibre (8–15%) extruded ration based on nutrigenomics and “Precision Nutrition” principles was developed for the physiological phytophagy of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*; 50–2500 g). Synergy between macrophytes (*Lemna*, *Azolla*) and microalgae (*Chlorella*), together with vacuum impregnation technology, activates the “protein-sparing effect” and accelerates growth by up to 15%. This biotechnological approach mitigates hepatic steatosis and feeding-related disturbances that may occur in phytophagous fish, thereby providing an innovative solution for sustainable aquaculture. Feed palatability and trophic efficiency were markedly improved.

Aligned with global benchmarks such as Alltech Coppens and BioMar, this work delineates a new stage in optimizing herbivorous-fish diets through macrophyte–microalgae synergy. The proposed approach activates the “protein-sparing effect” and is fundamental for preventing hepatic steatosis, reducing dysfunctions of the gallbladder and digestive organs, and improving trophic efficiency.

Creating an innovative feed base for advancing sustainable fish farming is a key objective of modern aquaculture. Considering the physiological requirements of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), the application of high-fibre (8–15%) rations, reducing ration cost, and improving stress tolerance through locally available microalgae constitute a strategic biotechnological solution.

High-fibre (8–15%) extruded rations for *Ctenopharyngodon idella* (50–2500 g) were formulated according to nutrigenomics and “Precision Nutrition” principles. Hydrolyzed proteins, macrophytes (*Lemna*, *Azolla*) and microalgae (*Chlorella*, *Scenedesmus*) were integrated synergistically into the feed. The extrusion regime (140–145°C, 35–40 bar) ensured starch gelatinization above 90%. To increase the bioavailability of biostimulants, vacuum impregnation technology was applied, guaranteeing 3–4 hours of pellet hydrostability and the effectiveness of the “protein-sparing effect”.

Ctenopharyngodon idella is specialized for feeding on macrophytes (higher aquatic plants); therefore, the fibre level in the ration is of critical importance (Table 1).

Table 1

General indicators of the specially developed feed

Indicators	Intensive method	Semi-intensive method
Crude protein (Protein)	31.0–33.0 %	29.0–31.0 %
Crude fat (Lipid)	7.0–8.0 %	6.0–7.0 %
Carbohydrates (NFE)	27–30 %	25–28 %
Crude fibre (Fibre)	8.0–10.0 %	10.0–15.0 %
FCR (Feed conversion)	1.4–1.6	1.8–2.2

In formulating the ration for *Ctenopharyngodon idella*, particular emphasis was placed on the predominance of plant proteins (soybean products and corn gluten). A high dose of vitamin C (600 mg/kg) supports and protects intestinal microflora. Nutrient imbalance: when fibre is insufficient, digestion slows in the intestine and metabolic disorders may develop. If lipids increase excessively, the liver of phytophagous fish may deteriorate rapidly and adverse changes may occur in the gallbladder. Integration: adding *Lemna minor*, *Azolla* and *Chlorella vulgaris* increases palatability and survivability and strengthens biotechnological synergy. Vitalis concept and immunomodulation: activating non-specific immunity with β -glucans and mannan-oligosaccharides (MOS) is critical, particularly under stress conditions. Nutrigenomics and hydrolyzed proteins: Alltech Coppens technology reduces metabolic load through enzymatic hydrolysis of protein molecules (FPH) and supports maintaining the feed conversion ratio (FCR) within 0.8–1.1. Nutritional programming and sustainability: the BioMar system emphasizes optimizing fecal stability and reducing phosphorus discharge to ensure ecological safety. High-Protein, High-Energy: high-protein and high-energy formulations were used to maximize specific growth rate (SGR) in grass carp and common carp. Extrusion and hydrostability: starch gelatinization above 90% ensured pellet flotation and stability in water for 3–4 hours, reducing water deterioration and allowing fish to locate and consume feed over a defined interval; this also improved economic efficiency and profitability. Feed-base formation and synergistic integration were guided by the following principles. Global benchmarks (Alltech Coppens, BioMar) were combined with local resources by enriching the ration with local raw materials and macrophytes. Biotechnological additives: adding *Chlorella* and *Scenedesmus* suspensions as a growth factor (CGF) accelerated fish growth by 10–15% in trials. Phytobiotic and macrophyte base: biomass of *Lemna minor*, *Azolla*, alfalfa, reed and kurmak further improved feed palatability. Therapeutic protection: using appropriate doses of oxytetracycline against viral and bacterial diseases and calcium propionate against fungi resulted in markedly higher disease resistance compared with the control. The table below provides quantitative ingredient levels intended for 1000 kg of feed. This formulation is optimized for *Ctenopharyngodon idella* from 50 g to 2500 g and above (Table 2).

Table 2

Specially developed feed ingredients and their quantitative indicators

Ingredient name	Amount (kg)	Share (%)	Functional role
Fish meal (LT Fish Meal)	120.0	12.0%	Source of high protein and omega-3.
Hydrolyzed fish protein (FPH)	30.0	3.0%	Peptides that reduce metabolic load.
Silkworm pupae + earthworms + insects	60.0	6.0%	Animal protein and natural attractant.
Soybean meal (Hi-Pro 48% CP)	220.0	22.0%	Lysine source and plant protein.
Corn gluten	80.0	8.0%	Source of carotenoids and methionine.
Wheat (extruded)	200.0	20.0%	Source of flotation and hydrostability.
Barley + rice + millet + peas/mung beans	60.0	6.0%	Carbohydrate and plant-protein balance.
Chlorella & Scenedesmus (suspension/paste)	40.0	4.0%	CGF growth factor and biostimulant.
Lemna minor + Azolla (fresh/dried)	50.0	5.0%	Natural macrophyte and vitamin source.
Reed + kurmak + alfalfa (powder)	30.0	3.0%	Fibre and phytobiotic balance.
Fish oil + rapeseed oil + cottonseed oil	30.0	3.0%	Lipid and energy balance.
Premix and preparation complex:			
Lysine + Methionine + Threonine	15.0	1.5%	Amino acid balance.
Vitamin–mineral premix (special high dose)	12.0	1.2%	Immune and anti-stress support.
Probiotic + Actigen + Bio-Mos	8.0	0.8%	Microbiome support and immunomodulation.
Monocalcium phosphate (MCP) + tricalcium	18.0	1.8%	Skeletal development and phosphorus balance.
Oxytetracycline + calcium propionate	2.0	0.2%	Bacterial and fungal protection.
Soda + salt + choline chloride	10.0	1.0%	Hydrochemical and liver support.
Guar gum + antioxidant (BHT) + hemoglobin	15.0	1.5%	Hydrostability and lipid protection.

This feed formulation was developed by fully accounting for the herbivorous feeding ecology of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Maintaining 140–145°C and 35–40 bar during extrusion ensured that the pellets remained buoyant and did not sink for 3–4 hours. Using *Chlorella vulgaris* suspension to moisten the feed enabled biologically active substances to penetrate the micropores of the pellets, thereby accelerating fish growth by 12–15%.

REFERENCES:

1. Sudaryono, A., Chilmawati, D., & Swastawati, F. (2014). Effect of dietary Azolla on growth performance of common carp. *Journal of Coastal Development*, 17(1), 1–8. <https://core.ac.uk/download/pdf/230489569.pdf>
2. Gangadhar, B., et al. (2015). Effect of Azolla pinnata on growth and body composition of Labeo rohita. *Journal of Applied Aquaculture*, 27(2), 110–119. <https://doi.org/10.1080/10454438.2015.1026040>

PRODUCTION TECHNOLOGY OF BREAD AND CONFECTIONERY PRODUCTS USING STEVIA PLANT

This thesis investigates the possibilities of producing low-calorie bread and confectionery products using the stevia plant (*Stevia rebaudiana*). Stevia is a natural sweetener that contains glycosides such as stevioside and rebaudioside, which provide sweetness without adding significant calories. The results of the research indicate that stevia-based additives can help reduce the amount of sugar in food products, lower their caloric value, and play an important role in the production of functional food products.

The possibilities of reducing the calorie content of bread and confectionery products and decreasing the amount of sugar by using the stevia plant are being studied.

Stevia rebaudiana (stevia, also known as the “sweet herb”) is a perennial herbaceous plant species belonging to the Asteraceae family, which is well known for its extremely sweet leaves.

The leaves of the stevia plant contain about 6.0–6.5%, the stems 1.5%, and the roots 0.6% of a valuable compound called stevioside, whose sweetness is 150–300 times higher than sucrose.

Stevia (*Stevia rebaudiana*) is a subtropical plant that grows well in warm and humid conditions. Although it was originally distributed in South America, it is now cultivated in many regions of the world.

The stevia plant has been widely studied in the food industry as a natural sweetener. According to scientific sources, stevia leaves contain the following components: Stevioside, Rebaudioside, Flavonoids, Vitamins, Mineral substances.

Stevia is not only a natural sweetener, but also a source of bioactive compounds that possess antioxidant properties and support metabolism. The compound stevioside contained in stevia can be extracted using extraction methods, which allows it to be widely used in many different fields. The stevia plant contains approximately 19.7% stevioside.

Table 1.

Optimal Conditions for Stevia Growth

Factor	Optimal indicator
temerature	20-30°C
soil Ph	6-7
Light	sunny
humidity	average

Stevia is sensitive to cold climates and can be damaged at temperatures below 0°C. When adding powdered stevia to bread and confectionery products, it is necessary to first prepare an appropriate bread formulation. Sugar not only provides sweetness to bread but also plays an important role in improving the porosity and structure of the final product.

Production Technology

1. Dough Preparation. Flour, bran, and milk powder are thoroughly mixed. Powdered stevia is dissolved in water and then added to the mixture.

2. Fermentation. Yeast is added and the dough is kneaded for 8–10 minutes. The dough is then fermented at a temperature of 30–35°C for 40–60 minutes.

3. Shaping. The dough is divided into portions weighing 300–400 g and shaped into bread loaves.

4. Second Fermentation. The shaped dough is allowed to ferment again at 35°C for 20–30 minutes.

5. Baking. The bread is baked at a temperature of 200–220°C for 25–30 minutes.

Product Characteristics. The caloric content is 20–30% lower compared to conventional bread. It does not cause a sharp increase in blood glucose levels. Suitable for diabetic and dietary nutrition.

Health Benefits of Stevia

Diabetes Management

Stevia is considered a suitable alternative for individuals with diabetes mellitus, as it does not significantly affect blood glucose levels and does not increase insulin secretion. It helps regulate blood sugar levels and is considered safe for diabetic patients. In addition, certain components in stevia may help normalize blood pressure by promoting the dilation of blood vessels.

1. Low

Caloric

Value

Stevia contains almost no calories, making it beneficial for individuals who aim to lose weight or maintain a healthy diet.

3. Dental

Health

Value

Unlike regular sugar, stevia is non-cariogenic and does not promote tooth decay or gum diseases. It may reduce bacterial growth in the oral cavity, which is why it is sometimes used in toothpastes and mouthwash products.

3. Antioxidant

Properties

Value

Stevia contains antioxidants and other beneficial compounds that may contribute to overall health and protection against oxidative stress.

4. Anti-inflammatory

Effects

Value

Certain compounds found in stevia may exhibit anti-inflammatory properties, which can help reduce inflammation and support the body's defense against various diseases.

LIST OF USED LITERATURE

1. Trukhachev V.I., Sycheva O.V., Starodubtsev G.P. *Technology of milk STEVILAKT phytotea*//Food industry. 2012. No. 2. Page 18-20.
2. Ahmad, I. H. et al. Relation between serum sclerostin and CTRP3 levels and bone mineral density in diabetic postmenopausal women. *BMC Women's Health* 24, 490 (2024).
3. Shodiyev D., Hojiali Q. Medicinal properties of amaranth oil in the food industry//Interdisciplinary Conference of young Scholars in social Sciences. 2021. C. 205- 208.
4. Ahmed J., Thomas L. Low calorie bakery products using natural sweeteners // *Food Research International*. – 2018.
5. Kang, Z. et al. Enhancement of physicochemical, in vitro hypoglycemic, hypolipidemic, antioxidant and prebiotic properties of oat bran dietary fiber: Dynamic high pressure microfluidization. *Food Biosci.* 61, 104983 (2024).

Khalilov I.M. (Tashkent, Ins. micro.Academy of Sciences R.U.)
Mukhamadiev B.T. (Bukhara, BSTU)
Mirzaeva Sh.U. (Bukhara, BSU)
Isomova I.P. (Bukhara, BSU)

ENDOPHYTIC MICROORGANISMS OF PLANT

The review article examines the endophytic microorganisms of plants as a promising source of biologically active substances with high medical potential.

Endophytes inhabiting plant tissues synthesize a wide range of metabolites, containing antimicrobial, anti-tumor, antioxidant and anti-inflammatory activism. Modern data on the mechanisms of interaction of endophytes with host plants, features of their metabolism and possibilities of use in pharmacology, biotechnology and medicine. Special attention was paid to the isolation and identification of endophytic strains, having activity against pathogenic bacteria and fungi, as well as prospects for creation based on them based on new medicinal products of natural origin.

Study of endophyte plants microorganisms of plants acquire special importance in the context of increasing antibiotic resistance and the need to search for new ones natural sources of medicinal substances. Endophytes have a unique ability ynthesize a wide spectrum biologically active compounds, including antibiotics, alkaloids, flavonoids and enzymes can be used in medicine and pharmacol gii. According to recent studies, more than 60% of isolated endophytic strains exhibit pronounced antimicrobial activity, and about 25% have anti-tumor properties. Unlike traditional microorganisms, endophytes are adapted to symbiotic existence in plant tissues, which ensures the stability of their metabolites and environmental safety. Study endophytic microflora of plants of Uzbekistan represents a promising direction for creation of innovative natural preparations and expansion of the region's biotechnological potential.

The purpose of the study was to generalize and analyze modern data on the biological diversity and functional activity of endophytic microorganisms of plants, and assessment of their medical and pharmacological potential. The main focus was on studying the mechanisms of synthesis of biologically active substances with antimicrobial, antioxidant, and antitumor properties. Moreover, the goal was determination of the prospects for the practical application of endophytes in the creation of new preparations of natural origin, biotechnological products and preventive medicine, as well as identification of the most active strains for further study and selection.

In Uzbekistan, the direction of studying the endophytic microbiota of plants is located in stages of formation, but already formed the first research centers at the Andijan, Samarkand, and Tashkent Medical Institutes. Scientific works of

recent years have been devoted to the isolation of endophytes from local species - juniper, pomegranate, roses, eucalyptus, aloe, and ziziphora growing in a continental climate. The results showed that more than 40% of isolated strains have pronounced antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans*, which confirms the high biotechnological potential of the region's flora.

Endophytic microorganisms are an extremely diverse group including bacteria, actinomycetes, and microscopic fungi. To the number most common bacterial endophytes include the genera *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Burkholderia* and *Streptomyces*, and among fungi - *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* and *Chaetomium*. Endophytes can inhabit various plant organs - roots, stems, leaves, fruits, and even seeds, forming complex ecosystems. Their existence is based on mutually beneficial relationships: plants provide microorganisms with nutrients and protection, while endophytes provide their own in turn, stimulate plant growth, synthesize phytohormones, and protect the host from phytopathogens.

Symbiotic relationships between plants and endophytes are regulated at the molecular level. During interaction, microorganisms release signaling molecules. - flavonoids, lectin-like proteins and low-molecular-weight peptides that activate specific receptors in plant cells.

These signals trigger changes in the host's metabolism, increasing stress resistance, drought and pathogens. In turn, plants release phenolic compounds and sugars that stimulate the growth of endophytes and ensure their growth nutrition. Isolation and identification of endophyte microorganisms is a complex process, requiring strict observance of sterile conditions and use of modern methods microbiology. Most common The procedure is surface sterilization of plant tissues with subsequent inoculation onto nutrient media (most often - agar). Saburo, potato-glucose agar, LB- or MRS-environments). After incubation, the resulting colonies undergo morphological and biochemical analysis, as well as identification using molecular genetic methods such as PCR, 16S gene sequencing. rRNA (for bacteria) or ITS regions (for fungi).

According to the international review (Elsevier, 2023), more than 1200 species of endophytes are capable of producing metabolites with a pronounced antimicrobial activity, of which about 300 strains demonstrate effectiveness multi-resistant pathogens including *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*. Especially valuable compounds from endophytes of the genus *Streptomyces*, isolated from tropical plants, - they synthesize new macrolide antibiotics and peptide complexes that inhibit the growth of pathogens resistant to β -lactams.

Endophytes also have significant antiviral potential. Recent studies (Nature Microbiology, 2023) have shown that the endophyte *Fusarium oxysporum* isolated from the *Cinnamomum zeylanicum* plant synthesizes compounds that inhibit the replication of the herpes virus and SARS-CoV-2 in human cell culture.

At the same time, the toxicity of the extracts remained minimal, making endophytes attractive objects for developing a new generation of antiviral agents.

Uzbekistan, possessing unique floral diversity (over 4500 plant species, of which 600 are endemic) enormous potential for the study of endophyte microflora. In the conditions of a sharply continental climate, local plants have developed stable symbiotic bonds with microorganisms, making endophytes particularly resistant to stress and capable of producing rare metabolites. In this context, creation The creation of a national database of endophytic microorganisms of plants of Uzbekistan is a strategically important task. In conclusion, it can be noted that plant endophytic microorganisms are a powerful and undervalued biological resource. Their study combines the achievements of microbiology, genetics, pharmacology, and ecology, creating a scientific basis for the formation of a new generation of biopreparations. Comprehensive study of endophytes of the flora of Uzbekistan and other regions of Central Asia is of great importance not only for science, but also for the country's economy, as it opens up the possibility of creating a personal line of pharmaceutical and biotechnological products natural origin.

Conclusions. Endophytic microorganisms plants represent a unique biotechnological resource possessing high Medical and pharmacological potential scrap. Their ability to synthesize broad the spectrum of biologically active substances opens up prospects for the creation of new natural ones. Antibiotics, antioxidants and anti-tumor drugs.

Research results confirm the importance of endophytes for modern medicine, pharmacology, and agriculture farms. Development of research in Uzbekistan is of particular importance given the wealth local flora and favorable climatic conditions. Comprehensive study of endophytes contributes to the formation of ecological sustainable technologies and innovative technologies directions in medical biotechnology.

LIST OF USED SOURCES

1. Kusari S., Singh S., Jayabaskaran C. Endophytes as potential source of new therapeutics for infectious and non-infectious human diseases: A review. *Phytochemistry Reviews*, 2014; 13(3): 491–507.
2. Hardoim P.R., van Overbeek L.S., Elsas J.D. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, 2008; 16(10): 463–471.
3. Strobel G., Daisy B. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2003; 67(4): 491–502.
4. Rajamanikam M., Vadlapudi V., Upadhyayula S.M. Endophytic fungi as potential sources of bioactive secondary metabolites. *Mycosphere*, 2017; 8(6): 996–1018.
5. Dastager S.G., Damare S. Endophytic microbes: An emerging resource for therapeutic compounds. *Frontiers in Microbiology*, 2021; 12: 649253.

CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGIES FOR PROCESSING REFRACTORY PRIMARY GOLD-QUARTZ ORES

In the Republic of Kazakhstan, the explored gold reserves in primary deposits are estimated at 1,500 tons, which ranks 9th in the world and 3rd among the CIS countries. This is more than 2% of confirmed and 4.5% of the total world reserves with a fairly high average metal content (in particular, in gold ore deposits themselves - 6.27 g/t).

An effective way to process refractory bedrock gold-quartz ores is combined methods that combine gravity, flotation and hydrometallurgical methods. At the same time, gravity beneficiation makes it possible to separate a significant part of the waste rock minerals from the ore and thereby improve the ratio of useful and rock minerals in the initial material for flotation for subsequent beneficiation.

To simplify such complex technological schemes for processing ores containing disseminated and associated fine, fine and finely dispersed gold, beneficiation methods are combined with metallurgical methods: cyanidation, oxidative roasting or smelting. Metallurgical methods of processing gold-bearing ores are also used for ores containing sponge gold with a developed surface. Gold of regular (round, cubic) shape is well extracted from ores by gravity, but worse by flotation. Plate, flake and other irregular shapes have good flotation properties.

Depending on the size of the gold and the degree of its association with metal sulfides, technologies are used using flotation processes that separate sulfide minerals with finely dispersed gold into a separate product - collective or selective (copper, zinc, pyrite, arsenopyrite, etc.) Flotation concentrate:

- flotation of ore with fine regrinding of the resulting flotation concentrates and their cyanidation in several consecutive stages (ores of the North Caucasus, Itocon, McIntyre, Yeniseizoloto).

- flotation of ore with the processing of flotation concentrates by other metallurgical methods: copper, zinc and lead concentrate according to the schemes for the production of the same metals, respectively (ores of Porcupine, Gaiskaya GOF, Ural region).

According to the first option, finely dispersed gold is opened by fine grinding or additional grinding in cyanide solutions to the final fineness, according to the second option, finely dispersed gold does not open during grinding and does not dissolve in cyanide, so flotation concentrates are sent for metallurgical processing in lead, copper and zinc production cycles.

In rare cases, when refractory gold-bearing sulfide ores after ore preparation processes are subjected to preliminary opening of finely dispersed

gold by one of the opening methods listed above, there are no methods of ore enrichment (autoclave oxidation) in the technological schemes for processing sulfide ores.

Processing of oxidized and mixed ores is proposed to be carried out using flotation technology with simultaneous flotation of oxidized and mixed minerals. Various combinations are used, especially of flotation and hydrometallurgy processes, in particular in combination with sulphidation processes in order to convert minerals from oxidized form (sulfates, carbonates) to lightly floatable sulphide form. In combined technologies for processing oxidized and mixed ores, For example, a combination of flotation, leaching, sorption, extraction and electrolysis processes is used.

Hydrothermal sulphiding, pre-roasting, autoclave sulphiding, chlorination, segregation roasting, etc., are used for sulfiding oxidized minerals.

The choice of a technological scheme for processing gold-bearing ores is also influenced by the presence of films on the surface of the gold and the nature of the ore, for example, the clay, carbonaceous, sulphide, oxidized or arsenic nature of the ore. For example, gold with a clean surface is well recovered by gravity, flotation, cyanidation and amalgamation. The gold coated with the films is extracted using additional mechanical and chemical methods that break down the oxide films on the surface of the gold.

Oxidized and mixed ores with free coarse and fine gold are processed according to the gravity-cyanide scheme (Tibek-Mayskoye and Olimpiada ores).

Refractory oxidized, mixed and low-sulfide gold-quartz ores with finely dispersed gold are processed using methods of preliminary (pre-heap leaching) opening of finely dispersed gold associated in ores with sulfides and arsenic-containing minerals, such as advanced ore preparation methods (Cerro Colorado ores), calcination (Connemara ores), autoclave oxidation (Mercure ores), bacterial leaching of arsenic-containing ores (Olimpiada ores). The use of deep energy effects (magnetic-pulse, electropulse, etc.) on pyrite concentrates before cyanidation makes it possible to exclude their preliminary grinding operations or the use of metallurgical processing methods, while at the same time increasing gold recovery to 90% or more.

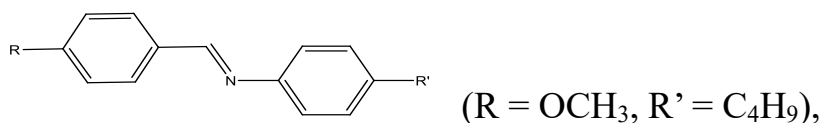
Basically, refractory gold-bearing sulfide ores contain free coarse and fine gold. Therefore, the technological schemes for processing such ores provide for the separation of gold of the specified size by gravity methods into a gravity concentrate, from which gold is extracted by brushless smelting with preliminary deep finishing of gravity concentrates (ores of McIntyre, Yeniseizoloto, Ural region, Gaiskaya GOF, Porcupine).

REFERENCES

1. Leonov S.B., Belkova O.N. *Issledovanie nasal'nykh porichennosti na obshchestomnosti [Study of minerals for enrichment]*. Moscow, Intermet Engineering Publ., 2001.
2. Abramov A.A. *Processing, enrichment and complex use of solid minerals. Volume 3. Technology of Processing and Enrichment of Non-Ferrous Metal Ores*. Moscow, MSTU Publ., 2009.

MOLECULAR ASSOCIATION OF SUBSTITUTED ANILINES

Examples of compounds possessing a nematic phase are aromatic amines 4-methoxybenzylidene-4'-butylaniline (MBBA) and 4-ethoxybenzylidene-4'-butylaniline (EBBA)



widely used in experimental studies. They are used together as a classic nematic mixture and matrix for liquid crystalline compound mixtures, as well as in organic synthesis as analytical reagents and polymer stabilizers. Both are of practical interest in that they are nematogens in the low-temperature ranges of 20-47°C (MBBA) and 36-78°C (EBBA) [1].

The structure and properties of these compounds are studied experimentally and theoretically [2, 3]. Although these compounds differ from each other only in the length of the alkoxyl radical, there is a significant difference between them: EBBA exists in the crystal in the form of a single conformation, whereas MBBA exhibits a rather rare phenomenon of contact conformation, i.e., several symmetrically nonequivalent molecules are realized in the crystal cell [2].

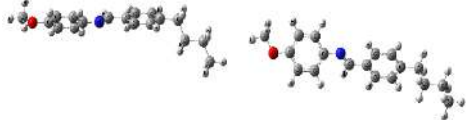
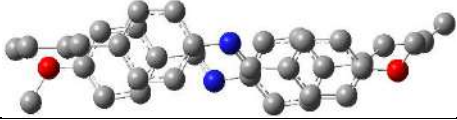
The temperature range of mesophase existence for these compounds, as well as their physicochemical properties, is determined by the nature of the intermolecular interactions (IMIs) that arise during spontaneous association. To study IMIs, we analyzed quantum chemical data obtained through density functional theory calculations with the Becke 3 Lee Yang Parr (B3LYP) correlation functional in the valence-split moderate 6-31G basis with *d*-orbitals for elements of the second period using the GAUSSIAN16 program [4]. Given the ability of mesogenic compounds to associate as dimers, we studied dimeric assemblies of our molecules.

The associates for the Schiff bases MBBA and EBBA were modeled using X-ray diffraction (XRD) data available in the literature [5]. The azomethine bridge, ethoxybenzylidene and aniline rings form a single system with *p*, π - and π , π -conjugation. Conjugated bonds and benzene rings impart rigidity to the molecules of mesomorphic compounds. Due to the anisotropy of the shape, the MBBA and EBBA molecules of the *E*-configuration have *C*₁ symmetry and are conformationally non-rigid due to the presence of a terminal alkyl substituent and a bridging group. In this work, the conformations of the *trans*-isomers of anilines

are considered, since, firstly, an elongated shape is characteristic of nematogens, and secondly, it is this shape that is realized in the crystal.

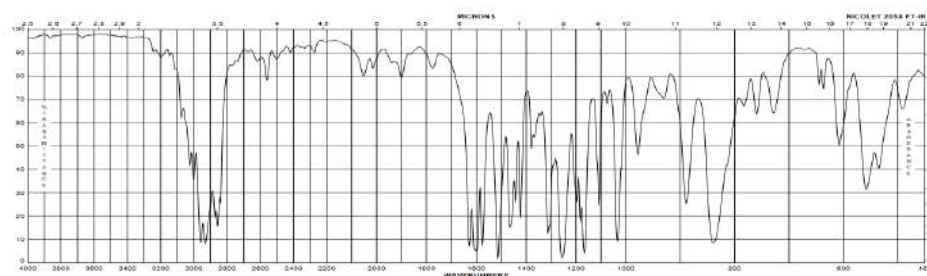
The table below shows, as an example, the models of MBBA associates for terminal, planar and stacking dimerization of molecules and their energy parameters.

Table. Comparative energy characteristics of MBBA dimers

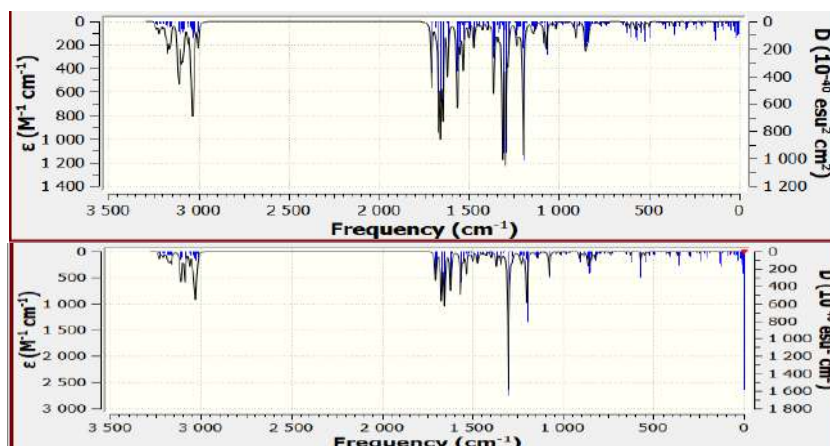
Dimer	Energy (B3LYP/6-31G(d))			
	Electronic, a.u.	Zero-point Energy Correction, a.u.	HOMO, a.u.	LUMO, a.u.
MBBA (terminal) 	- 1657.068855	0.699673	- 0.19674	- 0.05032
MBBA (planar) 	- 1657.071696	0.700011	- 0.20115	- 0.05675
MBBA (stacking) 	- 1657.071426	0.700598	- 0.19726	- 0.04711

A comparison of MBBA intermolecular interaction variants reveals an increase in absolute energy values upon transition from terminal to planar interactions. This can apparently be explained by the greater number of interactions between the atoms of discrete molecules in a planar arrangement compared to a terminal one. The MBBA dimers under consideration are constructed in accordance with experimental data; in particular, the planar dimer includes two different conformations, while the stacking dimer has identical conformations. The latter results in a repulsive interaction, which is obviously responsible for the increase in the total electronic energy of the stacking dimer. Zero-point energy is considered as additional vibrational energy at absolute zero. Taking the latter into account yields a more accurate value for the total energy. The frontier orbitals are represented by the highest occupied molecular orbital (HOMO) and the lowest unoccupied MO (LUMO), whose energies characterize the energy of intermolecular interactions for molecules distant from each other.

A comparison of the spectra revealed satisfactory agreement between the results, which can be explained by the emergence of intermolecular interactions in the dimers, such as weak hydrogen bonds (C-H, NC-H... π -system), as in real multiparticle systems.



a



b

a) experimental [3], b) upper – spectrum of planar dimer,
lower – spectrum of stacking dimer

Figure - Vibrational infrared spectra of MBBA

It also turned out that the spectrum of a planar dimer is comparable to the experimental spectrum. This is apparently explained by the fact that in the liquid phase, molecules move in a flow, the layers are chaotic, and short-range order is characteristic, which is more consistent with the arrangement of molecules in a plane.

REFERENCES

1. De Gennes P., Prost J. *Physics of liquid crystals*. Clarendon Press, 1993. - 597 p.
2. Neverov V.S., Komolkin A.V. *Computer simulation of liquid crystals containing benzene ring with para-substituents in molecule* // *Vestn. St. Petersburg Univ.* – 2012. – P. 29-44.
3. Janik, J.A.; Janik, J.M.; Mayer, J.; Sciesinska, E.; Sciesinski, J.; Twardowski, J.; Waluga, T.; Witko, W., *Calorimetric and infrared study of the phase situation in solid MBBA [N-(p-methoxybenzylidene)-p-(n-butyl)aniline]* // *J. Phys. (Paris) Colloq.* – 1975. – No 1. - P. 159-165.
4. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B., et al. *Gaussian 16*, Revision A.03, Wallingford: CT, 2016.
5. Boese R., Antipin M.Yu., Nussbaumer M., Blaser D. *The molecular and crystal structure of 4-methoxybenzylidene-4'-n-butylaniline (MBBA) at -163°C* // *Liquid Crystals.* – 1992. – V. 12. – P. 431-440.

Minayeva Ye.V. (Karaganda, Karaganda National Research University named after Academician Ye.A. Buketov)

Salkeyeva L.K. (Karaganda, Karaganda National Research University named after Academician Ye.A. Buketov)

Sugralina L.M. (Karaganda, Karaganda National Research University named after Academician Ye.A. Buketov)

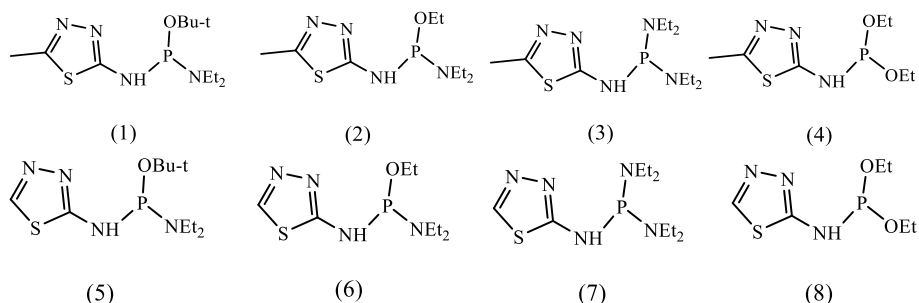
Poyarkova D.R. (Karaganda, Karaganda National Research University named after Academician Ye.A. Buketov)

Peremitin V.V. (Karaganda, Karaganda National Research University named after Academician Ye.A. Buketov)

IN SILICO ASSESSMENT OF BIOACTIVITY AND ADME PROPERTIES OF NOVEL PHOSPHORYLATED AMINOTHIADIAZOLE COMPOUNDS

1,3,4-Thiadiazole derivatives constitute a structurally diverse and pharmacologically rich class of heterocyclic compounds [1-3]. Their unique molecular scaffold enables interaction with a wide range of biological targets, making them of sustained interest in medicinal chemistry. Despite the significant attention that thiadiazole-based structures have received in recent decades, the development of more efficient and cost-effective synthetic strategies for accessing their phosphorylated analogues remains an open and relevant challenge [4].

The primary aim of the present study was to evaluate the feasibility of synthesizing phosphorylated aminothiadiazaole derivatives and to perform a preliminary pharmacological assessment using computational *in silico* methods. Eight candidate structures (compounds **1–8**) were designed with consideration of reagent availability and synthetic accessibility. Their virtual screening was conducted using three well-established online platforms: PASS Online (for biological activity prediction), ProTox-II (for acute toxicity estimation), and SwissADME (for drug-likeness and pharmacokinetic profiling).



Biological Activity Prediction via PASS Online

The PASS Online platform was employed to generate probabilistic activity spectra for all eight compounds. Each predicted activity value ranges from 0 to 1, where higher values indicate a greater likelihood of the corresponding pharmacological effect. All derivatives exhibited consistently high scores as

potential substrates of glutathione S-transferase P (GST P) and GST P1-1, with probability values ranging from 0.857 to 0.949. Compound **8** achieved the highest scores in both categories (0.949 and 0.932, respectively), suggesting strong enzymatic affinity.

Moderate calcium-regulatory activity was predicted across nearly all structures (0.658–0.704), pointing to potential involvement in calcium homeostasis. Of the predicted pharmacodynamic profiles, compound **7** appeared to exhibit the greatest likelihood of GLP-1 receptor agonism ($P_a = 0.766$). This result is tentatively relevant to the field of antidiabetic pharmacotherapy, where GLP-1-based mechanisms have gained considerable therapeutic traction.

Predicted cytostatic activity against non-Hodgkin lymphoma emerged as one of the more compelling outputs of the PASS screening. Compounds **4**, **7**, and **8** returned P_a values of 0.875, 0.786, and 0.932, respectively, a spread that arguably justifies their prioritisation as candidate scaffolds in haematological oncology. The picture for compounds **7** and **8** proved particularly striking. Across antiviral, antitumour, and immunomodulatory descriptors alike, their computed scores repeatedly surpassed the 0.90 mark, lending some computational weight to the notion that these two derivatives may operate through pleiotropic mechanisms rather than a single defined target.

These findings support their designation as priority candidates for further experimental investigation.

Acute Toxicity Assessment via ProTox-II

Predicted oral acute toxicity values (LD_{50}) in rats were calculated for all eight compounds using the ProTox-II platform. The estimated LD_{50} values ranged from 253 to 1000 mg/kg, placing all compounds within toxicity classes 3 or 4 according to the GHS classification system. Compounds **5**, **6**, and **7** were assigned to class 3 (LD_{50} approximately 253–260 mg/kg), warranting structural optimization efforts aimed at improving the safety profile prior to any in vitro or in vivo studies. Compounds **1**, **2**, **3**, and **8** were classified as class 4 (LD_{50} 800–1000 mg/kg), indicating relatively lower acute toxicity and a more favorable starting point for further preclinical evaluation.

Drug-Likeness and Pharmacokinetic Profiling via SwissADME

Oral bioavailability and pharmacokinetic suitability of all eight derivatives were assessed using SwissADME, with reference to the Lipinski Rule of Five and Veber's criteria (Table 1). All compounds proved fully compliant with these established thresholds. Molecular weights ranged from 221 to 290 g/mol, well within the 500 g/mol limit. Each structure possessed a single hydrogen bond donor ($HBD = 1$) and six hydrogen bond acceptors ($HBA = 6$), both within permissible ranges (≤ 5 and ≤ 10 , respectively).

Topological polar surface area (TPSA) values did not exceed $98.1 \text{ \AA}^2$, remaining comfortably below the $140 \text{ \AA}^2$ threshold associated with adequate membrane permeability and intestinal absorption. The lipophilicity parameter (MLOGP) varied between 2.32 and 3.72, consistent with a favorable

hydrophobic–hydrophilic balance required for cellular uptake and systemic distribution. The number of rotatable bonds (6–8 per compound) indicates adequate molecular flexibility to facilitate receptor binding without compromising conformational stability.

Table 1. Key Parameters of Compounds 1–8 for Bioavailability Assessment

Compound Number	MW	HBD	HBA	TPSA, Å ²	MLOGP	RB
1	290.37	1	6	92.11	3.72	7
2	262.31	1	6	92.11	2.94	7
3	289.38	1	6	86.12	3.24	8
4	235.24	1	6	98.1	2.63	6
5	276.34	1	6	92.11	3.41	7
6	248.29	1	6	92.11	2.63	7
7	275.35	1	6	86.12	2.93	8
8	221.22	1	6	98.1	2.32	6

Note to the table. MW – molecular weight (g/mol); HBD – number of hydrogen bond donors; HBA – number of hydrogen bond acceptors; TPSA – topological polar surface area; MLOGP – octanol–water partition coefficient; RB – number of rotatable (flexible) bonds.

Taken together, all derivatives satisfy the criteria for drug-likeness and can be considered promising candidates for future pharmaceutical development. Their combined profile, namely favorable bioavailability, low molecular complexity, and compliance with classical oral drug rules supports their potential as orally administered therapeutic agents.

A comprehensive *in silico* evaluation of eight phosphorylated aminothiadiazoole derivatives was performed using PASS Online, ProTox-II, and SwissADME. Among the screened candidates, compounds **7** and **8** appear to hold the greatest translational promise. Their virtual profiles suggest not only superior predicted bioactivity across multiple pharmacological endpoints, but also a toxicity range considered acceptable for early-stage drug candidates. Notably, both structures demonstrated full adherence to established drug-likeness filters.

REFERENCES:

1. Trafalis D.T., Sagredou S., Dalezis P. et al. Anticancer activity of triazolo-thiadiazole derivatives and inhibition of AKT1 and AKT2 activation // *Pharmaceutics*. – 2021. – Vol. 13, № 4. – P. 493.
2. Cristina A., Leone D., Vlase L. et al. Synthesis, characterization and biological evaluation of imidazo[2,1-b][1,3,4]thiadiazole derivatives as anti-inflammatory agents // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23. – Article No. 2425.
3. Hu Y., Li C.-Y., Wang X.-M. et al. 1,3,4-Thiadiazole: Synthesis, reactions, and applications in medicinal, agricultural, and materials chemistry // *Chem. Rev.* – 2014. – Vol. 114, № 10. – P. 5572–5610.
4. Kokovina T.S., Gadomsky S.Y., Terentiev A.A., Sanina N.A. A novel approach to the synthesis of 1,3,4-thiadiazole-2-amine derivatives // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, № 17. – Article No. 5159.

DEVELOPING OPTIMAL OPTIONS FOR DRYING COOKED CABBAGE
ANNOTATION

This study focuses on determining optimal drying conditions for cooked cabbage using convective drying. The effects of temperature, air velocity, and drying time on product quality and moisture removal were analyzed. The results showed that a temperature of 65 °C and air velocity of 1.0–1.5 m/s provide efficient drying while preserving product quality. These conditions are recommended for industrial applications.

Keywords: Cooked cabbage, drying process, convective drying, drying regimes, moisture content, heat and mass transfer, food technology, product quality.

Vegetable products are an essential component of a balanced human diet due to their rich content of vitamins, minerals, and biologically active substances. Among them, cabbage occupies a significant place because of its nutritional value and wide availability. However, the high moisture content of fresh cabbage limits its storage life and leads to rapid spoilage. Drying is widely applied as an effective preservation method to extend the shelf life of vegetables. Despite its advantages, the drying process must be carefully controlled, as inappropriate conditions can negatively affect product quality. In the case of cooked cabbage, structural changes caused by heat treatment make the drying process more complex. Therefore, selecting appropriate drying parameters is a key factor in obtaining a high-quality final product.

In this study, fresh cabbage was used as the main raw material. The cabbage was предварительно subjected to thermal treatment by boiling for several minutes, followed by cooling and cutting into uniform pieces to ensure even drying. The drying process was carried out using a convective drying method under controlled laboratory conditions. The main parameters selected for investigation included drying temperature, air velocity, and drying duration. The temperature range was set between 50 and 80 °C, while air velocity varied from 0.5 to 2.0 m/s. During the experiments, moisture loss was monitored, and product quality was assessed based on physical and sensory characteristics such as color, texture, and overall appearance. The efficiency of the process was also evaluated in terms of drying time and energy consumption.

The obtained results indicate that drying temperature has a major influence on both the drying rate and product quality. Lower temperatures resulted in slower moisture removal but better preservation of natural characteristics. In contrast, higher temperatures accelerated the process but caused undesirable changes such as color darkening and texture hardening. Air velocity also played an important role in the drying process. An increase in airflow improved heat and mass transfer,

reducing drying time. However, excessive air velocity led to the formation of a dry outer layer, which slowed down internal moisture diffusion.

Based on the experimental analysis, moderate drying conditions were found to be the most effective. A temperature of around 65 °C combined with an air velocity of 1.0–1.5 m/s ensured a balance between drying efficiency and product quality. Under these conditions, the dried cabbage maintained acceptable sensory and physical properties.

The study demonstrates that properly selected drying regimes are essential for producing high-quality dried cooked cabbage. Moderate drying conditions allow for efficient moisture removal while preserving important quality attributes.

The recommended drying parameters can be applied in practical food processing to improve product stability and reduce energy consumption. Further studies may focus on optimizing the process through advanced drying technologies.

LITERATURE:

1. Mujumdar, A.S. *Handbook of Industrial Drying*. 4th ed., CRC Press, 2014.
2. Fellows, P.J. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. 4th ed., Woodhead Publishing, 2017.
3. Kudra, T., & Mujumdar, A.S. *Advanced Drying Technologies*. 2nd ed., CRC Press, 2009.
4. Ratti, C. "Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review." *Journal of Food Engineering*, vol. 49, no. 4, 2001, pp. 311–319.
5. Vega-Gálvez, A., et al. "Effect of air drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper." *Food Chemistry*, vol. 117, 2009, pp. 647–653.

Omarova N.K.
(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)
Sherembaeva R.T.
(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

SELECTIVE FLOTATION OF SULFIDE ZINC ORE

The akzhal factory processes lead-zinc ores. Flotation is the main method of separating minerals. Hydrophobic particles stick to air bubbles and escape to the surface, hydrophilic ones remain in the pulp. Through reagents, minerals can be selectively separated.

The flotation section consists of two sections: svinets and zinc concentrates are taken. Lead flotation passes through several passes, and the chvosts are reused. Lead flotation residues-0.074 mm particles make up 53.2%.

Zinc flotation consists of the main, control and three perechistka. The alkalinity indicator of the pulp is kept at the level of 8-9. Zinc concentrate is ready, 80% <0.074 mm, sphalerite 80 %, mineral opening 91%, iron 1.36%. Waste is produced as waste, with 96% zinc minerals added in groups as particles. Study of the kinetics of zinc flotation (in open and closed cycles)

Production Power, T/H	Q, T / H	yield, γ , %	zinc in Ore, β , %	zinc in concentrate quality, β , %	extraction, ε , %	metal mass, P, T / H
160	7,90	4,94	3,11	55,00	87,36	4,97
170	8,40	4,94	3,11	55,00	87,36	5,28
180	8,90	4,94	3,11	55,00	87,36	5,60
190	9,38	4,94	3,11	55,00	87,36	5,90

As the processing speed increases in the range of 160-190 t/h, the metal zinc mass increases to 0.93 t/h (concentrate quality 55%).

When the quality of the concentrate rises from 55% to 56%, the metal mass increases by 0.5-0.64 t/h, zinc in the ore increases from 3.11% to 3.44%. Lifting by 57% has little effect on the metal mass.

Optimal duration and laboratory confirmation of flotation

Flotation time affects the quality of the concentrate: as it lengthens, the quality decreases. The optimal duration is 5-10 minutes, for difficult flotation ores up to 40 minutes.

The rate of flotation is proportional to the mass of the mineral and the action is subject to the law of action. The time can be adjusted by changing the speed at which the bubble layer is removed. If the pulp flow increases, the flotation time is reduced.

Akjal ores are composed of galenite (Pb) and sphalerite (Zn) minerals:

Lead-91.2% galenite

Zinc-95.97% sphalerite

Rocks that do not contain useful minerals: silica 40.35%, alumina 0.91%, calcium oxide 19.98%, magnesium oxide 1.29%.

Flotation is carried out according to a selective scheme:

Two parts: selective and zinc flotation

In each section, the main, control flotations and three perechistka

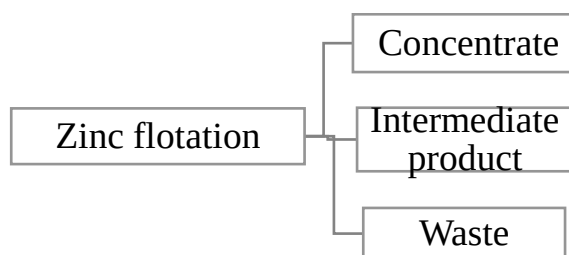
The main zinc flotation concentrate is re-crushed after hydrocyclone.

Chemical composition of akjal ore

Component	Pb	Zn	Cu	Au	Ag
Content % / g/t	1,25	1,29	0,08	0,28	18–47

Lead flotation residues and zinc flotation

Scheme and mode of zinc flotation in the open cycle



Reagents used: Cuso eye – 220 g/t (activator); ZnSO₄-200 g/t (suppressor); T - 92 – 10 g/t (foaming agent); TM 067-56 g/t (collector).

Conclusion: in the technological scheme of zinc flotation, the zinc extraction coefficient and the amount of concentrate (with a zinc content of 50% in Egypt) were determined. Graphs have been prepared showing the relationship between zinc extraction and concentrate quantity; concentrate extraction varies within 3% and increases by an average of 2% when concentrate quality is 50-58%. In the ore grinding section, graphs of changes in zinc metal were developed. The optimal rate of flotation is determined to achieve the necessary indicators. The reporting data was checked in laboratory conditions.

REFERENCES:

1. Abramov A. A. *Processing, enrichment and complex use of Solid Minerals*. Moscow: MGGU publishing house, 2016 – - 510 P
2. Kosherbayev K. *fundamentals of ore enrichment*. Almaty, 2011. Republican Publishing Office. – 274 P.
3. Avdokhin V. M. *fundamentals of mineral enrichment* Moscow: Mountain book 2021-310b
4. N.K Omarova R. T Sherembaeva *Technological Calculation of the Crushing Scheme Selection of Equipment* Karaganda Technical University Karaganda KTU Publishing House 2021-64p
5. Khan G. A., Gabriklova L. I., Vlasova N. S. *flotation reagents and their application* M. Nedra, 2017

Rakhimberlinova Zh.B.

(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

Demets O.V.

(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

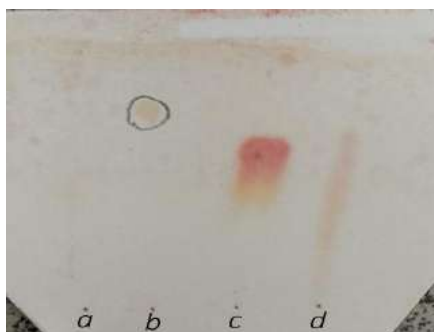
Zgardan V.V.

(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

ANALYSIS OF THE AMINO ACID PROFILE OF THE BARK OF THE ENDEMIC SPECIES *BETULA KIRGHISORUM* BY CHROMATOGRAPHY AND SPECTROPHOTOMETRY

The study is devoted to birch bark *Betula kirghisorum*, harvested directly in natural conditions. The raw materials were ground to a fraction of 5-8 mm and dried at 70 ° C to a constant weight. To extract the components, water-base extraction with 0.1% sodium hydroxide solution was used. This approach makes it possible to transfer amino acids well into solution and at the same time preserve their native structure. The extraction was carried out at 70° C, which ensured the maximum yield of the target substances from the wood matrix.

The analysis included both qualitative screening and quantitative assessment. At the first stage, amino acids were detected by a ninhydrin reaction based on the formation of a colored complex (Rueman's purpura). The fact that the color of the extract changed from brownish yellow to rich purple confirmed the presence of alpha amino acids. Thin—layer chromatography was used to separate the mixture; the mobile phase was the butanol—acetic acid-water (4:1:1) system [1].



a – alcohol extract; b – aqueous extract;
c – methionine sample; d – tyrosine sample

Figure 1 – Thin-layer chromatography

According to the results, adsorption zones were found that match the values of the methionine standard. Methionine is an essential sulfur—containing amino acid; it is important for antioxidant protection and protein synthesis, therefore its presence increases the biological value of the studied extract. Quantitative determination of methionine was performed by UV spectrophotometry on an Emclab EMC-61–PC–UV analyzer at a wavelength of 241 nm. A number of

standard methionine solutions with concentrations of 0.05–2.0% were prepared in advance and their optical density was measured.

Table 1
Optical density of methionine solution

The concentration of methionine.	The concentration of methionine.
0,05	0,3524
0,1	0,5594
0,15	1,3879
0,2	1,9391
1	3,5130
2	3,7045

Based on the obtained values, a calibration graph was constructed with a linear dependence of the optical density on the concentration. The optical density of the birch bark extract was 3.5745. By extrapolation and mathematical interpolation, it was calculated that the methionine content in the sample is about 1.3%. This is a noticeable value and it indicates a high accumulation of free amino acids in the bark of an endemic species compared to the more well-known representatives of the genus *Betula* [2].

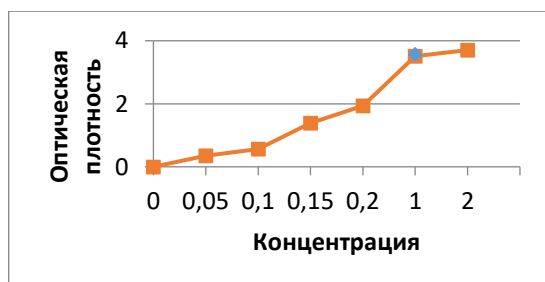


Figure 2 - Optical density graph

It is important to note that the intensity of staining in the ninhydrin reaction is consistent with the instrumental data, which means that the conclusions can be considered reliable. The high concentration of methionine is probably related to the adaptation of the plant to the conditions of the mountainous area. These results are important for the chemotaxonomy of *Betula kirghisorum*. In the future, it is planned to expand the study using HPLC in order to fully profile all amino acids and assess their seasonal dynamics.

REFERENCE:

1. Dragičević, A., Kitić, D., & Pavlović, D. (2022). Biological activity of the birch leaf and bark. *Lekovite Sirovine*, 42(1), 89–95.
2. Demets, O. V., Takibayeva, A. T., Kassenov, R. Z., & Aliyeva, M. R. (2022). Methods of betulin extraction from birch bark. *Molecules*, 27(11), Article 3621.

TECHNOLOGY OF APPLICATION OF MICROWATERALS IN
COSMETOLOGY

Microalgae are complex photosynthetic products found in marine and freshwater environments and produce valuable metabolites.

Biologically active substances derived from microalgae, antioxidants, due to their multifaceted properties in medicine, such as anti-cancer, physicoimmune modulator, anti-inflammatory, and antimicrobial activity, are of great importance in various industrial biotechnological processes and in the pharmaceutical and cosmetic industries. These properties are recognized as promising components for the most modern cosmetics and cosmetic formulae. In particular, efforts are being made to develop natural, non-toxic, and environmentally friendly products that can replace synthetic ones. In recent years, the demand for cosmetic products based on natural components has been growing. From this point of view, microalgae are considered a promising raw material in the field of cosmetology.

Microalgae are microorganisms that live in the aquatic environment and carry out photosynthesis, accumulating many biologically active substances.

In particular, microalgae such as *Spirulina* and *Chlorella* are widely used in the cosmetic industry. Their extracts have nourishing, restorative, and protective properties. The composition of microalgae is very rich and diverse, which includes the following main components. It contains proteins (40-70%), which accelerate cell regeneration. It also contains vitamins - A, B, C, E - which increase skin elasticity. At the same time, macroelements such as Zn, Fe, and Mg are abundant in microalgae, which improve skin metabolism.

In particular, pigments such as carotenoids and phycocyanin fight against free radicals and slow down skin aging. Studies show that cosmetic products based on microalgae: increase skin elasticity, reduce wrinkles, provide deep skin nourishment, and have anti-inflammatory effects.

Among microalgae, *Spirulina-Arthrospira platensis* contains phycocyanin and beta-carotene, which are powerful antioxidants and activate collagen synthesis. The 20-30% extract of *Spirulina-Arthrospira platensis* increases skin elasticity, and the 15-25% extract reduces wrinkles. *Chlorella-Chlorella vulgaris* microalgae are widely used in world medicine and cosmetology, stimulating the production of collagen and elastin. It also restores skin tissues. In particular, it has detoxifying properties. 25-35% extract of *Chlorella vulgaris* microalgae is widely used in cosmetology. Especially 20-30% extract increases skin density.

Also, *Chlorella-Chlorella vulgaris* is very effective as a skin strengthening and restoring agent. In addition to the above microalgae, *Haematococcus pluvialis* is also used in cosmetology as the strongest antioxidant. Using this

property, it protects from sunlight, as well as from various radiation effects. And slows down collagen breakdown. Especially its 25-35% extract is used to reduce wrinkles.

Currently, interest in microalgae and cyanobacteria is especially high in biotechnology. For this purpose, they are focused on the composition of valuable metabolites that can be widely used in medicine, industry, energy, agriculture, food, and other industries.

Stress factors increase or decrease the production of various favorable compounds. Therefore, scientific research has paid special attention to studying the conditions for growing the best microalgae to obtain maximum industrial production. In addition, in world medicine, it is recognized that microalgae metabolites exhibit a wide range of biological activity, such as ultraviolet (UV) absorption, antioxidant, anti-aging, anti-spotting, anti-inflammatory, and antimicrobial properties.

Microalgae and cyanobacteria also serve in industry as a source of bioactive compounds that exhibit immunomodulatory activity, such as amino acids, peptides, pigment-protein complexes, and exopolysaccharides. In particular, the polysaccharides contained in microalgae and cyanobacteria include sugars such as xylose, glucose, mannose, and galactose. In particular, sulfated polysaccharides are associated with blood clotting, antilipidemic activity, and mainly immunomodulatory activity. In many studies, it has been established that *Arthrospira/Spirulina*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Isoschrysis*, *Pleurochrysis carterae*, *Dunaliella*, *Porphyridium purpureum*, and *Rhodospirillum rubrum* have anti-inflammatory properties.

Immunomodulatory compounds such as exopolysaccharides interact with cell surface receptors such as Dectin-1 receptors, Toll-like receptors (TLR) and scavenger receptors in immune cells such as macrophages, dendritic cells, neutrophils, and NK cells. Exopolysaccharides and sulfated polysaccharides have the ability to bind to these cell surface receptors and stimulate signal cascades that activate the activity of macrophages, NK cells, and T/B lymphocytes, phagocytosis, and cytokine secretion.

REFERENCES:

1. Mukhayo Tagaeva, Anorgul Gulova, and Nafisa Koshshaeva. Technology for preparing prototype biopreparations based on microalgae. *BIO Web of Conferences* 141, 03016 (2024) *Agricultural science* 2024.
2. Tagaeva, MB, Oybek o'g, ZMR, & Olimboyevna, BG (2024). The Effect of Microalgae on Soil Fertility. *Miasto Przyszłości*, 57-60.
3. M. Tagaeva, Chu-13 nutrient environment of *Styrian b. braunii*-115 and *ch. Infusum*-115 strain analysis, *Center of scientific publications* 44(44) (2023)
4. Tagaeva, M., Rozieva, Z., and Djumaev, T. (2024). Biotechnology increase productivity of plant products by means of microorganisms. *BIO Web of Conferences* (vol. 113, p. 01008). *EDP Sciences*.
5. Yujie Han, Wentao Sun, Zixi Chen, Hui Zhu, Shuangfei Li Microalgae in health care and functional foods: β -glucan applications, innovations in drug delivery and synthetic biology// *Front. Pharmacol.*, 04 March 2025.

Tagayeva M.B. (Bukhara, BukhSU)
Samandarova Ch. S. (Bukhara, BukhSU)
Xaydarov R.G`. (Bukhara, BukhSU)

THE IMPORTANCE OF PHYTOHORMONES IN BIOTECHNOLOGY

Phytohormones are mainly obtained from natural sources or extracted from local plants and bacteria. Often produced in agriculture by traditional methods. For example, cytokinins and auxins are obtained locally from large plant extracts. Biostimulants obtained by local selection are adapted to certain plants.

Phytohormones are often produced with high purity through chemical synthesis or biotechnological methods. Therefore, they have standardized concentrations and bioactivity, and the result is accurate and stable.

Some recipes are based on cytokinins, gibberellins, or auxins derived from GMO microorganisms.

In the world community, phytohormones are distinguished by greater purity, standard concentration, and stability, while in Uzbekistan they are obtained from natural and local sources.

Phytohormones in Uzbekistan are typically adapted to local climate and soil conditions. For example, cytokinins used in dry climates have high stress resistance.

In the world community, phytohormones are synthesized to be suitable for a wide range of plants, but sometimes may not be adapted to local stress factors. Phytohormones in Uzbekistan have a "local adaptation," while foreign ones have a "universal" character.

In Uzbekistan, phytohormones are mainly used through spraying, irrigation, or root suction.

In the world community, phytohormones have standardized doses, concentrations, and operating protocols, therefore the result is constant and repeatable. Currently, there are many types of phytohormones, one of which is cytokinin. Phytohormones such as cytokinin bind directly to plant receptors. In our country, in plants selected in the dry and hot climate of Uzbekistan, local phytohormones are highly adapted to receptors, therefore the effect is more pronounced.

In foreign countries, phytohormones are sometimes used with different varieties, their affinity for the receptor may be somewhat lower, but it can be balanced by concentration. Phytohormones in Uzbekistan are usually inexpensive and environmentally friendly, as they are obtained from natural sources.

Foreign phytohormones are more expensive, but are characterized by high biological activity and standardized quality. Domestic products are environmentally and economically friendly, while foreign products provide high results and guarantees.

The hormonal system plays a crucial role in controlling the growth and development of plants.

In addition to traditional plant hormones (auxins, cytokines, gibberellins, abscisic acid), jasmonates, salicylic acid, and brassinosteroids (BR) now act as hormones. Plant hormones affect vital processes such as growth and development, adaptation to the environment, resistance to biotic and abiotic stress, and productivity. Therefore, plant hormones are of interest in biotechnology as an effective tool for improving plants to meet human needs.

The synthesis of plant hormones is carried out by rhizosphere microorganisms, which forms the basis of their ability to stimulate growth, as well as the basis for the use of these preparations in crops. At the same time, the successful use of plant hormones depends on knowledge of their mechanisms of action.

Achievements in the study of plant hormones include: identification of their receptors and signal transmission, target genes and genes controlling hormone metabolism and signaling, disclosure of interactions between hormones and their relationship with calcium, reactive oxygen types, and nitrite oxide signaling.

Phytohormones are important for the role of plant hormones in growth and development, adaptation to the environment, resistance to abiotic and biotic stress, interaction between hormones and their relationship with other signaling systems, as well as for stimulating growth through soil microorganisms.

Studies have shown that cytokinins control the expression of plastid-linked RNA polymerase-associated proteins (PAPs) in Arabidopsis nucleus genes. Although CKs are important in controlling chloroplast biogenesis, their mechanisms have not been fully studied.

N-glycosylation in cytokines plays an important role in CK homeostasis. N7- and N9-glycosides were previously considered inactive and irreversible, but now the results of studies have shown that they control root development and activate CK signaling.

Also studies the use of cytokinins in fruit crops. It was shown that the molecular biological effect of natural CKs and the response to CKs in fruit crops are different. Genomic and metabolomic analyses help to understand the movement of CK and identify targets for improving crop quality.

The mechanisms of biosynthesis, translocation, and sensation of these metabolites are different.

Abscisic acid has a great influence on growth and abiotic stress conditions. Excess Abscisic acid in the soil negatively affects seed germination and growth. *Rhodococcus* sp. P1Y bacteria assimilate ABA and produce dehydrovomifolium. Ethylene and salt stress Ethylene plays an important role in maintaining Na⁺/K⁺, nutrient and ROS homeostasis, as well as strengthening antioxidant protection. Inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Ochrobactrum cytisi* stimulates the growth of potato micro-plants. Abscisic acid decreases in the roots, while auxin and cytokinins increase.

In conclusion, phytohormones are essential biological regulators that play a pivotal role in plant growth, development, and adaptation to environmental stress factors. Their origin—whether derived from natural or synthetic sources - as well as their production technologies and application methods, vary depending on regional conditions. In Uzbekistan, phytohormones are predominantly obtained from natural sources and are characterized by their adaptation to local climatic and soil conditions, which ensures rapid and efficient physiological responses in plants.

In contrast, in global practice, phytohormones are mainly produced through chemical synthesis and advanced biotechnological approaches, resulting in highly purified, standardized, and stable compounds with consistent concentration and reproducible bioactivity.

Furthermore, the interactions among phytohormones, their signal transduction mechanisms, genetic regulatory systems, and their functional relationships with microorganisms significantly enhance their overall efficacy. In addition to the primary hormones such as cytokinins, auxins, gibberellins, and abscisic acid, the importance of newly identified signaling molecules is steadily increasing. In particular, the role of rhizosphere microorganisms in phytohormone biosynthesis and their contribution to promoting plant growth represent one of the most promising directions in modern biotechnology.

For the effective utilization of phytohormones in the future, it is essential to conduct in-depth studies of their molecular mechanisms, integrate local and global approaches, and develop environmentally safe as well as economically efficient formulations. On this basis, phytohormones will continue to serve as a crucial tool in agriculture for increasing crop productivity, enhancing plant stress tolerance, and improving overall quality parameters. Furthermore, modern research highlights the broad prospects for the application of next-generation biostimulants based on phytohormones in agriculture. In particular, complex formulations—products based on the synergistic combination of multiple hormones and microorganisms—ensure integrated plant protection and development. In the future, such innovative solutions will expand the possibilities for developing environmentally friendly, resource-efficient, and highly effective agricultural technologies.

REFERENCES:

1. Mukhayo Tagaeva, Anorgul Gulova, and Nafisa Koshshaeva. Technology for preparing prototype biopreparations based on microalgae. *BIO Web of Conferences* 141, 03016 (2024) *Agricultural science* 2024
2. Tagaeva, MB, Oybek o'g, ZMR, Olimboyevna, BG (2024). The Effect of Microalgae on Soil Fertility. *Miasto Przyszłości*, 57-60.
3. M. Tagaeva, Chu-13 nutrient environment o' styryan b. braunii-andi-115 and ch. Infusionum-andi-76 strain analysis, *Center of scientific publications* 44(44) (2023)
4. Tagaeva, M., Roziyeva, Z., and Djumaev, T. (2024). Biotechnology increase productivity of plant pod vozdeystviem mikroibolicheskikh preparatov. V *BIO Web of Conferences* (vol. 113, p. 01008). *EDP Sciences*

APPLICATION OF AI METHODS TO PREDICT HETEROCYCLIZATION
REACTIONS IN CHEMICAL ENGINEERING

Modern chemical engineering is advancing thanks to digital tools and AI. Machine learning is used to predict reactions, analyze structures, and optimize synthesis, accelerating research and reducing the need for additional experiments.

A promising area is the use of AI to predict heterocyclization reactions, which are important in the synthesis of drugs, dyes, and biologically active substances. AI methods enable the analysis of large data sets and the prediction of reaction products, increasing the efficiency of development. Therefore, the use of systems such as IBM RXN for Chemistry is a pressing scientific challenge.

The aim of this work is to study the possibilities of applying AI methods to predict the results of heterocyclization reactions using the IBM RXN for Chemistry platform.

The methodological basis of the study is the application of machine learning methods to the analysis of chemical reactions. The study utilized the IBM RXN for Chemistry online platform, which is based on neural networks trained on a large amount of organic synthesis data.

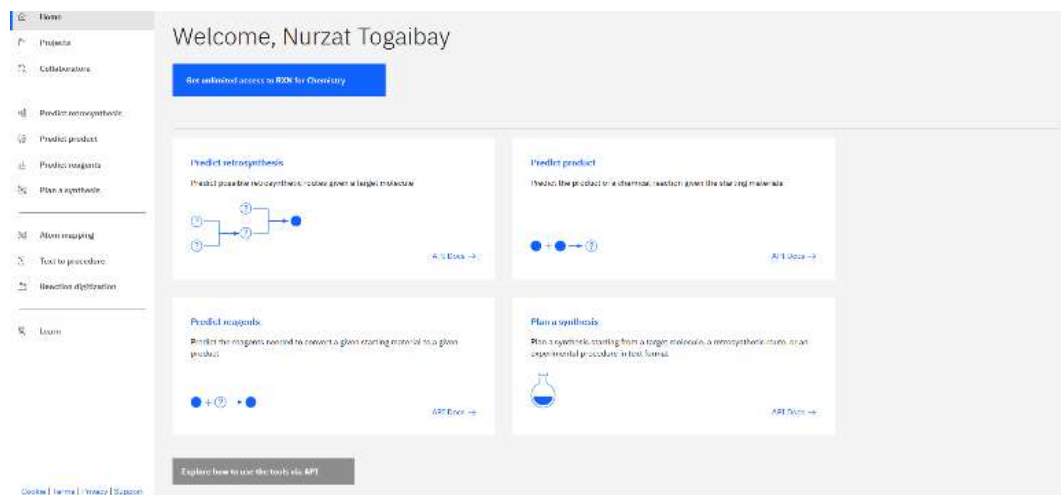


Figure 1 – IBM RXN website home page

The program allows you to enter reactants as chemical structures and automatically predict the possible reaction product. The platform's algorithms analyze known reaction mechanisms and statistical patterns identified from a database of chemical publications. The resulting predictions allow you to estimate the probability of formation of various products and determine the most likely reaction direction.

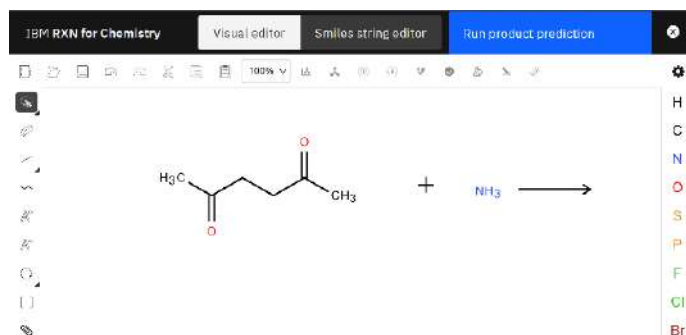


Fig. 2 – Initial reagents

In the practical part of the study, the IBM RXN for Chemistry platform was used to predict the outcome of a heterocyclization reaction. The structures of the starting reagents (Fig. 2) were entered into the system, after which the program automatically analyzed the possible reaction course.



Fig. 3 – Probable product

Using built-in machine learning algorithms, the system proposed the most likely reaction product and calculated the probability of its formation (Fig. 3). The results were analyzed in light of known principles of organic chemistry. The software allowed for the rapid generation of the predicted reaction product and the evaluation of the feasibility of further experimental research.

The study explored the feasibility of using artificial intelligence methods to predict heterocyclization reactions. It was found that the IBM RXN for Chemistry platform enables effective prediction of potential organic reaction products based on the analysis of large amounts of chemical data. The results confirm that the use of artificial intelligence tools can significantly accelerate the development of new chemical compounds and reduce the need for extensive laboratory experiments. The use of such technologies opens new prospects for the advancement of chemical engineering and the digitalization of scientific research.

LIST OF REFERENCES:

1. IBM Research. IBM RXN for Chemistry: A Chemical Reaction Prediction Platform.
2. RXN for Chemistry - Quick start
3. RXN for Chemistry Tutorials and Documentation
4. Borrelli, W. R., & Schrier, J. (2021). Evaluating the Performance of a Transformer-based Organic Reaction Prediction Model
5. Vaucher, A., Shortt de Hernandez, F., Hausberg, S., & Laino, T. (2021). Thieme trains IBM RXN for Chemistry with high-quality data.

MEASUREMENT OF THE EXTENT OF FAT OXIDATION DURING THE PREPARATION OF GRILLED CHICKEN

Annotation. *The article examines the suitability of the oil released during the cooking of chicken in infrared grill apparatuses for consumption or reuse. Evaluation is carried out based on determining its oxidation state using chemical methods. In particular, the acid, peroxide, and anisidine numbers, the Totox index, and the smoking temperature of the oil are studied.*

Keywords: *Chicken fat, grill, decantant, oxidation, peroxides, hydroperoxides, infrared radiation, thermal exposure, smoking temperature.*

One of the most important components of a person's diet is fats, which constitute about 35% of the energy consumed. Currently, it is impossible to imagine the preparation of many delicious and very nutritious fried products without fats, regardless of whether they are part of food ingredients and components or are introduced separately. Animal fats, especially those found in animal meat, deserve special attention. Broiler chicken meat has high nutritional value, dietary quality, and excellent taste. The content of important amino acids in them is significantly higher than in the meat of other animals. The number of restaurants and especially private catering establishments is growing every year, where the consumption of fried chicken in special apparatuses equipped with infrared energy elements has recently increased. It is known that in this case, the main part of the chicken (calf) fat flows into the tray and is collected. Its practical application, although occurring, has not yet been regulated. At the same time, the negative impact of fat oxidation products on human health is particularly significant, and one of the main safety factors for the product is precisely the safety of fats.

In any method of heat treatment, both hydrolytic and oxidative transformations occur in oils due to the effect of high temperatures, air, and water on the oil. The advantage of a particular process depends on the temperature and duration of heating, the degree of influence of water and air on the oil, and the presence of substances that can chemically interact with the oil.

Since chicken fat is rich in unsaturated fatty acids compared to other animal fats, it can exhibit high sensitivity to oxidative changes during heat treatment. In this regard, to study the rate of oxidation processes in chicken fat collected dropwise in a pan under real conditions of grilling, its indicators such as peroxide, acid, anisidine numbers, and Totox were studied.

These indicators in the initial raw chicken fat separated from the carcass had the following values, respectively: acid number 1.4 mg KOH/g, peroxide

number 2.8 mmol 0.5 O₂/kg, anisidine number 1.612. The fat content in chicken fat tissue is on average 87%, and the average moisture content in fat tissue is 9.3%. The average moisture content of the fat tissue after washing the carcass was 11.2%. The source of infrared radiation in the grill is metal electric heaters with sealed tubes. In the apparatuses, semi-finished products (chicken carcasses) are inserted into special ties (shappers) installed on the conveyor, so that they also rotate during the conveyor's movement.

The temperature in the cooking (frying) chamber of the grilling machine is 220-270°C, the temperature of the surface layer of the carcass is 130-140°C, and the temperature of the deep layer is 85-90°C. The cooking time for chicken grill is 35 minutes. During this time, the above-mentioned indicators of chicken fat collected on the apparatus tray were determined and analyzed.

It should also be noted that in public catering establishments such as grill bars and grill cafes, modern devices based on infrared radiation are mainly used to cook chicken grill, but sometimes, when the number of such devices in these establishments (in terms of capacity or productivity) is insufficient to fulfill the customer's order, as a rule, oven ovens are also widely used to prepare an additional product. The oven's oven temperature is 180°C, and the baking time is 35-40 minutes.

In the samples subjected to thermal exposure, an increase in the values of indicators characterizing the oxidation state is observed. This is, of course, natural. However, the degree of increase in the values of these indicators in these samples is different. At the same time, in the oven-fried chicken fat, significantly more oxidation products are formed than in the fat released during the preparation of chicken grill using the energy of IR rays. Increasing the acid number indicates the degree of fat hydrolysis, which is due to the formation of free fatty acids. Subsequently, during the heat treatment process (boiling), peroxides and hydroperoxides, i.e., primary oxidation products, are formed from these fatty acids, resulting in an increase in the peroxide value in the samples. Nevertheless, it was established that chicken grill fully complies with the requirements of the GOST R-54676-2011 standard for poultry fat in terms of indicators characterizing the amount of oxidation products.

The indicators determined in the oven-fried chicken fat show that this oil contains a larger amount of primary and secondary thermal oxidation products and does not meet the above standard requirements.

LITERATURE:

1. Muik B., Lendl B., Molina-Diaz A., Valcarcel M. et al. Two-dimensional correlation spectroscopy and multivariate curve resolution for the study of lipid oxidation in edible oils monitored by FTIR and FT-Raman spectroscopy // *Anal. Chim. Acta*. 2007. Vol. 593. P. 54-67.,
2. *Переработка мяса птицы и кроликов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. А. Рыгалова [и др.]; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2021. – 362 с.*
3. <https://chefs.az/ru/izmeneniya-zhirov/>
4. Н.В. Макарова, М.С. Воронина. Исследование окислительной стабильности животных жиров в разных технологических условиях. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. 2020. Т. 8, № 2. С. 56–64

PHYTOCHEMICAL PROFILE AND PHARMACOLOGICAL SIGNIFICANCE OF MOMORDICA CHARANTIA L. IN CONTEMPORARY MEDICINE

Momordica charantia L., commonly known as bitter melon, belongs to the Cucurbitaceae family and has been a staple in ethnomedicine for centuries. Its chemical complexity is defined by a diverse array of triterpenoids, proteins, and alkaloids.

Key pharmacological mechanisms identified in recent clinical studies include:

1. **Antidiabetic Activity:** The plant contains polypeptide-p, an insulin-mimetic protein that effectively lowers blood glucose levels by enhancing peripheral glucose uptake.

2. **Antitumor Potential:** Bioactive MAP30 (*Momordica* Anti-HIV Protein) demonstrates significant inhibitory effects against various malignant cell lines by inducing apoptosis.

3. **Antioxidant Defense:** High concentrations of Vitamin C and phenolic compounds help in neutralizing free radicals, thereby preventing cellular damage.

The research methodology encompassed the following stages:

1. **Sample Preparation:** Fruits of *Momordica charantia* L. cultivated in the saline soil conditions of the Bukhara region were harvested, dried, and pulverized into powder.

2. **Extraction:** To isolate bioactive compounds, a 70% ethanol solution was utilized using the Soxhlet extraction method.

3. **Phytochemical Analysis:** The concentrations of saponins, alkaloids, and polypeptide-p were determined using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC).

4. **Statistical Analysis:** Data were processed using Microsoft Excel and SPSS 26.0 software, with a significance threshold of $P < 0.05$.

The table below shows the glucose reduction rates at different concentrations of the extract:

Glucose reduction rates at different concentrations of the extract

Parameters	Control Group	Extract (100 mg/kg)	Ekstrakt (250 mg/kg)
Charantin quantity	0.0	1.45 ± 0.08	2.12 ± 0.12
Glucose Reduction (%)	0.0	18.4%	31.2%

Antioxidant Activity (DPPH %)	5.2%	42.8%	68.5%
Saponins (mg/100g)	12.0	84.5	115.2

The experimental data indicate that the hypoglycemic efficacy of *Momordica charantia L.* extract increases proportionally with concentration. Specifically, at a dosage of 250 mg/kg, a 31.2% reduction in glucose levels was observed compared to the control group. This effect is attributed to the high concentrations of polypeptide-p and saponins present in the plant extract.

Based on the conducted research, the following conclusions were drawn:

1. **Phytochemical Efficiency:** High concentrations of charantin and polypeptide-p compounds (up to 2.12 mg/g) were identified in *Momordica charantia L.* cultivated under the soil and climatic conditions of the Bukhara region. This indicates a high degree of plant adaptation to local environments.

2. **Therapeutic Potential:** The 250 mg/kg dosage of the extract demonstrated a 31.2% reduction in glucose levels, confirming its efficacy as a potent natural antidiabetic agent.

3. **Future Prospects:** The findings serve as a scientific foundation for the development of cost-effective and highly efficient hypoglycemic drugs derived from *Momordica charantia L.*

REFERENCES

1. Samadov, B. S. (2022). ANATOMICAL STRUCTURE OF THE MEDICINAL PLANT MOMORDICA CHARANTIA L. *Thematics Journal of Botany*, 6(1).
2. Samadov, B. S. (2022). THE USE OF THE MEDICINAL PLANT MOMORDICA CHARANTIA L IN FOLK MEDICINE. *Asian journal of pharmaceutical and biological research*, 11(2).
3. Basch, E., Gabardi, S., & Ulbricht, C. (2003). Bitter melon (*Momordica charantia*): A review of efficacy and safety. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 60(4), 356-359.
4. Grover, J. K., & Yadav, S. P. (2004). Pharmacological actions and potential uses of *Momordica charantia*: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 93(1), 123-132.
5. Joseph, B., & Jini, D. (2013). Antidiabetic effects of *Momordica charantia* (bitter melon) and its medicinal potency. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3(2), 93-102.

Zgardan V.V.
(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)
Rakhimberlinova Zh.B.
(Karaganda, Abylkas Saginov Karaganda Technical University)

COMPARATIVE EVALUATION OF BAS EXTRACTION METHODS FROM REPRESENTATIVES OF THE FABACEAE FAMILY: FROM CLASSICS TO INNOVATIONS

The study of biologically active substances (BAS) from plants of the *Fabaceae* family, such as *Hedysarum neglectum* (pennywort) and *Astragalus dasyanthus* (woolly-flowered astragalus), is of considerable interest for pharmacognosy, chemical technology and biotechnology. These plants are a source of flavonoids, xanthonenes, polysaccharides, and saponins, which have antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory properties. Modern extraction methods make it possible to optimize the extraction of BAS, minimizing losses and increasing efficiency, which is important for the development of new phytopreparations and additives.

Objective: To compare the effectiveness of traditional and modern methods of extraction of BAS from the root of *H. neglectum* and the herb *A. dasyanthus* using UV spectrophotometry for analysis [1].

Objects of research: The root of *H. neglectum* (xanthonenes, flavonoids) and the herb *A. dasyanthus* (polysaccharides, saponins, flavonoids), collected in Kazakhstan.

Extraction methods (solvent — 70% ethanol, raw material:solvent ratio 1:10-1:20):

- Traditional: Boiling at 80 °C for 1 hour.
- Ultrasonic: Treatment in an ultrasonic bath (35 kHz, 120 W) at 35-40 °C for 30 minutes.
- Microwave: In a COOLPEX reactor at 600 W, 70 °C, for 5 minutes.

Analysis: UV-Vis spectrophotometry (range 200-800 nm) to determine λ_{max} and absorption intensity. Data processing is mathematical statistics.

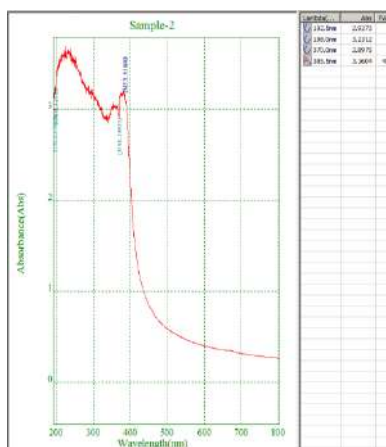


Figure 1 – Classic Astragalus Extract

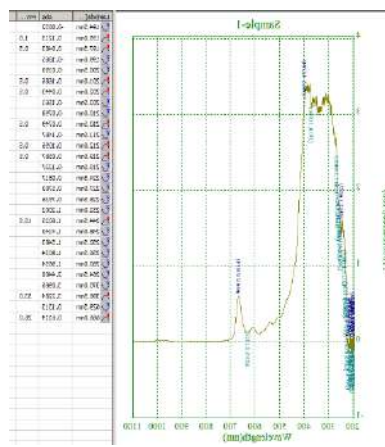


Figure 2 – UAE astragalus extract

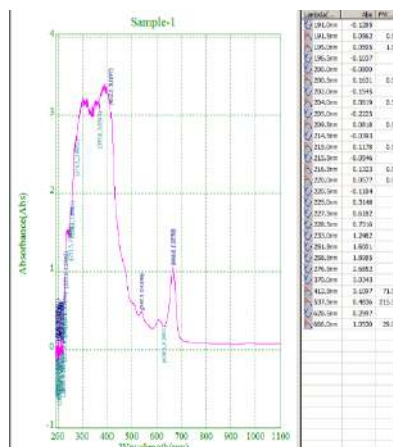


Figure 3 – MAE astragalus extract

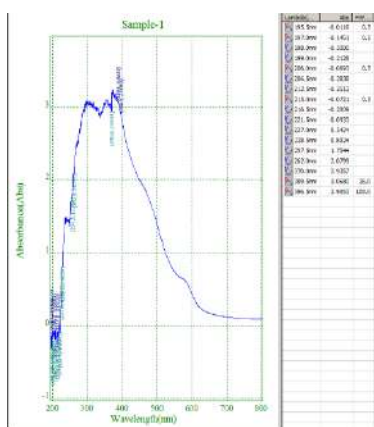


Figure 4 – Classic hedysarum extract

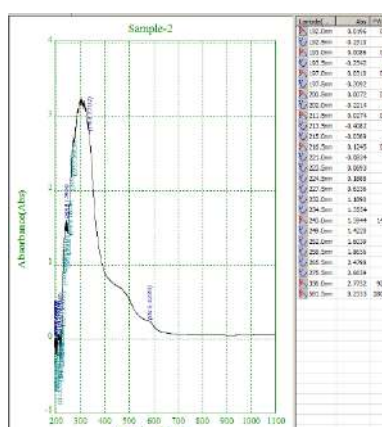


Figure 5 – UAE hedysarum extract

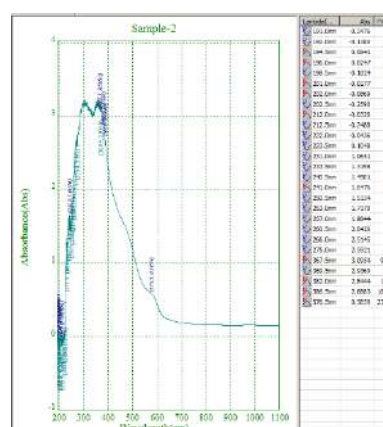


Figure 6 – MAE hedysarum extract

Table 1
Summary of key performance indicators

Indicator	Traditional	Ultrasonic	Microwave
Intensity $\lambda \approx 370$ nm	Average	High	The highest
Peaks 230–280 nm (phenols)	Moderate	Expressed	Expressed (highest)
Pigment retention (600–670 nm)	Low	Moderate	Moderate-high
Risk of transformation	Moderate	Short	Moderate/high
Extraction time	Long-term	Short	Very short
Recommendation for "native" forms	It's good enough	Preferably	With caution

Microwave extraction provides the maximum yield of biologically active substances, but carries the risk of transformation; ultrasonic extraction is optimal for preserving structures.

A comparative study has shown that modern methods (ultrasonic and microwave) are superior to traditional methods in terms of yield and extraction rate of BAS from *Fabaceae* plants. The extracts obtained are rich in flavonoids

and phenols, which confirms their potential for pharmaceutical applications. The results can be used to optimize green extraction technologies in biotechnology and chemical technology [2].

REFERENCE:

1. Cao S, Liang J, Chen M, Xu C, Wang X, Qiu L, et al. Comparative analysis of extraction Technologies for Plant Extracts and Absolutes. *Front Chem* 2025;13.
2. Jha, A. K., & Sit, N. (2022). Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 579-591.

THE ROLE OF FORMATIVE ASSESSMENT AND RESEARCH EXPERIENCE IN BIOCHEMISTRY LEARNING

As the field of biochemistry continues to advance, it has become increasingly important to clarify what students should learn from their undergraduate biochemistry coursework. As emphasized by Caldwell, students will be better prepared and more competitive when applying to graduate programs or entering industry if undergraduate programs focus on mastering relevant technical and problem-solving skills, as well as key content knowledge. White et al. extend this argument by stating that students should be given the opportunity to develop more than just the fundamentals of biochemistry; they should also be taught communication and technical skills, which are often overlooked within the curriculum.

To achieve this goal, it is essential for students to participate in some form of biochemical research experience. Furthermore, there is a general consensus that when students engage in authentic research experiences, they gain a deeper understanding of scientific inquiry, which, in turn, promotes a more positive attitude toward science. In this article, we extend this perspective by focusing more specifically on scientific discovery skills—rather than solely technical skills or procedural knowledge—that are essential for conducting sound research [1].

Formative assessment refers to assessment for learning, whereas summative assessment refers to assessment of learning. Cognitive psychology studies have shown that repeated testing leads to better retention compared to repeated studying. Tests that require effortful retrieval of information, such as short-answer questions, promote better retention than recognition-based tests, such as multiple-choice questions. This phenomenon is known as the “testing effect.”

The testing effect is explained by the role of retrieval as a critical process that enhances memory retention. Retrieval during testing is an active cognitive process, whereas simply reading textbooks does not involve this level of engagement. Therefore, testing is expected to be more effective than repeated reading. When students are tested after reading material or attending lectures, their long-term retention improves—this is known as the direct effect of testing.

The indirect effect of testing refers to increased study time and improved learning strategies adopted by students after test dates are announced. The overall goal of this intervention was to evaluate the effectiveness of “test-enhanced learning” through open-book examinations as a form of formative assessment in biochemistry, compared to self-study. This study aligns with broader research on the benefits of active learning approaches. In our previous work, we demonstrated

the benefits of small group discussions followed by presentations as a revision strategy at the end of a biochemistry module. Additionally, question formulation followed by group discussion proved to be an effective active learning exercise [2].

Student assessment includes mid-term tests conducted throughout the course. A positive result in all mid-term tests is required to pass the course. Failure in any of the tests requires the student to take a comprehensive examination after course completion. All tests use an open-ended answer format [3].

The new laboratory curriculum is designed to achieve the following learning objectives: to motivate students toward scientific research; to prepare them for techniques and methods used in advanced laboratory classes; and to integrate theory with practice, ensuring that students understand both why and how each technique is applied. Students are expected to analyze problems, locate relevant information using library and digital resources, and develop independent study habits. Furthermore, they are encouraged to take responsibility for their own learning and contribute to the learning of their peers. In fostering innovative talent, an integrated approach to technical training and research may be essential [4].

In our view, the discussion above highlights why many published research competencies lack adequate assessment methods and underscores the importance of developing robust assessment tools as a key direction for future research.

REFERENCES:

1. *Biochemistry and Molecular Biology Education* (2018). *Anticipated Learning Outcomes for a Biochemistry Course-Based Undergraduate Research Experience Aimed at Predicting Protein Function from Structure: Implications for Assessment Design*. Stefan M. Irby, Nancy J. Pelaez, Trevor R. Anderson.
2. *Biochemistry and Molecular Biology Education* (2019). *“Test-Enhanced” Focused Self-Directed Learning after the Teaching Modules in Biochemistry*. Zachariah Bobby, Kavitha Meiyappan.
3. *Biochemistry and Molecular Biology Education* (2018). *Greetings from Foodland: Teaching Biochemistry to BS Students in Food-Related Courses in Italy*. Stefania Iametti Alberto Barbiroli Mauro Marengo Francesco Bonomi.
4. *Biochemistry and Molecular Biology Education* (2015). *The Experimental Teaching Reform in Biochemistry and Molecular Biology for Undergraduate Students in Peking University Health Science Center*. Xiaohan Yang Luyang Sun Ying Zhao Xia Yi Bin Zhu Pu Wang Hong Lin Juhua Ni.

SHINE MUSCAT ЖҮЗІМІНІҢ БИОАКТИВТІ МОЛЕКУЛАЛАРЫ: ВИРУСҚА ҚАРСЫ ЖАҢА ТАБИҒИ АГЕНТ РЕТІНДЕ

Вирустық инфекциялардың жаһандық таралуы және антивирустық ауруларға төзімділіктің артуы жаңа табиғи антивирустық агенттерді іздестірудің қажеттілігін туындатып отыр. Соңғы жылдары өсімдіктен алынатын полифенолдар, флавоноидтар және терпеноидтар вирусқа қарсы белсенділіктің жоғарғы деңгейін көрсетіп, дәрілік зерттеулердің өзекті бағытына айналды [1]. Shine Muscat (*Vitis vinifera*×*Vitis labrusca*) – Жапонияда шығарылған гибридті жүзім сорты – жоғарғы биологиялық белсенді қосылыстардың, оның ішінде ресвератрол, кверцетин, антоциандар мен катехиндердің бай көзі болып саналады [2].

Shine Muscat жүзімінің жемісі, тұқымы және жапырақтары биоактивті молекулалардың жоғарғы концентрациясымен ерекшеленеді. Осы қосылыстардың антивирустық қасиеттерін зерттеу гриппке, коронавирусқа және герпес вирустарына қарсы жаңа емдеу стратегияларын әзірлеуде маңызды рөл атқаруы мүмкін.

Shine Muscat жүзімінің химиялық құрамына бірнеше негізгі биоактивті молекулалар тобы кіреді. Бірінші топты стильбеноидтар, атап айтқанда ресвератрол (*trans*-3,5,4'-тригидроксистильбен) құрайды. Ресвератрол – вирустық РНҚ-полимеразаны, нейраминидазаны және протеазды тежеу қабілеті бар ең кеңінен зерттелген полифенол. *In vitro* зерттеулер ресвератролдың SARS-CoV-2, H1N1 грипп вирусы және герпес симплекс вирусы (HSV) қарсы IC₅₀ мәндері 10-50 мкМ аралығында екенін дәлелдеді [3].

Екінші топтағы флавоноидтар – кверцетин және кемпферол құрайды. Кверцетин вирустың жасушаға енуін бұғаттайды, вирион ақуыздарының агрегациясын тоқтатады және Toll-тәрізді рецепторлар арқылы туа біткен иммунитет жауабын белсендіреді. Shine Muscat жемісінде кверцетин концентрациясы кептірілген массаның 100 г-на 15-28мг деңгейінде болатындығы анықталды [4]. Үшінші маңызды топты антоциандар – цианидин-3-глюкозид және дельфинидин-3-глюкозид алады. Бұл қосылыстар вирустың жасуша рецепторларына байланысуын бәсекелі тежеу жолымен блоктайды.

Ресвератрол мен кверцетин жоғары антивирустық белсенділік танытып, вирустың репликациясы мен ферменттік белсенділігін тежеуде маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, антоциандар, катехиндер және басқа қосылыстар вирустың әртүрлі кезеңдеріне әсер етіп, кешенді қорғаныс механизмін қамтамасыз етеді. Бұл мәліметтер Shine Muscat

жүзімін табиғи және перспективті вирусқа қарсы агент ретінде қарастыруға негіз болады (1-кесте).

Кесте 1. Негізгі биоактивті қосылыстардың антивирустық сипаттамалары

<i>Қосылыс</i>	<i>Класс</i>	<i>Іс-әрекет механизмі</i>	<i>Мақсатты вирустар</i>	<i>Белсенділігі</i>
Ресвератрол	Стильбеноид	Репликацияны тежеу	HSV-1, HIV	Жоғары
Кверцетин	Флавоноид	Протеазаларды блоктау	A грипп, SARS-CoV-2	Жоғары
Антоциандар	Полифенол	Вирионды бейтараптау	RSV, аденовирус	Орташа
Катехиндер	Флавоноид	Транскрипцияны басу	B грипп, EBV	Орташа
Олеанол қышқылы	Тритерпеноид	Вирус қабығын бұзу	CMV, VZV	Қалыпты
Феруль қышқылы	Фенилпропаноид	ДНҚ-полимеразаны тежеу	HSV-2, HPV	Қалыпты

Shine Muscat биоактивті молекулаларының антивирустық іс-әрекет механизмдері бірнеше деңгейде жүзеге асады.

- Бірінші механизм – тікелей вирионға әсер ету. Ресвератрол мен катехиндер вирустық қабықша липидтерімен өзара әрекеттесіп, вирионның физикалық тұтастығын бұзады. Электронды микроскопия ресвератрол (100 мкМ) өңделген HSV-1 вирионының деформациясын анық көрсетті.

- Екінші механизм – жасушаға кіру кезеңін тежеу. Кверцетин SARS-CoV-2 спайк ақуызы мен ACE2 рецепторының байланысу сайтына молекулалық докинг арқылы бекініп, вирустың жасушаға ену процесін 67-78%-ға тежейтіні молекулалық модельдеу нәтижелерінде дәлелденді [5].

- Үшінші механизм – вирустық репликацияның ингибициясы. Ресвератролдың РНҚ-тәуелді РНҚ-полимеразаны (RdRp) аллостериялық тежеу қабілеті молекулалық динамика стимуляциялары арқылы расталды; байланысу энергиясы -8,4 ккал/моль мәніне жетті.

- Төртінші механизм – жасушалық иммундық қорғанысты күшейтуге бағытталған: кверцетин мен антоциандар NF-κB жолын реттеу арқылы интерферон-В өндірісін ынталандырады, бұл антивирустық цитокиндік каскадты іске қосады.

Shine Muscat сығындысының жалпы антивирустық белсенділігі *in vitro* модельдерде жарқын нәтижелер берді. Жүзімнің этанолдық сығындысы (10 мг/мл) Vero жасушаларында COVID-19 моделіне қарсы вирустық титрді 3,2 log₁₀ бірлікке төмендетті, ал грипп вирусы H3N2 моделінде жасуша тіршілігін 89%-ға сақтады. Жүзім тұқымының

проантоцианидин бақытылған фракциясы HSV-2 жұқтырған жасушаларда плакат санын 94%-ға азайтты [3].

Дегенмен, биожетімділік мәселесі шешімін күтіп тұр деуге болады: ресвератрол мен кверцетиннің енгізу кезіндегі биожетімділікке 1-10% шамасында ғана. Бұл мәселені шешу үшін наноинкапсуляция, липосоиалық жүйелер және циклодекстрин кешендері белсенді зерттелуде [4]. Сонымен қатар Shine Muscat молекулаларының синергетикалық әсері – яғни ресвератрол мен кверцетиннің бірлескен пайдаланылуы – моноқосылыстармен салыстырғанда антивирустық белсенділікті 3-5 есе арттыруы болашақ комбинациялық терапиялардың нәтижелі болуына негіз қалайды.

Қорыта айтқанда, Shine Muscat жүзімі вирусқа қарсы белсенділігі жоғары биоактивті молекулалардың – ресвератрол, кверцетин, антоциандар мен проантоцианидиндердің стратегиялық маңызды көзі болып отыр. Аталған қосылыстар вирионды тікелей инактивациядаудан бастап жасушалық иммунитетті күшейтуге дейін созылады кешенді механизмдер арқылы әрекет жасайды. *In vitro* зерттеулер жүзім сығындыларының аталған вирустарға қарсы жоғарғы тиімділігін дәлелдейді. Осылайша, Shine Muscat биобелсенді молекулаларын зерттеу пандемиялық вирустарға қарсы табиғи дәрілік препараттар жасауда потенциалды ғылыми-тәжірибелік маңызға ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Wen C.C., Shyur L.F., Jan J.T., et al. Traditional Chinese medicine herbal extracts of *Cibotium barometz*, *Gentiana scabra*, *Dioscorea batatas*, *Cassia tora*, and *Taxillus chinensis* inhibit SARS-CoV replication // *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. — 2011. — Vol. 1, № 1. — P. 41–50.
2. Yamamoto T., Mitani N., Onoue N., et al. Molecular and pedigree analysis of Shine Muscat (*Vitis vinifera*) and its related grape cultivars // *Scientia Horticulturae*. — 2018. — Vol. 231. — P. 109–115.
3. Docherty J.J., Fu M.M.H., Tsai M. Resveratrol inhibition of herpes simplex virus replication // *Antiviral Research*. — 1999. — Vol. 43, № 3. — P. 145–155.
4. Riva A., Ronchi M., Petrangolini G., et al. Improved oral absorption of quercetin from sunflower lecithin-based formulations // *Journal of Natural Products*. — 2019. — Vol. 82, № 3. — P. 546–553.
5. Pandey P., Rane J.S., Chatterjee A., et al. Targeting SARS-CoV-2 spike protein of COVID-19 with naturally occurring phytochemicals: an *in silico* study for drug development // *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. — 2021. — Vol. 39, № 16. — P. 6306–6316.

ТАС КӨМІР ШАЙЫРЫН КАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚОСПАЛАР

Ғылым мен техниканың дамуы кезіндегі приоритетті тапсырмасы болып химико-технологиялық процесстер интенсификациясы және технологиялық жабдықталудың тиімділігін арттыру саналады. Өнімнің сапасын арттырудың негізі болып, химико-технологиялық процесстерді жүргізуде өндірушілікті жоғарлату және энергожұмсалуды азайту мақсатында өңделетін, заттарға жоғары дәрежеде әсер ететін, оптималды меншікті энергосыйымдылығы мен материал сыйымдылығы бар жоғары эффективті технологиялық аппараттарды жасау болып табылады.

Ауыр көмірсутекті қоспаларды өндеуде басты жетіспеушілік төмен шығарылым мен қатаң жағдайлар (температура мен қысымның жоғару болуында) болып келеді. Сондықтан өндеу процесстерінде катализаторлар мен жаңа каталитикалық жүйелер кеңінен қолданылуда.

Катализатор— химиялық реакцияның жылдамдығын арттыратын зат (агент). Реакцияға қатысып, процессті тиімді жолмен жүргізеді, бірақ реакция соңында бастапқы қалпын сақтап қалады. Катализаторға қойылатын негізгі талап – оның бірлік бетіне (1 м^2) немесе салмақ бірлігіне (1 г) есептегендегі жоғары катализдік активтілігі [1].

Қазіргі кезде өңделетін ортаға кавитациялық әсер ету әдісі сұйықтықтардың химико-технологиялық интенсификация процесстерінің эффективті әдістерінің бірі болып табылады

Реакцияның әрбір типіне өзінің әсер ету катализаторы болады. Соған байланысты олар эффективті жұмыс істейді. Көптеген реакциялар ауыспалы металдардың ([Ti](#), [Rh](#), [Ni](#)) иондары немесе атомдарының реагент координациясы арқылы жүзеге асады. Сондықтан бұндай катализ процесін координациялық деп атайды. Қазіргі ғылым мен техникада бірнеше катализатордан тұратын жүйелерді жиі қолданады. Сонымен қатар катализаторлар, басқа катализатормен іске асырылатын каталитикалық циклдің бір сатысының жылдамдығын арттыра алады. Биохимиялық реакцияларда катализаторлардың ролін ферменттер атқарады.

Катализаторлар гомогендік катализдің катализаторлары және гетерогендік катализдің катализаторлары болып екі топқа бөлінеді. Гомогендік катализдің катализаторларына протондық, апротондық қышқылдар, негіздер, кейбір металл кешендері жатады; гетерогендік катализдің катализаторларына металдар, металл оксидтері, сульфидтер жатады. Өнеркәсіпте кең қолданылатын көптеген катализатор (аммиак синтезіндегі темір катализатор, тағы басқа) бірнеше сынамалар жүргізу

арқылы тәжірибелік жолмен алынады. Қышқылдық-негіздік катализдік реакциялар үшін типтік катализатор – гомогендік катализде еритін қышқылдар мен негіздер, гетерогенді катализде – қышқылдық (жасанды және табиғи алюмосиликаттар, Al_2O_3 , TiO_2 , ThO_2 , силикагель) және негіздік (CaO , BaO , MgO , $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$) қасиеттерге ие қатты денелер бола алады. Катализдік тотығу-тотықсыздану реакциялары үшін кең таралған катализатор – ауыспалы металдар: Pt, Pd, Ni, Fe, Co және олардың қосылыстары (V_2O_5 , MnO_2 , MoO_3 , Cr_2O_3), сульфидтер (MoS_2 , WS_2 , CoS), құрамында ауыспалы валентті элементтері (ZnO , CdO , ZnS) жоқ шала өткізгіштер.

Қазіргі таңда мұнай қалдықтары мен қатты көміртекті шикізатты өңдеу технологияларын жасау және жаңа катализаторларды іздеу энергетика мен мұнайхимиясы өнеркәсібінің басты бағыты болып табылады. Ауыр көмірсутекті шикізатты гидрлеудің басты мақсаттардың бірі – гетерогенді-каталитикалық реакциялардың эффективтілігін жоғарлату. Осыған орай, жаңа заманның каталитикалық жүйелерін жасаудың ғылыми тұрғыдан зерттеуге үлкен көңіл бөлінеді, олар жоғары активтілік пен селективтілік қасиетке ие болулары қажет. Катализаторларды жасаудың көптеген нұсқалары қаралады, әсіресе әртүрлі шарттардағы нанокатализаторлар.

Отындардың қасиеттерін жақсарту үшін кавитацияны қолдану технологиясының басты міндеттердің бірі, жоғары белсенділігі, селективтілігі бар және минималды дезактивациясы мен шығын коэффициенті болатын, сонымен қатар қымбат емес катализаторды таңдау болып табылады. Осыған орай гомогенді және гетерогенді тұрғыдағы катализаторлар қолданылады. Соңғылары ең көп таралған.

Соңғы он жылдық нанотехнология ғылымының төңірегінде қарқынды даму болғанымен ерекшеленді. Нанохимия деп аталатын – химияда жаңа сала біржола қалыптасты, ол нанобөлшектердің химиялық айналу ерекшеліктері, құрылысы және қасиеттерін зерттейді. Жаңа мамандандырылған жабдықтардың пайда болуы сол сияқты жаңа зерттеу әдістерінің болуы, оларға сканирлейтін зонд микроскопиясы, атомды – күштік микроскопия, жарық түсіретін электронды микроскопия, рентген фотоэлектронды спектроскопия және т.б. жататын әдістер нанометрлік өлшемдегі бөлшектерді алуға және оларды зерттеуге мүмкіндік берді.

Наноөлшемді катализ саласындағы зерттеушілердің мақсаты жақсы таңдаушылық қасиетке ие, осымен реакция шығымын артуын қамтамасыз ететін материалдарды алу ғана емес, сонымен қатар алынатын материалдардың қасиеттерін реттеуді де көздеген, мысалы, катализатор бетінің функциялық қасиеттерін өзгерту. Мысалы, спецификалық әрекеттесулері бір, екі немесе үш өлшемде әрекеттесетін, наноөлшемді шектеулер арқасында стереохимиялық құрамның өзгеруін реттеуге болатын катализаторлар бар.

Катализде нанобөлшектерді орынды қолдану лайықтылығы біріншіден, катализатордың меншікті бетіне пропорционалды келетін химиялық белсенділікпен байланысты. Нанобөлшектерден тұратын катализатордың меншікті беті, гетерогенді катализатордан артық екені айқын, ал екіншіден, өлшемді эффектімен. Нанобөлшектердің көптеген қасиеттері олардың өлшемдерінен тәуелді болып келеді, сондықтан, оны өзгерте отырып, нанокатализатордың белсенділігі мен селективтілігін басқаруға болады [2].

Нанобөлшектердің каталитикалық қасиеттерін алғашқы рет 1990 жылдардың ортасында анықтаған болатын. Құрамында 8 ден 20 дейін атомдар бар алтын нанокластері - 70°C шейін төменгі температураларда иіс газын оттеппен тотықтырып катализдейтіні белгілі болды. Бұндай жағдайларда кәдімгі алтын ешқандай белсенділік көрсетпейді. Бөлшектердің өлшемі 5 нм және одан да төменге дейін азайғанда металдың кристалдық құрылымы өзгереді және кристалдық эффект пайда болады. Әр кластер үшін катализатор неғұрлым эффективті болатын оптималды температурасы болады.

Нанокластерлер – өз беттерімен али де катализаторлар емес. Катализаторларды жасау үшін металл нанобөлшектерін каллойдты ерітінділер ретінде дайындайды немесе қатты тасымалдағыш ретінде жасайды. Сонғы жағдайда металл кластерлерін газ фазасында алады, оларды өлшемдері бойынша бөледі (атомдар санымен), одан кейін метал оксидінің жұқа қабатына түсіреді (MgO , TiO_2 , Fe_2O_3) [3].

Қазіргі кезде жаңа катализаторларды іздеу, мұнай қалдықтарын және қатты көміртекті шикізатты өңдеудің жаңа технологияларын табу мұнай химия өнеркәсібі мен энергетика саласының басты бағыттарының бірі болып табылады. Ауыр көмірсутекті шикізатты гидрлеудің басты міндеттерінің бірі – гетерогенді - каталитикалық реакциялардың эффективтілігін жоғарлату. Демек, жоғары белсенділік пен селективтілік қасиетке ие болатын, жаңа ғасырдың каталитикалық жүйелерін жасау кезіндегі ғылыми тәсілдерді әзірлеу үшін үлкен көңіл бөлінеді. Гидрлеу катализаторларын дайындаудың көптеген нұсқалары қарастырылып жатыр, жеке алғанда әртүрлі шарттардағы нанокатализаторларды жасау [4].

Жоғарыда айтылған әдеби талдау, наноөлшемді катализаторлар мен каталитикалық қоспалар мұнай өнімдеріне кавитациялық өңдеу кезінде қалай әсер ететіні әлі де зерттелмегенін көрсетеді, демек бұл, жоқ қажетті ақпаратпен әдеби көздерін толықтыру осы диссертациялық жұмыстың мақсатының бірі болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1 Саулебекова А.К. Экологическое состояние нефтезагрязненных почв различных место-рождений Атырауской области.: автореф. канд. биол. наук.: 03.00.16, Алматы, 2007. – С.21

2 Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. – М.: Недра, 2007. – 470 с.

3 Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Энциклопедия Экометрия /под ред. Л.К. Исаева– СПб.: Крисмас, 1998. – 896 с.

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЯДА АМИНОКИСЛОТ И АФЛАТОКСИНОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ И БАДах

Контроль содержания аминокислот и афлатоксинов в пищевых продуктах и биологически активных добавках (БАДах) приобретает особую актуальность в свете требований к безопасности продуктов питания. Афлатоксины, как мощные гепатотоксины и канцерогены, а также незаменимые аминокислоты (триптофан, цистеин, тирозин) подлежат точному количественному учету для предотвращения дефицита или токсикации. Вольтамперометрия предлагает доступный инструмент анализа, но требует оптимизации для повышения чувствительности и селективности в сложных матрицах[1].

Вольтамперометрическое определение афлатоксина В₁ и аминокислот (глицина, метионина) в пищевых продуктах и БАДах требует тщательного подбора условий для достижения высокой чувствительности и селективности [2].

Цель данной работы - исследование путей оптимизации вольтамперометрического определения аминокислот и афлатоксина В₁ в пищевых продуктах и БАДах. Среди тестированных электродов (платина, золото-графит, стеклоуглерод) наилучшие характеристики - максимальную величину аналитического сигнала, минимальное значение остаточного тока и превосходную воспроизводимость - продемонстрировал стеклоуглеродный электрод. Именно он был выбран в качестве рабочего для дальнейших измерений[2].

С целью оптимизации аналитического сигнала исследованы водно-солевые фоновые электролиты: 0,1 М Na₂HPO₄, 0,1 М (NH₄)₂SO₄ и универсальная буферная смесь Бриттона-Робинсона. Наилучший профиль вольтамперограммы афлатоксина В₁ получен в 0,1 М (NH₄)₂SO₄, где четко регистрируется анодный пик окисления при потенциале ~0,6 В (рис. 1).

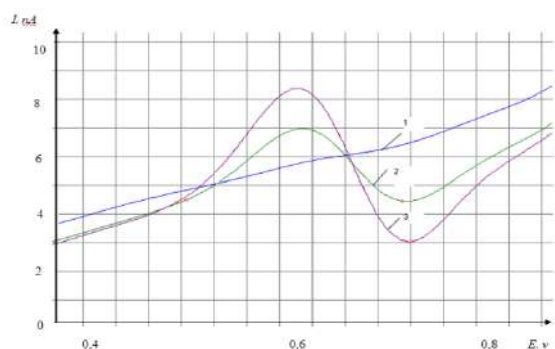


Рис.1. Вольтамперограмма электроокисления афлатоксина В₁:
(ИЭ - СУЭ, фоновый электролит 0,1 М (NH₄)₂ SO₄):
1 - фон;
2 - проба $C_{\text{афВ1}}=0,005$ мг/дм³;
3 - добавка $C_{\text{афВ1}}=0,01$ мг/дм³

Далее, в этих же условиях изучено электрохимическое поведение аминокислот (рис.2) - добавление глицина вызывает появление анодного пика электроокисления при 0,8 В на золото-графитовой поверхности (кривая 2), обусловленного окислением аминогруппы. Для метионина пик смещен к 0,9 В (кривая 3) за счет серосодержащей группы, усиливающей адсорбцию. При совместном присутствии аналитов пики разделены ($\Delta E \approx 0,1$ В), что обеспечивает их электрохимическое различение в сложных матрицах.

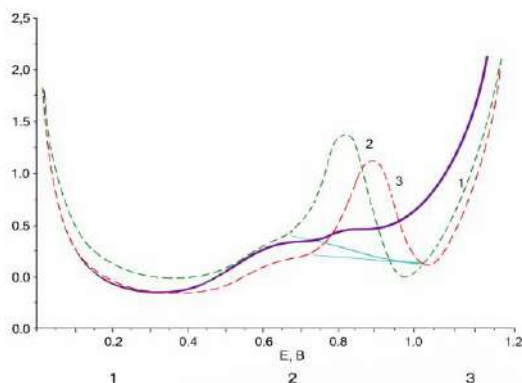


Рис. 2. Вольтамперограммы электроокисления глицина (2) и метионина (3) на ЗГЭ

В частности, градуировочные зависимости тока от концентрации линейны в диапазоне $1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-4}$ М ($r^2 > 0,995$). LOD составил 0,3 мкмоль/л для глицина и 0,4 мкмоль/л для метионина, подтверждая возможность количественного определения. Для повышения экспрессности электроанализа пищевых продуктов и БАД нами разработана схема «мягкой» обработки проб с использованием стадии гидролиза и высаливания белков с последующим их отделением центрифугированием или фильтрованием, регистрировать вольтамперограммы без удаления кислорода.

Таким образом, предложенные условия вольтамперометрии на стеклоуглеродном электроде в $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ позволяют определять афлатоксин В1 и аминокислоты в БАДах с высокой точностью и воспроизводимостью. Метод перспективен для экспресс-контроля лекарственных форм, превосходя хроматографические аналоги по простоте и скорости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hernández-Hernández A.A., Castañeda-Ovando A., Mendoza-Huizar L.H., Franco-Guzmán M., Meneses-Pimentel K.X., Galán Vidal C.A., Páez-Hernández M.E., Álvarez Romero G.A. A Novel Voltammetric Approach For The Quantification of Aflatoxin B1 Using a Bismuth-Modified Electrode // J. Electrochem. Soc. 2021. Vol. 168, № 2. Art. 026512. DOI: 10.1149/1945-7111/abe349.
2. Гаврилова М.А., Слепченко Г.Б., Дерябина В.И. Способ количественного определения афлатоксина В1 методом дифференциальной вольтамперометрии : пат. 2534732 С1 Рос. Федерация, МПК G01N 27/48 (2006.01). Заявл. № 2013133423/28, 26.07.2013. Опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34.

Ашурова М.З. (Бухара, Бух ГТУ)
 Сулайманова Г.Х (Бухара, Бух ГТУ)
 Ганиева Н.Х (Бухара, Бух ГТУ)
 Халикова Н.С. (Бухара, Бух ГТУ)

ПОКАЗАТЕЛЬ «АКТИВНОСТЬ ВОДЫ» ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

С целью изучения воздействия термической и гидротермической обработки на показатель активности воды в продукции общественного питания, данный параметр был определён в различных полуфабрикатах, изделиях и готовых блюдах (включая овощные и мясные полуфабрикаты, супы, соусы, отделочные полуфабрикаты, изделия из пресного теста и др.). В пределах каждой группы были отобраны образцы, значительно различающиеся по содержанию влаги и предполагаемому уровню активности воды.

В результате экспериментальных исследований установлено (таблица 1), что свежие овощи характеризуются высокими показателями активности воды. Вместе с тем анализ полученных данных показывает, что у моркови и свёклы значения a_w ниже, что, вероятно, обусловлено наличием в этих корнеплодах сравнительно большого количества сахаров по сравнению с другими овощами.

Таблица 1 Активность воды овощных полуфабрикатов

Наименование полуфабриката	Влажность, %	Активность воды
Картофель сырой очищенный	81.5±0.9	0.995±0.001
Морковь сырая очищенная	87.2±1.2	0.989±0.002
Свекла сырая очищенная	86.5±0.8	0.985±0.002
Лук репчатый сырой очищенный	86.9±1.3	0.993±0.002
Картофель отварной	82.8±1.1	0.988±0.007
Морковь отварная	81.4±1.2	0.985±0.006
Морковь отварная на пару	78.8±1.1	0.982±0.006
Свекла отварная	80.3±1.3	0.983±0.005
Свекла отварная на пару	76.9±1.1	0.982±0.006
Морковь пассерованная	44.9±1.6	0,933±0.007
Лук репчатый пассерованный	39.3±1.5	0,901±0.009
Картофель жареный:		
-основным способом		

брусочками	73.3±0.7	0.963±0.008
- во фритюре:		
брусочками	46.7±1.1	0.895±0.012
соломкой	21.6±1.7.8	0.796±0.018
хрустящий	4.5±0.5	0.327±0.025

Воздействие тепловой кулинарной обработки на активность воды продукта было изучено на примере овощных полуфабрикатов и готовых изделий. Установлено, что варка овощей в воде практически не влияет на уровень их активности воды. В то же время обработка острым паром приводит к более выраженному снижению a_w , что, вероятно, связано с более интенсивным испарением влаги и меньшими потерями минеральных веществ и сахаров вследствие их вымывания.

При пассеровании овощей наблюдается заметное уменьшение активности воды, обусловленное значительным обезвоживанием продукта. Исследование влияния жарки на активность воды картофельных изделий показало, что степень её снижения напрямую зависит от уровня потери влаги продуктом.

Исследование полуфабрикатов и готовых изделий из мяса показало, что варка и жарка натуральных полуфабрикатов не оказывает существенного влияния на изменение значений активности воды готового продукта, не смотря на достаточно большие потери массы (в основном за счет воды, содержащейся в продукте). Так, активность в полуфабрикате "антрекот" составляла $a_w=0.991$, а после жарки $a_w=0.982$, что указывает на наличие в готовом продукте определенного количества слабосвязанной воды с высокой фугитивностью. Сопоставление полученных данных показывает, что полуфабрикаты и изделия из котлетной массы имеют более низкую активность воды, что можно объяснить измельчением продукта, частичным выходом растворимых белков, добавлением соли, хлеба. Так, активность воды полуфабриката "котлеты домашние" составляла $a_w=0.984$, жареного изделия $a_w=0.977$.

Установлено, что активность воды натуральных рубленых изделий также существенно не меняется в процессе тепловой обработки, так активность воды полуфабриката "бифштекс натуральный рубленый" составляла $a_w=0.989$, готового изделия - $a_w=0.981$.

Исследование различных видов супов (борщи, щи, рассольники, супы-пюре и др.) показало, что все эти блюда характеризуются высокими значениями активности воды, сопоставимыми с растворами солей низкой концентрации. Были также определены показатели активности воды для ряда соусов (красный основной, луковый, красный кисло-сладкий, белый основной, польский, томатная паста).

Установлено, что соусы в целом обладают высокими значениями активности воды, что свидетельствует о наличии в них значительного количества свободной и слабо связанной влаги. Особого внимания

заслуживают результаты по соусу польскому: несмотря на сравнительно низкую влажность (около 38%), его активность воды остаётся достаточно высокой. Это объясняется тем, что основная часть сухих веществ представлена жиром (сливочным маслом), который практически не связывает воду.

Таким образом, уровень влажности продукта не всегда является надёжным показателем его стабильности.

Таблица 2. Активность воды соусов

Наименование соуса	Влажность, %	Активность воды
Соус красный основной	85.4±1.1	0.993+0.001
Соус луковый	77.5+1.3	0.989+0.001
Соус красный кисло-сладкий	77.3+1.3	0.988+0.002
Соус белый основной	88.3±1.3	0.994+0.001
Соус польский	38.0±2.1	0.967±0.003
Томат паста	71.4+1.8	0.957+0.004

Предложена классификация продукции общественного питания по уровням активности воды с прогнозом возможных нежелательных процессов. Определены значения активности воды различных групп продукции общественного питания и установлено, что изменения активности воды продукта происходят в результате тепловой кулинарной обработки (жарке, пассеровании, выпечке и др.), а также, при в результате добавления соли, сахара, водосвязывающих компонентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Optimization of the Extraction of Total Phenolic Compounds from Sunflower Meal and Evaluation of the Bioactivities of Chosen Extracts / F. S. Taha, G. F. Mohamed, S. H. Mohamed, S. S. Mohamed, M. M. Kamil // *American Journal of Food Technology*. 2011. No. 6. P. 1002-1020.
2. Rustan A. C., Drevon Ch. A. Fatty Acids: Structures and Properties // *Encyclopedia of life sciences*. 2005. Sept. P. 1-7.
3. Ashurova M.Z., Sulaymanova G.X. Development of Technology for Functional Confectionery Products. *International Journal on Orange Technologies: Vol.3 №11(2021)* :P.9-15
4. Ашурова М.З., Сулайманова Г.Х., Ганиева Н.Х. Совершенствование и технологии и расширение ассортимента хлебобулочных изделий. *Техника и технология пищевых производств. Материалы XV Юбилейной Международной научной-технической конференции. Том I. Могилев- 2023. С. 180-181.*
5. Ашурова М.З., Сулайманова Г.Х., Ганиева Н.Х. Продукты функционального назначения. *Техника и технология пищевых производств. Материалы XV Юбилейной Международной научной-технической конференции. Том I. Могилев-2023. С. 228-229*

Обдирәсіл Б.Н (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Обдирәсіл З.Н (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Ертаев С.Н (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Резникова Т.В (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Умирзаков Б.З (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)

АНАЛИЗ ЛЕГКОПЛАВКИХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ LIBS С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОМЕРНОЙ РЕГРЕССИИ

Легкоплавкие сплавы, известные с XVIII-XIX вв. /1,2/, представляют собой класс металлических материалов с температурой плавления, как правило, ниже 300°C, широко применяемых в электронике, машиностроении, приборостроении и медицине благодаря их технологичности и стабильности свойств. Современные исследования направлены на разработку экологически безопасных составов и совершенствование инструментальных методов анализа, включая лазерно-атомно-эмиссионную спектроскопию (LIBS) /3/, для изучения их состава и структуры. Использование LIBS для сплавов на основе свинца сопряжено с рядом трудностей /4/, в связи с чем представлялось интересным исследовать возможность анализа сплавов типа Ньютона и Вуда этим методом.

Приготовление калибровочных образцов осуществлялось путём плавления и смешения компонентов с получением 30 легкоплавких сплавов двух-, трёх- и четырёхкомпонентного состава на основе Bi, Pb, Sn и Cd, а также четырёх чистых металлов. Подбор режимов работы установки «ЛАЭС Матрикс Континуум» проводился экспериментально до достижения условий, при которых в спектрах устойчиво регистрируются несколько аналитических линий каждого компонента при отсутствии выраженного самопоглощения. Регистрация спектров выполнялась при пониженной энергии накачки (12 Дж), обеспечивающей стабильность плазмы и воспроизводимость сигналов.

Для проверки корректности подхода был сформирован тестовый набор из 10 сплавов, приготовленных по принципу двойного слепого контроля. Дополнительно исследованы 5 образцов легкоплавких сплавов неизвестного состава, приобретённых в интернет-магазинах. Для всех образцов спектры регистрировались в пятикратной повторности с последующей оценкой воспроизводимости сигналов.

По зарегистрированным спектрам были выделены наиболее информативные аналитические линии всех четырёх элементов; в сумме отобрано 46 спектральных линий, характеризующихся достаточной интенсивностью и минимальным влиянием перекрытий. Спектры сохранялись в текстовом формате и далее обрабатывались с использованием

разработанного пайплайна скриптов на языке R, обеспечивающего автоматизированное извлечение и структурирование данных.

Из каждого спектра были извлечены интенсивности выбранных 46 линий, после чего по 34 калибровочным образцам построены одномерные градуировочные зависимости для каждой линии и каждого элемента с оценкой коэффициента детерминации (R^2) и среднеквадратичной ошибки (RMSE) (Рис.1). Полученные метрики оказались недостаточными для надёжного количественного анализа, что, вероятно, связано с выраженными матричными эффектами и межэлементным влиянием в многокомпонентных сплавах. В связи с этим был реализован переход к многомерному подходу - множественной линейной регрессии (MLR), в которой в качестве предикторов использовались 3–4 наиболее информативные линии для каждого элемента, отобранные по результатам одномерных калибровок.

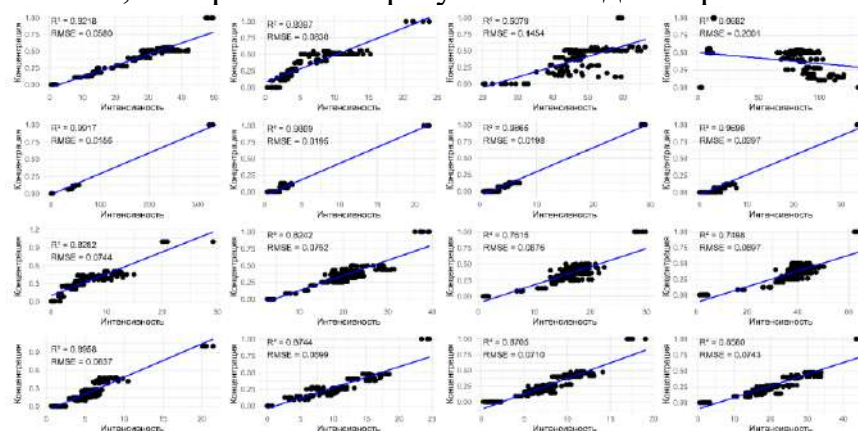


Рисунок 1. Графики одномерной калибровки по «лучшим» линиям

Число линий, используемых для MLR, выбиралось полуавтоматически по графикам изменения R^2 , RMSE и смещения (bias) (Рис. 2).

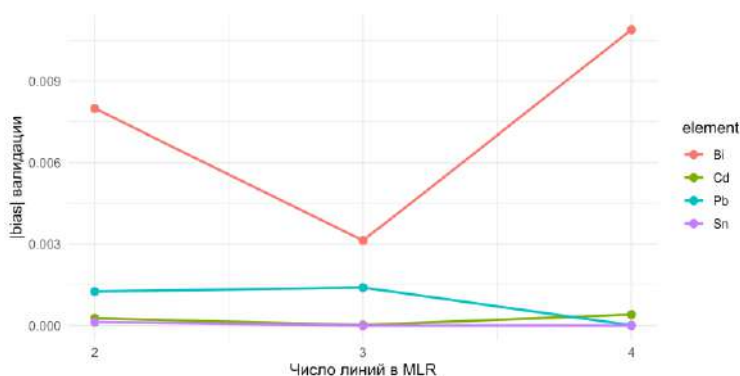


Рисунок 2. Определение оптимального числа аналитических линий для MLR по bias.

MLR, построенные по лучшим наборам линий для каждого элемента, использовались для предсказания их концентраций в сплавах тестового набора. После раскрытия кодировки образцов качество регрессии

дополнительно оценивалось по тестовому набору с учетом смещения (Рис.3).

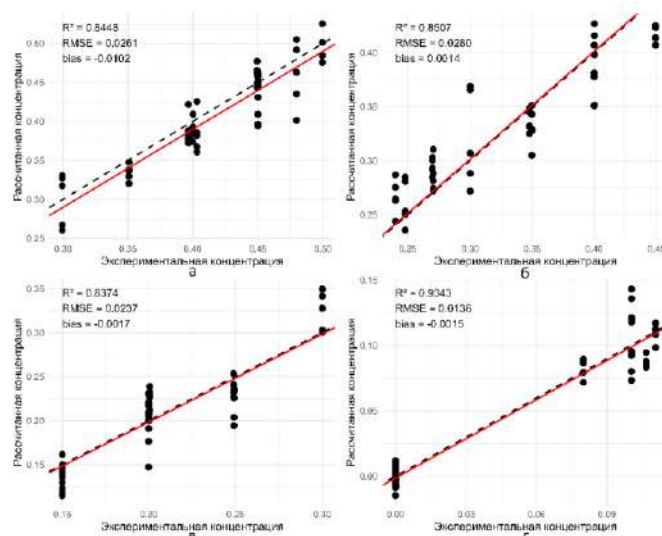


Рисунок 3. Статистические метрики полученных моделей по тестовым образцам для: а – висмута, б – свинца, в – олова, г – кадмия.

Модели оказались достаточно точными и устойчивыми, что позволило использовать их для определения состава неизвестных сплавов. Составы сплавов, с учетом 5 повторных измерений и коэффициента Стьюдента для 95% доверительного интервала приведены в таблице 1.

Таблица 1. Состав образцов

id	Bi	Cd	Pb	Sn
Unk_11	0.4271 ± 0.0423	0.1025 ± 0.0173	0.3141 ± 0.0760	0.0294 ± 0.0208
Unk_12	0.4944 ± 0.0257	не обнаружено	0.3266 ± 0.0065	0.1684 ± 0.0240
Unk_13	0.4771 ± 0.0324	не обнаружено	0.3038 ± 0.0217	0.1880 ± 0.0203
Unk_14	-0.0591 ± 0.0148	не обнаружено	0.8304 ± 0.0259	не обнаружено
Unk_15	0.4654 ± 0.0372	0.0671 ± 0.0048	0.3057 ± 0.0433	0.1395 ± 0.0335

Составы соответствуют промышленным сплавам Розе и Вуда, свойства подтверждаются измерением температуры плавления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Anonymous, attributed to Isaac Newton. *Scala graduum caloris*. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 1701, 22, 824–829.
2. Wood, B. *Metallic composition for fusible alloy and other purposes*. U.S. Patent 27590, 20 March 1860.
3. Cremers D.A., Radziemski L.J. *Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*. Wiley, 2013.
4. Fomin V., Turovets M., Kelesbek N. et al. *LIBS of Low-Alloyed Lead Systems: Chemometric Data Processing and Quantitative Analysis // Analytica*. 2025.

АНАЛИЗ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЗАМЕНИТЕЛЯ МАСЛА КАКАО

На современном этапе рыночного развития пищевой промышленности Узбекистана основное внимание уделяется рациональному использованию местных сырьевых ресурсов, позволяющих значительно снизить цены на выпускаемые продовольственные товары.

Масло - жировые предприятия страны сегодня преимущественно добывают и перерабатывают хлопковое масло как основное жировое сырье при получении продуктов питания для населения Центральной Азии. При этом, методом низкотемпературного фракционирования хлопкового масла получают пальмитин, который в основном используют в производстве маргариновой продукции [1].

Анализ состава и свойств хлопкового пальмитина показывает, что на его основе можно получать дешевые заменители дорогостоящего масла какао, импортируемого за валюту из-за рубежа.

Натуральное масло какао является самым дорогостоящим компонентом шоколадных изделий (тортов, конфет и т.п.) и на его долю приходится от 30 до 60 % стоимости исходного сырья [2].

Поэтому, за последние годы зарубежные фирмы и компании активизировали работы по созданию и применению различных заменителей масла какао (ЗМК) в шоколадных изделиях. Так, например, созданы эквиваленты - жиры, приближающиеся к маслу какао по триацилглицеридному (ТАГ) и жирнокислотному (ЖК) составу и совместимые с маслом какао в любых соотношениях. Предложены аналоги - жиры, имеющие концентрацию 2-олеодинасыщенных ТАГ не менее 50 % и обладающие совместимостью с маслом какао до 25 %. Известны частичные заменители - жиры, отличающиеся от масла какао по ТАГ и ЖК составу, но приближающиеся к нему по структурно-механическим свойствам, которые сохраняются при добавлении к ним до 25 % масла какао. Также предложены полные заменители - жиры, отличающиеся от масла какао по ТАГ и ЖК составу, но приближающиеся к нему по структурно-механическим свойствам, которые сохраняются при добавлении к ним до 5 % масла какао. Рекомендуются модификаторы - жиры, отличающиеся от натурального масла какао по составу и свойствам, предназначенные для изменения физических свойств масла какао. Используются наполнители - жиры, отличающиеся от данного масла по составу и свойствам, добавляемые к маслу какао в малом количестве с целью удешевления конечного продукта. Также известны жиры – начинки, отличающиеся от натурального масла какао по составу и свойствам,

предназначенные для приготовления начинок и изделий мягкой консистенции [3].

При этом совместимость с натуральным маслом какао характеризует то количество заменителя, которое может быть добавлено к маслу какао без существенного изменения основных его показателей [4].

Ранее [5] было предложена технология получения ЗМК из хлопкового саломаса методом кристаллизации в растворителе. Данная технология не нашла своего практического применения из-за сложности подбора герметичного оборудования для низкотемпературного фракционирования саломаса в углеводородных растворителях. Кроме того, выход ЗМК по данной технологии низок, из-за многократной кристаллизации и фильтрации саломаса в растворителе.

На наш взгляд технология получения ЗМК из хлопкового масла и пальмитина, предусматривающая первоначально их гидрогенизацию до температуры плавления саломаса $43-46^{\circ}\text{C}$ и твердости $750\div 1000$ г/см по Каминскому при 15°C с последующей переэтерификацией полученного гидрогенизата жидкими маслами является более рациональной, т.к. она может быть внедрена на действующем оборудовании масло - жировых предприятий Узбекистана.

Научный принцип данной технологии получения ЗМК заключается в том, что на первой стадии гидрогенизации хлопкового масла и пальмитина достигается приближение их жирно-кислотного состава к натуральному маслу какао, а на второй - регулируется их триацилглицеридный (ТАГ) состав.

За последние годы все больше внимания при переработке хлопкового масла и пальмитина уделяется процессу переэтерификации, позволяющему направленно изменять расположение ЖК в ТАГ. Сущность данного процесса заключается в статистическом перераспределении ЖК среди молекул ТАГ, без изменений ЖК состава жира [1,6]. Это позволяет направленно изменить консистенцию, температуру плавления, твердости и другие показатели получаемого ЗМК.

За рубежом, например в США неселективным гидрированием и переэтерификацией пальмоядрового масла и его смесей с другими растительными маслами получают твердый жир, имеющий температуру плавления $37-40^{\circ}\text{C}$ и содержащий твердые ТАГ в пределах $50\div 58$ %. Этот жир используют в производстве бисквитов, крекеров, шоколадных конфет и др. [7].

Известно, что натуральное масло какао в основном содержит высокомолекулярные олеиновую, пальмитиновую и стеариновую ЖК, которые придают ему стойкость при хранении и характерные свойства. По данным [8] в составе масла какао содержатся следующие ЖК: $\text{C}_{14:0}$ – до 0,7%, $\text{C}_{16:0}$ – $24,0\div 25,2$ %, $\text{C}_{18:0}$ – $34,0\div 35,5$ %, $\text{C}_{18:1}$ – $37\div 41$ %, $\text{C}_{18:2}$ – $1\div 4$ %. Всего сумма насыщенных ЖК колеблется в пределах $58\div 60$ %, а

ненасыщенных- 40÷42 %. Глицеридный состав масла какао содержит: $C_{16:0}$ – до 27 %, $C_{18:0}$ – до 36 %, $C_{18:1}$ – до 35 % и $C_{18:2}$ – до 2 %.

Видовой состав ТАГ масла какао, полученный на основе панкреатического гидролиза имеет следующие значения, %: ССС - 0,3 ; ПСС-0,6 ; ППП - 0,1; ППС - 0,4; ССО - 20,5; ССЛ - 0,3; ССЛе - 0,2; СПО - 37,8; СПЛ - 1,1; СПЛе - 0,4; ППО - 15,5; ППЛ - 1,2; ППЛе - 0,2; СОО - 8,8; СОЛ - 2,1; ПОО - 6,7; ПОЛ - 2,0; и ООО - 1,8.

Известно, что в хлопковом масле содержится до 25 % пальмитиновой ($C_{16:0}$) кислоты. При гидрировании его из $C_{18:2}$ и $C_{18:1}$ можно получить стеариновую ($C_{18:0}$) кислоту, в количестве соответствующем маслу какао. Причем, содержание пальмитиновой кислоты в получаемом ЗМК можно регулировать путем ввода пальмитина в состав перерабатываемого хлопкового масла.

Таким образом, изучая требования к производству ЗМК и особенности состава хлопкового масла и пальмитина, можем отметить перспективу технологии получения ЗМК из них путем последовательного осуществления процессов их гидрогенизации и переэтерификации на эффективных катализаторах. При этом следует заметить, что соотношение между перерабатываемым хлопковым маслом и пальмитином необходимо подбирать экспериментальным путем в зависимости от вида и назначения получаемого ЗМК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология переработки жиров./Под ред. Арутюняна Н.С.-М.: Агропромиздат, 1985, 366 С.
2. Дефицит какао бобов и возможности их замены в кондитерской промышленности. Обзорная информация. М.:ЦНИИТЭПищепром, 1977, вып II., 28 С.
3. Редько Т.С., Смирнова Л.Г., Грузериян Л.А. Производство заменителя масла какао за рубежом. –М.: ЦНИИТЭПищепром, 1974 -16 С.
4. Бафоева Г.Н., Ф.Б.Аиуоров, С.А.Абдурахимов. Хлопковый пальмитин-ценное сырье для получения заменителя масла какао // Журнал «Масложировая промышленность»- Москва- 2012. -№1, С.29-30.
5. Бафоева Г.Н., Ф.Б.Аиуоров, С.А.Абдурахимов. Выбор оптимальный технологических режимов получения заменителя масла какао // Журнал «Масложировая промышленность»- Москва- 2012. -№3, С.20-23.

Бахтияров С.Б.

(Ургенческий государственный университет имени Абу Райхана
Беруний, Республики Узбекистан).

Ешмуратов М. Т. (Каракалпакский государственный университет
имени Бердака, Республики Узбекистан).

Балтабаев К.Ж. (Каракалпакский государственный университет
имени Бердака, Республики Узбекистан).

РОЛЬ ФИЛЬТРАЦИИ ПРЕССОВОГО ХЛОПКОВОГО МАСЛА

Прессовый метод получения хлопкового масла – это механическое выдавливание масла из семян хлопчатника различных сортов, с использованием в основном шнековых прессов, без применения химических растворителей. Позволяющий получить сырое хлопковое масло и жмых.

Прессовое нерафинированное (сырое) хлопковое масло содержит сопутствующие вещества, это витамин Е (токоферолы), свободные жирные кислоты, госсипол, механические примеси в виде отстоя, каротиноиды и другие, масло имеет цвет от тёмно-красного до тёмно-коричневого [1].

Пробой на вкус и запах прессового нерафинированного (сырого) хлопкового масла можно определить следующие виды дефектов, это затхлость, наличие посторонних привкусов и запахов.

Механические примеси (отстой) в прессовом нерафинированном хлопковом масле - это частицы ядра, жмыха, земли, песка, камни, листья и другие компоненты, не являющиеся жирами.

Чем выше сорт семян хлопчатника, тем прозрачнее масло и тем меньше количество механических примесей. Однако в зависимости от вида и сорта масла механические примеси не являются признаком нестандартности [2].

В рафинированном хлопковом масле по ГОСТу содержание механических примесей не должно превышать нормы, а в высших сортах отсутствовать, что обеспечивается тщательной фильтрацией и процессами рафинирования.

Наличие механических примесей снижает качество масла, ускоряет окисление и порчу, негативно воздействуют на процессы рафинирования.

Нами изучены количество механических примесей нерафинированных (сырых) прессовых хлопковых масел подаваемых на рафинирование, которые даны в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели механических примесей нерафинированных прессовых
хлопковых масел

Наименование примесей	Единица измерения	Сорта хлопковых семян
		1 – 4 сорта
Состав механических примесей (отстоя):	%	4-9
Ядро семян	%	3-4
Жмых	%	0,6-1
Земля (пыль)	%	0,8-3,5
Песок	%	0,1-0,2
Камни	%	0,2-0,3
Листья растений	%	0,1-0,3

Из таблицы 1, можно сделать вывод, что состав механических примесей в нерафинированном хлопковом масле полученных из семян хлопчатника 1-4 сортов различны, что требует отделения их для эффективного проведения щелочного рафинирования.

Удаление механических примесей, рафинирование масел, полученных из низкосортных и нестандартных семян хлопчатника, требует дополнительной, трудоёмкой технологии, что сказывается на получение большего количества вторичных ресурсов и потери ценного масла. Прежде всего, это касается увеличения концентрации и избыточного расхода щёлочи при щелочном рафинировании [3].

Основными методами удаления механических примесей являются отстаивание, фильтрование и центрифугирование, при котором улучшается качество хлопкового масла.

Из механических примесей, отделяемых от нерафинированного хлопкового масла, получают дополнительное количество нерафинированного масла, а также ценные белковые кормовые добавки для сельхоз животных [4].

При добывании хлопковых масел из семян хлопчатника, извлекаются также каротиноиды, хлорофиллы и специфичный для хлопкового масла госсипол, которые придают маслу ту или иную окраску. Данная группа веществ присутствует в масличных семенах, в зависимости от качества семян и режимов извлечения масла переходит в масло. В определённых условиях могут образовываться специфические соединения, окрашивающие масла, а также продукты глубокого окисления липидов, все они образуют так называемые коричневые вещества.

При проведении рафинирования, дезодорирования необходимо не только удалить механические примеси и сопутствующие вещества, но и сохранить все ценные вещества хлопкового масла, не допустить их больших потерь и разложения [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ахмедов А.Н., Суванова Ф.У., Абдурахимов С.А., Пардаев Г.Э. Эффективная технология переработки низкосортных семян хлопчатника. Фан. Ташкент. 2019 г.
2. S.B. Bakhtiyarov. An innovative technology for producing cottonseed oil using a natural mineral of Uzbekistan that ensures the safety and hygiene of the nutrition of the population. // Journal of Hunan University. 2022. № 51. PP 728-736. (Scopus инпакт-фактор 0,482).
3. U.K. Akhmedov, Sh.R. Kurambaev, S.B. Bakhtiyarov. Changes in the mineralogical properties of kaolin in the Sultan-Uveys deposit. Advanced Engineering Science. 2022 november. PP 6091-6098. (Scopus инпакт-фактор 0,396).
4. У.К. Ахмедов, С.Б. Бахтияров. Воздействие хранения семян хлопчатника на физико-химические показатели масла. // Международная научно-практическая конференция. Российская федерация. 2023. С 59-62.
5. Akhmedov U. K., Kurambaev Sh. R., Bakhtiyarov S. B. Cotton oil production technology complying with the requirements of the standart. Innovations and prospects of word science. Proceedings of X International Scientific and Practical Conference. Vancouver. 2022. P 179-185.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПАРОВ ВОДЫ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ КАРБОМИДСОДЕРЖАЩИХ МАКРОЦИКЛОВ

Гетероциклическими карбонидсодержащими макроциклами являются кукурбит[*n*]урилы (*n* = 5-8, 10; **CB[*n*]**; **Рис. 1а**) и бамбус[6]урил (**BU[6]**; **Рис. 1б**).

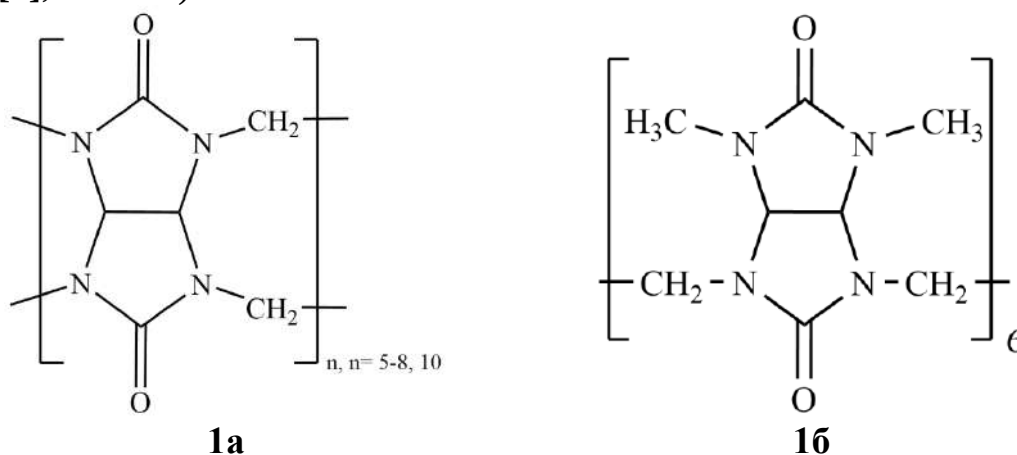


Рисунок 1. **1а** – структурная формула кукурбит[5-8, 10]урилы, **1б** – структурная формула бамбус[6]урилы

Для экспериментального установления сорбционных свойств кукурбит[5-8]урилов и бамбус[6]урилы нами использован подход весового метода на пружинных кварцевых весах Мак–Бена–Бакра [1] (**Рис. 2**). Чувствительность весов составляла $2.9 \cdot 10^{-3} \text{ г} \cdot \text{мм}^{-1}$. Навески **CB[*n*]** и **BU[6]** составили 20 – 30 мг, что позволило разместить сорбент в кварцевой чашечке в один слой. Перед проведением сорбционных испытаний макроциклы регенерировали для избавления от остаточной влаги при температуре 200°C в токе аргона (Аг особой чистоты с содержанием примесей не более 10 ppm), подаваемом со скоростью 5 л·ч⁻¹ в течение 1 ч.

Для сорбции паров воды на образец подавался ток аргона, пропускаемый через две склянки Дрекселя, наполненные дистиллированной водой (влажность 100%) при постоянной температуре 25 °С (**Рис. 2**).

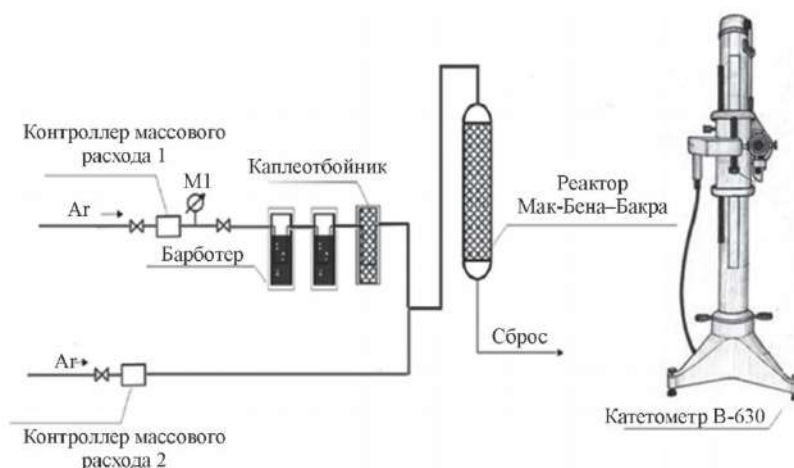


Рисунок 2. Схема сорбционной установки для изучения кинетики сорбции **СВ[5-8]** и **ВU[6]** паров воды

Для моделирования динамического поглощения водяного пара поглощающей поверхностью применена широко используемая модель псевдопервого порядка. На **рисунке 3** приведены кинетические кривые поглощения воды исследуемыми образцами **СВ [5-8]**, **ВU [6]**. Кривые построены на основе усредненных данных трех отдельных экспериментов при 25 °С.

Значения сорбции и времени сорбции представлены в **таблице 1**.

Таблица 1. Параметры сорбции паров воды кукурбит[5-8]урилами.

	$n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{CB}[n])$	$t_{\text{сорп}}, \text{мин}$	$k_{\text{сорп}}, \text{мин}^{-1}$
СВ[5]	8	270	$0,0172 \pm 0,0005$
СВ[6]	12	320	$0,013 \pm 0,0003$
СВ[7]	18	210	$0,0195 \pm 0,0004$
СВ[8]	17	280	$0,0129 \pm 0,0003$
ВU[6]	4	30	$0,166 \pm 0,008$

ЛИТЕРАТУРА

1. Neimark I. E., Sheinfain R. Y. Silica gel, its preparation, properties and application //Kyiv: Naukova Dumka. – 1973.

Дербуш С.Н. (КарТУ им. Абылкаса Сагинова)
Акимжанова К.Т. (КарТУ им. Абылкаса Сагинова)
Байұзақ Е. (Филиал РГП на ПХВ
«Государственный институт проведения
работ по обследованию земель» КУЗР МСХ
РК по Карагандинской области)

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БОРЬБЫ С ВОЗБУДИТЕЛЯМИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

Развитие биотехнологии позволило совершенно по-новому оценить методы, используемые для защиты растений. Так, например, в свете достижений биотехнологии стало очевидным, что мы явно недооцениваем возможности биологического метода борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений. Именно благодаря развитию биотехнологии стало возможным создание промышленности инсектицидных вирусов, их производство и культивирование в клетках животных [1].

Целью работы является повышение выхода особей фитосейулюса (акарифаг) (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) за счет оптимизации компонентов питательной среды, используемый для борьбы с вредителями овощных культур.

Фитосейулюс является агрессивным хищником, который в значительной степени приспособлен к обитанию среди колоний клещей. При этом взрослые особи уничтожают основную часть колонии вредителей, а их личинки практически полностью ликвидируют остатки колонии. Для более эффективной борьбы с паутинным клещем необходимо максимально повысить выход особей фитосейулюса за счет улучшения качества питательных сред [2]. Питательные среды должны быть несложными по составу, дешевыми, технологичными, безопасными и эффективными.

При использовании фитосейулюса в благоприятных для него гигротермических условиях (влажности 70-80 % и температуре 25- 28 °С) 1-2-кратного выпуска хищника достаточно для сдерживания паутинного клеща. Фитосейулюс в течение 2 недель подавлял очаги паутинного клеща, сокращая его численность на 88-99 %, при этом отмечалось повышение активности размножения акарифага.

Для сравнительной оценки эффективности фитосейулюса в зависимости от климатических условий проведена колонизация с сухим и влажным тропическим климатом. На большинстве тестированных растений акарифаг в течение 2-х недель подавлял очаги паутинного клеща, сокращая его численность в среднем на 70-90%. В большинстве случаев сезонная

колонизация фитосейулюса оранжереях с тропическим климатом проходит успешно.

При колонизации фитосейулюса с тропическим климатом для подавления численности вредителя в верхнем ярусе растительности (высота 1,5-2 м) достаточно ежемесячных выпусков хищника в норме 30-40 особей на 1 м² в весенний период, 40-60 особей на 1 м² в первой половине лета, 80-100 особей на 1 м² в августе- сентябре. Если очаги вредителя выявлены на низкорослых растениях, то следует увеличить кратность выпуска в 2 раза, то есть выпускать хищника с интервалом в 15 дней при тех же нормах.

Проведенные эксперименты показали, что при выпуске 30-40 особей на 1 м² в весенний период эффективность фитосейулюса достигает 80-88% через 15 дней. Летом норму необходимо увеличивать до 50-60 особей на 1 м². Продолжительность защитного эффекта при условии размножения хищника составляла в среднем 20-30 дней. Исходя из этих результатов, мы рекомендуем выпускать фитосейулюса ежемесячно. Если роста численности хищника не отмечено, то следует сократить интервал между выпусками в 2 раза.

Поэтому нами были предложены 2 среды.

Пшеничные отруби, увлажняли путем опрыскивания дистиллированной водой и добавляют дрожжи. Затем уложенные в стеклянные ёмкости слоем 5-7 см отруби заражают мучным клещом и фитосейулюсом, при соотношении 1:50. Сбор акарифага проводят через несколько дней. 100% объема питательной среды было переработано клещами до образования рыхлой пористой массы

Преимущества питательных сред заключается в том, что она не подвергается воздействию микрофлоры, обеспечивает стабильный выход фитосейулюса, не подвергается заплесневению, может использоваться в асептических условиях при повышенной влажности воздуха.

Проведено 3 эксперимента с разными концентрациями компонентов (таблица).

Таблица

Состав питательных сред

Ингредиенты	Эксперимент 1		Эксперимент 2		Эксперимент 3	
	1 среда	2 среда	1 среда	2 среда	1 среда	2 среда
Пшеничные отруби (г)	50,0	26,0	58,0	28,0	56,0	30,0
Дрожжи (г)	26,0		28,0		30,0	
дистиллированная вода (мл)	12,5	6,5	14,5	7	14	7,5
автолизат пивных дрожжей (г)		50,0		58,0		66,0
этиловый эфир сорбиновой кислоты (мл)		3,0		3,4		3,8

Питательную среду готовили следующим образом: пшеничные отруби, увлажняли путем опрыскивания дистиллированной водой и добавляли дрожжи. Затем уложенные в стеклянные ёмкости слоем 5-7 см отруби заражают мучным клещом и фитосейулюсом, при соотношении 1:50. Разведение клещей на питательной среде осуществляли при температуре 30 °С, относительной влажности воздуха 80 % в асептических условиях.

Эксперимент 1. Искусственная питательная среда включала в себя следующие компоненты: пшеничные отруби – 50,0 г; дрожжи – 26,0 г; дистиллированная вода – 12,5 мл.

Учет численности клещей показал, что с площади 1 см² собрано в среднем около 60 особей. 100% объема питательной среды переработано клещами до образования рыхлой пористой массы.

Эксперимент 2. Искусственная питательная среда для разведения включала в себя следующие компоненты: пшеничные отруби – 58,0 г; дрожжи – 28,0 г; дистиллированная вода – 14,5 мл.

Разведение клещей на питательной среде осуществляли при температуре 30 °С, относительной влажности воздуха 80 % в асептических условиях. Спустя несколько суток произвели учет численности клещей. С площади 1 см² собрано в среднем около 65 особей. 100% объема питательной среды переработано клещами до образования рыхлой пористой массы.

Эксперимент 3. Искусственная питательная среда для разведения включала в себя следующие компоненты: пшеничные отруби – 56,0 г; дрожжи – 30,0 г; дистиллированная вода 14 мл.

Разведение клещей на питательной среде осуществляли при температуре 30 °С, относительной влажности воздуха 80 % в асептических условиях.

С площади 1 см² собрано в среднем около 58 особей. 100 % объема питательной среды было переработано клещами до образования рыхлой пористой массы.

В работе установлена наиболее эффективная питательная среда, проведены эксперименты, в результате которых среда №1, содержащая пшеничные отруби (50,0 г), дрожжи (26,0 г), дистиллированная вода, оказалась более простой в использовании, экономичной и, что наиболее важно, возможности использования ее в асептических условиях при повышенной влажности воздуха, во время увеличения выхода клещей.

Таким образом, для борьбы с вредителями овощных культур использование биологический метод наиболее безопасно, а размножать и выращивать насекомых-хищников рекомендуется биотехнологическими методами на питательных средах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Артамонов В.И. Биотехнология - агропромышленному комплексу//М.:Наука, 2019. - 160 с.;
2. Фитосейулюс Персимилус (*Phytoseiulus Persimilis*)/<https://entomofagi.ru/enc-phytoseiulus-persimilis>

Ержан А.Е., Данақызы Д., Даргирхан Н.,
Исина Ж.А., Сарсенбекова А.Ж.
(Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

MM-GBSA ЖӘНЕ DFT КӨМЕГІМЕН ДӘРІЛІК ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ БОС БАЙЛАНЫС ЭНЕРГИЯСЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ КВАНТТЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

Жұмыста MM-GBSA әдісімен дәрілік қосылыстарды бос байланыс энергиясын есептеу және тығыздық функционалы теориясын (DFT) пайдалана отырып, олардың электрондық құрылымына кванттық-химиялық талдау жүргізілді. Алынған энергетикалық және молекулалық дескрипторлар қосылыстардың реактивтілігі мен тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді.

Компьютерлік химияның заманауи әдістері «ақуыз–лигандтың» өзара әрекеттесулерін зерттеу және биологиялық белсенділікті болжау үшін кеңінен қолданылады. MM-GBSA әдісі жасырын еріткішті ескере отырып молекулалық механикаға негізделген бос байланыс энергиясын бағалауға мүмкіндік береді, ал DFT әдістері молекулалардың электрондық құрылымын талдау үшін қолданылады.

Есептеу Prime бағдарламалық пакетінде орындалады (Schrödinger, LLC, New York, USA, 2017). Бос байланыс энергиясы келесі теңдеу арқылы анықталды:

$$\Delta G_{\text{байланысу}} = E_{\text{кешен}} - E_{\text{ақуыз}} - E_{\text{лиганд}}$$

Алынған байланыс энергиясының мәндері (-25...-45 ккал/моль) лигандтардың биологиялық нысанасымен тұрақты әрекеттесуін көрсетеді. Кванттық-химиялық есептеулер Gaussian 2016 бағдарламасында B3LYP/6-31G(d,p) әдісімен орындалды. Молекулалар геометриясы, энергетикалық сипаттамалары (электрондық энергиясы, энтальпия, Гиббс энергиясы), сонымен қатар ЖТМО, ТБМО және энергетикалық алшақтық анықталды.

Жұмыстың жаңалығы дәрілік қосылыстардың салыстырмалы талдауы үшін MM-GBSA және DFT әдістерінің кешенді қолданылуы [1, 2]. Есептеулер нәтижелері зерттелінген қосылыстардың термодинамикалық тұрақтылыққа ие екенін көрсетеді.

Кесте 1. Қосылыстардың энергетикалық сипаттамалары (Хартри)

Қосылыс	Электрондық энергия	Энтальпия	ΔG
Цетиризин	-1670.674	-1610.216	-1610.302
Лоратадин	-1572.396	-1571.959	-1572.040
Гидроксизин	-1536.634	-1536.158	-1536.243

Аквивастин	-1112.668	-1112.225	-1112.306

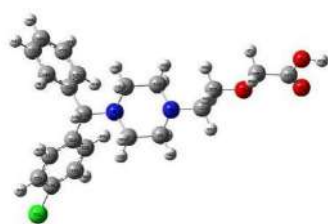
Шекті молекулалық орбитальдардың талдауы ЖТМО и ТБМО мәндерінің қосылыстардың реакциялық қабілеттілігін анықтайтынын көрсетті.

Кесте 2. Электрондық дескрипторы

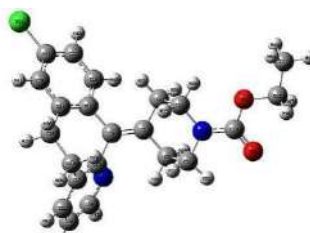
Қосылыс	ЖТМО	ТБМО	ΔE (эВ)	μ (Дебай)
Цетиризин	-0.21913	-0.02237	0.19676	3.921
Лоратадин	-0.22145	-0.03411	0.18735	2.285
Гидроксизин	-0.21655	-0.02201	0.19454	2.559
Аквивастин	-0.12481	-0.06658	0.05823	2.809

Энергетикалық алшақтықтың ең төменгі мәнінің (0.05823 эВ) аквивастин үшін бақылануы, оның жоғары химиялық реакциялық қабілеттілігін және потенциалды әлде қайда жоғары биологиялық белсенділігін айғақтайды.

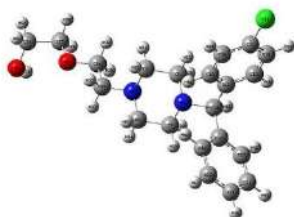
Молекулалардың оңтайландырылған геометриялары сурет 1-де, ал ЖТМО және ТБМО электрондық тығыздық таралуы сурет 2-де ұсынылған. Талдау электрондық тығыздық таралуының биологиялық нысанамен әрекеттесу сипатына айтарлықтай әсер ететін көрсетті.



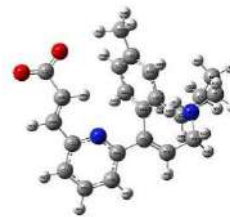
Цетиризин



Лоратадин

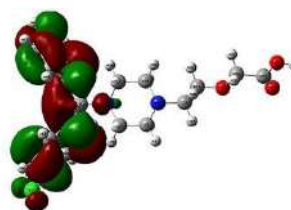
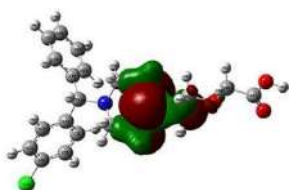


Гидроксизин

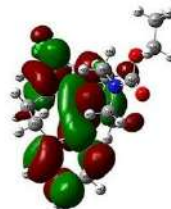
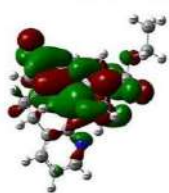


Аквивастин

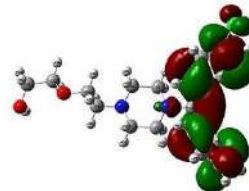
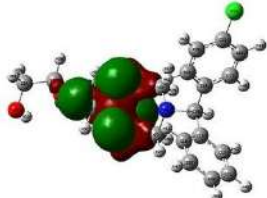
Сурет 1. Таңдалған дәрілік қосылыстардың оңтайландырылған құрылымдары



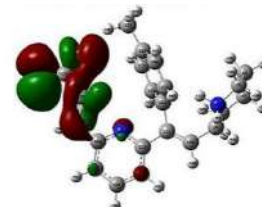
Цетиризин ЖТМО және ТБМО



Лоратадин ЖТМО және ТБМО



Гидроксизин ЖТМО және ТБМО



Активастин ЖТМО және ТБМО

Сурет 2. Шеткі молекулалық орбитальдар (ЖТМО және ТБМО)

ММ-GBSA әдісі «ақуыз–лиганд» кешендерінің тұрақтылығын растады, бұл осындай тәсілдің лигандтардың жақындығын бағалауда қолдануы туралы дереккөз ақпаратымен үйлеседі [2].

Осылайша, ММ-GBSA әдісінің бос байланыс энергиясын тиімді бағалау мүмкіндігін, ал квантық-химиялық есептеулер молекулалардың тұрақтылығы және реакциялық қабілеті туралы маңызды ақпарат беретінін көрсетеді. Энергетикалық алшақтықтың ең төменгі мәні активастинге тән екені анықталды, оның жоғары белсенділігіне нұсқайды. Алынған нәтижелер дәрілік заттарды әзірлеу және оңтайландыру барысында пайдаланыла алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Nurmaganbetov Zh.S., Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Sarsenbekova A.Zh., Pustolaikina I.A. et al. Combined computational and experimental study of inclusion complexes of lupinine and its 1,2,3-triazole derivative with β -cyclodextrin // *Eurasian Chemico-Technological Journal*. – 2025. – Vol. 27, No. 2. – P. 127–138.
2. Muldakhmetov Z.M., Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Sarsenbekova A.Zh., Gazaliev A.M. et al. Combined computational and experimental studies of anabasine encapsulation by beta-cyclodextrin // *Plants*. – 2022. – Vol. 11, No. 17. – Article 2283.
3. Wang, E., Sun, H., Wang, J., Wang, Z., Liu, H. et al. End-point binding free energy calculation with MM/PBSA and MM/GBSA // *Chemical Reviews*. – 2019. – Vol. 119, No. 16. – P. 9478–9508.

Ержан А.Е., Жолдасбекова А.Ж.,
Ерланұлы А., Сарсенбекова А.Ж.
(Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

ТГ-ТАЛДАУ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ ЖОЙЫЛУЫНЫҢ КИНЕТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМА ӘЗІРЛЕУ

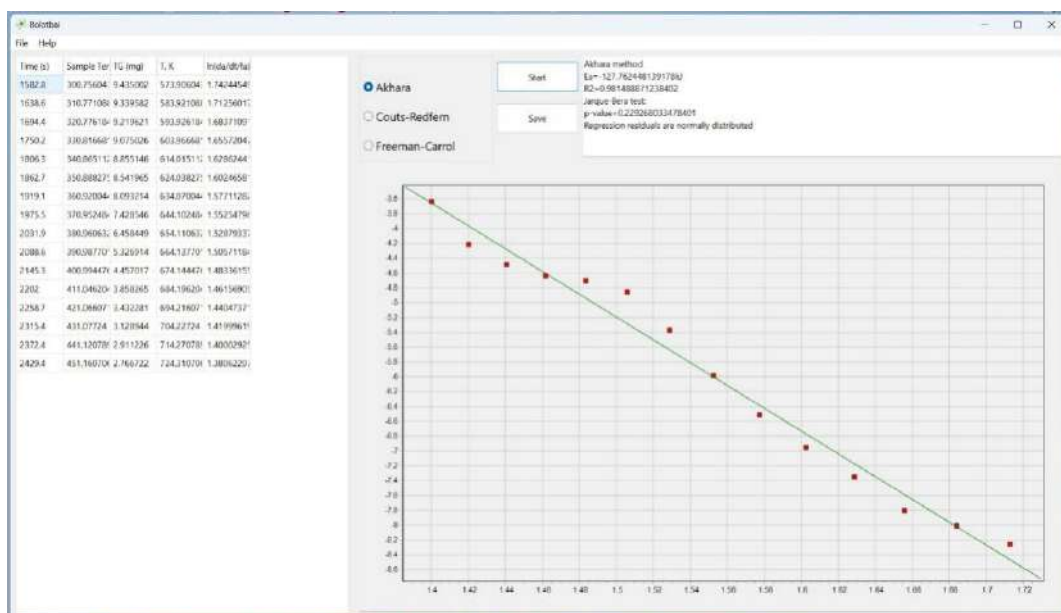
Жұмыста термогравиметриялық талдау (ТГТ) деректері негізінде полимерлердің термиялық деструкциясының кинетикалық параметрлерін анықтауға арналған "ThermoGrav Activation Energy" [1] бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу ұсынылған.

Термогравиметриялық талдау полимерлі материалдардың термиялық тұрақтылығын зерттеудің ең мазмұндық әдістерінің бірі болып табылады, бұл ыдырау кинетикасын бағалауға және активтену энергиясы (E_a), реакция реті (n) және презэкспоненциалды мультипликатор (A) сияқты параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді. ТГ деректерін өңдеу, әсіресе көп сатылы процестер үшін, мамандандырылған математикалық әдістер мен маңызды есептеу ресурстарын қолдануды қажет етеді.

Әзірленген бағдарламалық құрал кинетикалық теңдеулерді түрлендірудің әртүрлі формаларына негізделген классикалық кинетикалық талдау әдістерін жүзеге асырады: Фриман–Кэрролл [2], Ахар [3] және Коутс–Редферн [4]. Осы әдістерді қолдану тиімді активтендіру энергиясының (E_a) мәндерін алуға және нәтижелерге салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың жаңалығы ерікті, оның ішінде сызықтық емес қыздыру режимдерінде эксперименттік деректерді автоматтандырылған өңдеу мүмкіндігі бар бірыңғай бағдарламалық ортада көрсетілген әдістер кешенін жүзеге асырудан тұрады. Қолданыстағы шешімдерден айырмашылығы, бағдарлама орнатуды қажет етпейді, стандартты енгізу форматтарын қолдайды және есептеу және графикалық процедураларды бір интерфейске біріктіруді қамтамасыз етеді.

Әзірленген бағдарламаның интерфейсі 1-суретте көрсетілген. Бағдарлама Excel және CSV форматындағы файлдардан эксперименттік деректерді жүктеуді, температураға тәуелділікті автоматты түрде түрлендіруді (Кельвин шкаласына аударуды және $1000/T$ шамасын есептеуді қоса), ТГ қисықтары мен өңдеу нәтижелерін визуализациялауды және басқару элементтерін қолдана отырып есептеу әдісін таңдауды қамтамасыз етеді. Жарке-Бер тестін қолдана отырып, активтендіру энергиясын, детерминация коэффициентін (R^2) есептеу және жуықтау сапасын статистикалық бағалау процедуралары жүзеге асырылады.



1-сурет. Бағдарламаның жұмыс интерфейсі

Кинетикалық параметрлерді есептеу сызықтық регрессияны қолдана отырып, ең кіші квадраттар әдісімен жүзеге асырылады, бұл термиялық талдау деректерін өңдеудің заманауи тәсілдеріне сәйкес келеді.

Бағдарламаның жұмыс каталогының құрылымы 2-суретте көрсетілген. Бағдарламалық өнім Embarcadero Delphi 11 ортасында жүзеге асырылады және орындалатын модульді, анықтама файлын және сандық әдістер кітапханасын қамтитын файлдар жиынтығы ретінде таратылады.

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
alglb400_32free.dll	21.05.2023 20:52	Расширение прилож...	3 481 КБ
Bolatbai.chm	29.11.2023 14:19	Скомпилированный...	58 КБ
Bolatbai.exe	29.11.2023 15:25	Приложение	4 052 КБ

2-сурет. Бағдарламаның жұмыс каталогының құрылымы

Әзірленген бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып, 7.95:92.05 компоненттерінің моль қатынасы бар п-ЭГФ:АК полимер үлгісінің термиялық деструкциясын белсендіру энергиясын есептеу орындалды. Алынған мәндер [5]: Коутс–Редферн әдісімен [4] 196.18 кДж/моль, Фриман–Кэрролл әдісімен [2] 211.09 кДж/моль, Ахар әдісімен [3] 196.13 кДж/моль. Нәтижелердің алшақтығы 5% - дан аспайды, бұл іске

асырылған алгоритмдердің дұрыстығын және әдістердің дәйектілігін көрсетеді.

Өзірленген бағдарламалық жасақтама термогравиметриялық деректерді өңдеуді автоматтандыруға, кинетикалық параметрлерді анықтаудың дәлдігін арттыруға және талдау уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Бағдарлама полимерлер мен композициялық материалдардың термиялық тұрақтылығын зерттеуде, сондай-ақ термиялық талдау әдістерін зерттеуде білім беру процесінде қолданыла алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Болатбай А.Н., Фомин В.Н., Сарсенбекова А.Ж. *ThermoGrav Activation Energy. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 40925 от 01.12.2023.*
2. Freeman E.S., Carroll B. *The application of thermogravimetric analysis to reaction kinetics // Journal of Physical Chemistry.* – 1958. – Vol. 62. – P. 394–397.
3. Achar B.N., Brindley G.W., Sharp J.H. *A convenient method of analysing thermogravimetric data // Proceedings of the International Clay Conference.* – 1966. – P. 67–73.
4. Coats A.W., Redfern J.P. *Kinetic parameters from thermogravimetric data // Nature.* – 1964. – Vol. 201. – P. 68–69.
5. Burkeev M.Z., Sarsenbekova A.Zh., Bolatbay A.N., Tazhbaev E.M., Davrenbekov S.Z. et al. *The use of differential calculation methods for the destruction of copolymers of polyethylene glycol fumarate with the acrylic acid // Bulletin of the University of Karaganda – Chemistry – 2020. – №3(99). – P. 4-10.*

PHULAE АНАНАСЫНЫҢ БИОАКТИВТІ КОМПОНЕНТТЕРІ: АНТИОКСИДАНТТЫҚ ЖӘНЕ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ШОЛУ

Қазіргі кезеңде өсімдік текті тағамдық шикізаттардың биологиялық белсенділігін зерттеу тағам химиясы, биотехнология және функционалдық өнімдер жасау салаларындағы маңызды ғылыми бағыттардың біріне айналды. Бұл үрдіс, бір жағынан, табиғи антиоксиданттарға, витаминдерге және фенолдық қосылыстарға бай жеміс дақылдарының адам денсаулығын қолдаудағы рөлімен байланысты болса, екінші жағынан, осындай шикізатты жоғары қосылған құны бар өнімдер өндіруде тиімді пайдалану қажеттілігімен түсіндіріледі. Ананас (*Ananas comosus*) осы тұрғыдан алғанда тағамдық құндылығы, хош иістік профилі және биоактивті компоненттерінің әртүрлілігі бойынша ерекше қызығушылық туғызатын тропиктік дақылдардың қатарына жатады. Әсіресе Тайландта кең таралған Phulae ананасы шағын жемісті, өзегі жеуге жарамды, жұмсағы тығыз және хош иісі айқын сорт ретінде сипатталады, ал оның құрамында С витамині, жалпы фенолдық қосылыстар және β -каротиннің болуы бұл сортты биологиялық белсенділігі жоғары шикізат ретінде қарастыруға негіз береді [1].

Phulae ананасының функционалдық құндылығын бағалауда оның тек жеуге жарамды жұмсағын ғана емес, бүкіл морфологиялық құрылымын кешенді қарастыру қажет. Қазіргі ғылыми әдебиеттерде ананас шикізатын толық пайдалану тұжырымдамасы кеңейіп келеді, өйткені қайта өңдеу кезінде бөлінетін жанама өнімдерде ферменттер, тағамдық талшық, фенолдық қосылыстар және басқа да пайдалы заттар жинақталуы мүмкін. Ананастың қалдық бөліктерінің биотехнологиялық маңызы туралы зерттеулер олардың ішінде ең жоғары практикалық құндылыққа ие фракциялардың бірі - тәж және қабық бөліктері екенін көрсетеді. Арнайы зерттеуде Phu Lae және Nang Lae ананастарының қалдық бөліктері талданып, Phu Lae жемісінде қабық үлесі шамамен 42%, өзек 9-10%, сабақ 2-5% және тәж 2-4% аралығында болатыны анықталған. Ең маңызды нәтиже - барлық бөліктердің ішінде тәж экстракты ең жоғары протеолитикалық белсенділік көрсетіп, негізгі ақуыздық жолақ шамамен 28 кДа деңгейінде анықталған. Бұл бромелайнның ең белсенді көздерінің бірі ретінде ананас қалдықтарын тағам өндірісінде, ақуыз гидролизаттарын алуда, ет жұмсартуда және ферменттік препараттар дайындауда қолдануға болатынын дәлелдейді [2]. Демек, Phulae ананасы тағамдық және биотехнологиялық бағыттарды біріктіретін кешенді шикізат ретінде

сипатталады. Осы кешенді құрылымның негізгі элементтері мен олардың функционалдық рөлі 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Phulae ананасының биоактивті компоненттері мен құнды морфологиялық бөліктері

Phulae ананасының функционалдық әлеуетін арттыратын келесі маңызды фактор - оның постжиналатын сапасын басқару мүмкіндігі. Бұл сортқа егінге дейін кальций хлоридін енгізу арқылы жүргізілген зерттеуде сақтау барысында С витамині, жалпы фенолдар, жалпы каротиноидтар және антиоксиданттық белсенділік деңгейі бақылау нұсқасымен салыстырғанда жоғарырақ сақталғаны, сонымен бірге ішкі қоңырлану төмендеп, жеміс тығыздығының жоғалуы баяулағаны көрсетілді [3]. Phulae ананасының негізгі функционалдық ерекшеліктерін жүйелеу үшін олардың биологиялық және қолданбалы маңызы 1-кестеде берілген.

Кесте 1. Phulae ананасының биоактивті компоненттері мен функционалдық қасиеттеріне шолу

Компонент немесе бөлік	Негізгі сипаттама	Функционалдық маңызы	Қолданбалы әлеуеті
Аскорбин қышқылы	Су еритін табиғи антиоксидант	Тотығу процестерін баяулатады	Функционалдық тағамдар, нутрицевтикалық құндылық
Каротиноидтар	Пигменттік және антиоксиданттық рөл атқарады	Липидтік тотығудан қорғайды	Тағам сапасы мен биологиялық құндылық көрсеткіші
Қабық	Қайта өңдеуде көп мөлшерде бөлінеді	Қосымша биоактивті заттар көзі	Экстракция, жем қоспасы, биошикізат
Сабақ пен тәж	Бромелайнға бай бөліктер	Протеолитикалық белсенділік	Ферменттік препараттар, тағам өндірісі
Кальциймен алдын ала өңдеу	Постжиналатын тұрақтылықты арттырады	Антиоксиданттардың сақталуын қолдайды	Экспорттық және сақтау технологиялары

Соңғы жарияланған зерттеулердің бірі Phulae ананас пюресін жоғары қысыммен өңдеу мен дәстүрлі жылумен өңдеудің әсерін салыстырып, жоғары қысымды технологияның витамин С, жалпы фенолдық қосылыстар, DPPH және FRAP көрсеткіштері, бромелайн белсенділігі және табиғи

ароматтық профильді жақсырақ сақтайтынын көрсетті [4]. Phulae ананасының антиоксиданттық және функционалдық қасиеттеріне әсер ететін негізгі факторлардың өзара байланысы 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2. Phulae ананасының биоактивті қасиеттерін сақтау мен әлсіретуге әсер ететін негізгі факторлар

Жалпы алғанда, Phulae ананасы бойынша жинақталған мәліметтер бұл сорттың тек аймақтық жеміс ретінде емес, химия-биология ғылымдары мен тағамдық биотехнология түйісіндегі перспективалы зерттеу нысаны екенін дәлелдейді. Оның құндылығы табиғи биоактивті құрамында ғана емес, сол құрамды сақтау және тиімді пайдалану мүмкіндігінде [5].

Жүргізілген әдеби шолу Phulae ананасының биоактивті компоненттерге бай және антиоксиданттық, функционалдық қасиеттері айқын жеміс екенін көрсетті. Сонымен қатар Phulae ананасының тек жұмсағы ғана емес, қабығы, өзегі, сабағы және тәжі де қолданбалы тұрғыдан маңызды екені анықталды. Бұл бөліктерді тиімді пайдалану функционалдық өнімдер, ферменттік препараттар және қалдықсыз технологиялар жасау бағыты үшін перспективалы болып табылады. Оны әрі қарай зерттеу табиғи биоактивті заттарды тиімді пайдалану мен жоғары құнды өнімдер әзірлеу бағытында маңызды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Kongsuwan A., Suthiluk P., Theppakorn T., Srilaong V., Setha S. Bioactive compounds and antioxidant capacities of phulae and nanglae pineapple // *As. J. Food Ag-Ind.* 2009. Special issue. P. S44-S50.
2. Ketnawa S., Chaiwut P., Rawdkuen S. Pineapple wastes: a potential source for bromelain extraction // *Food and Bioproducts Processing.* 2012. Vol. 90, No. 3. P. 385-391. DOI: 10.1016/j.fbp.2011.12.006.
3. Naradisorn M., Yuenyongsaen K., Setha S. Preharvest calcium application maintains antioxidant capacity and postharvest quality of 'Phulae' pineapple // *Fruits.* 2022. Vol. 77, No. 5. P. 1-8. DOI: 10.17660/th2022/021.
4. Chalumpot S., Wongsap P., Suthiluk P., Naradisorn M., Hamaoka D., Setha S. Effects of high-pressure processing and conventional thermal processing on enzyme activities, antioxidant properties, and volatile metabolic profiling of "Phulae" pineapple purée // *Sustainable Food Technology.* 2026. Advance Article. DOI: 10.1039/D5FB00686D.
5. Techavuthiporn C., Boonyarittongchai P., Supabvanich S. Physicochemical changes of 'Phulae' pineapple fruit treated with short-term anoxia during ambient storage // *Food Chemistry.* 2017. Vol. 228. P. 388-393. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.02.028.

МИКРООРГАНИЗМДЕРДЕН ПРЕПАРАТТАР ДАЙЫНДАУ ӘДІСТЕРІ

Препарат дайындау үшін культураларды алу. Материалды алу үшін пробирканы спиртовка жалынына таяп, оның тығынын оң қол саусағымен қысып алып, ашады да жалынға қарып, ілмешекпен қармайды. Материал алу кезінде пробирканы жалынға тиер-тимес етіп, келбете ұстаған жөн. Егерде культураны сұйық ортадан алса, сұйық төгіліп кетпес үшін пробирканы тым еңкейтіп жібермеу керек. Культураны алып болғаннан соң пробирканың аузын және тығынды жалынға жақсылап қарып алған дұрыс.

Микроорганизмдердің клеткаларын тірілей зерттеу үшін жаншылған және аспа тамшылар әдісін қолданады. Осы екі жағдайда да микробтарды тірілей бояуға мүмкіндік бар [1].

Микроорганизмдердің фиксацияланған препараттарын дайындау. Микробиологияда осындай препаратты көбірек қолданады. Препаратты бояғаннан соң микроскоппен қарайды. Фиксациялау деп микроскоппен қарайтын тірі объектіні алдын ала тез арада өлтіруді айтады. Сонда клетка шіндегі заттар бүлінбей сақталып қалады. Ал фиксацияланған препарат Шыныға жабысады да бояу жақсы сіңеді. Бұл әдіс заттық әйнекті дайындау, жұғындыны әзірлеу, кептіру, фиксациялау және бояу сияқты бірнеше жұмыстардан тұрады.

Жұғындыны дайындау. Таза, майсыздандырылған заттық әйнекке құбыр суының бір тамшысын тамызады. Пробиркадан бактериологиялық ілмешекпен зарарсыздандырылған жағдайда микробтың бір түйірін іліп алып, тамшыда еседі. Суспензия қою болып кетсе, сумен сұйылту керек. Ол үшін қою суспензияның бір тамшысын екінші заттық әйнек бетіне су тамызып соған салып еседі. Жұғындыны жайып, бөлме температурасында немесе спиртовканың жалынының әлсіз жеріне ұстап кептіреді. Ыстық жалында кептіруге болмайды. Өйткені бұнда клетка белогы ұйып, оның пішіні мен құрылымы бұзылады. Кептірілген препаратты фиксациялайды.

Жұғындыны фиксациялау. Фиксациялау кезінде микроорганизмдер өледі, әйнекке жабысып қалады. Сонда жұғындыдағы микробтар оңай боялады. Фиксациялауды жалында жүргізеді. Заттық әйнектің микробы бар жағын жоғары қаратып, спиртовка жалынында әлсін-әлі қыздырып алады. Жалпы әйнек ысып, қолға бата бастағанда фиксациялауды тоқтатады. Әйнек салқындаған соң жұғындыны бояуға кіріседі. Метилен көгі мен негізгі фуксин ең қарапайым және іс жүзінде көп қолданылатын бояулар. Егерде фуксинмен боялса препаратты бұл бояуда 2-3 минут ұстайды, ал метилен көгі қолданылса, онда 3-4 минут керек. Бұдан кейін бояуды сумен жуады немесе таза сумен біраз шаймалайды. Сонда аққан су мөлдір болуы керек. Сүзгі қағазбен әйнекті құрғатады, ал жұғындыны сүзгіш қағазды ептеп жабу арқылы кептіреді.

Бактерияларды Грам әдісі бойынша бояу. Микроорганизмдерді жалпы бояу үшін метилен көгі, карбол немесе сілті ерітіндісінде даярланған гени-циан күлгіні қолданылады. Бұл бояулармен барлық микробтар клеткасы бояла береді. Бірақ микробтар цитоплазмасының құрылысы барлығында бірдей бола бермейді. Кейбір микробтар клеткасы бояуларға талғампаз келеді. Егер де олардың бір тобы бір бояумен боялса, қалған кейбір топтары осы бояумен боялмайтын болады. Міне микроб клеткаларының осындай қасиетін ескере отырып, бояудың күрделі түрлерін қолдану іске асырылды. Күрделі бояу әдістерінен лабораториялық жағдайда Грам әдісі, Циль-Нильсен, Козловский т. б. әдістері қолданылады. Осы әдіспен боялу және боялмауына байланысты микробтарды Грамон, Грамтеріс деп үлкен екі топқа бөледі. Бұл әдістің мәнісі мынада: трифенилметан қатарындағы бояулар, мысалы геницианвиолет, метилвиолет, кристаллвиолет протоплазмадағы рибонуклеин қышқылы магний тұзы бар жерде иодпен қосылғанда спиртте ерімейтін күрделі қосылыс түзеді. Осылай боялған бактериялар артынан спиртпен өңдегенде бояу кетпей, көкшіл-күлгін түске боялған күйі қалып қояды. Бұл Грам оң бактериялар. Бұған көптеген шар тәрізді бактериялар, таяқша тәрізді бактериялардың біраз түрі, мәселен *Bac. Subtilis*, *C1. Pasteurinum* т. б. жатады.

Кейбір бактериялар клеткасында мукополисахарид және фолифосфат нуклеотид қосылыстары өте аз болады және оларды липопротеидтен тұратын екі қабат қоршап жатады да, геницианвиолет және иод оған өте жәй енеді және онымен мықты байланыс түзе алмайды. Препаратты жуған кезде ол спиртте тез еріп, клеткадан - шайылып кетеді. Бактериялар түссізденіп қалады. Оларды басқа бояумен бояса, сол түске бояла береді. Бұндай бактерияларды (*Escherichia Coli*, *Proteus Vulgaris*, *Pseudomonas* және т. б.) Грамтеріс деп ажыратады [2].

Бактериялар спорасын бояу. Бактериялар қолайсыз жағдайға тап болғанда споралар түзеді. Споралар қолайсыз жағдайға аса төзімді келеді. Олардың пішіні де түрліше болып келеді. Егер де спора диаметрі сол спора түзілген клетка диаметрінен артық болмаса, клетканы бацилды, егерде артық болса спораның орналасуына қарап, яғни спора ортасында немесе клетка шетінде болса, клостридиалды немесе плектридиалды деп ажыратады. Спораны күрделі әдіспен бояйды, олардың, қабығы өте қалың болады. Бояу алдынан спораны қыздыра отырып карбол қышқылымен өңдейді. Спора қабығы бұнда жұмсарады, мөлдірленеді. Бояу жақсы сіңеді. Сіңген бояуға қышқылмен әсер еткенде, ол тез арада жойылмайды.

Микроб капсуласын бояу. Көптеген бактериялар дамуының белгілі бір сатысында капсула түзеді. Капсула шырыш қабат. Әр түрлі бактерияларда олардың қалыңдығы да бірдей болмайды. Негізінен капсула қоректік ортада көмірсулар және кальций тұздары шамадан тыс көп болғанда пайда болады. Капсуланың шырыш затында полисахаридтер,

декстриндер галактандар, целлюландар болады. Сонымен бірге ол глютамин қышқылының молекулаларынан құралған полипептидтерден тұрады. Капсуланың негізгі міндеті клетканы қолайсыз жағдайдан қорғау. Патогендік, яғни ауру қоздырғыш бактериялар үшін оларды түрлі сырттан түсетін заттардың әсерінен сақтайды. Капсуланың заттары бояулармен түрліше боялады. Сондықтан капсуланы анықтау мақсатында бояудың арнаулы әдістерін қолданады.

Негативті тірі клеткадағы капсуланы анықтау (Бурри әдісі). Туштың бір тамшысын спиртпен эфир қоспасымен жақсылап өңделген заттық әйнекке тамызады да оған бір тамшы бактериялары бар сұйықты қосады. Жабын әйнекпен жұғындыны заттық әйнек бетіне үйкеп жаяды. Препарат кепкеннен кейін иммерсиялық жүйеде микроскоппен қарайды. Қара сұрғылт фонда бактериялардың боялмаған капсуласы мен клеткалары анық көрініп тұрады.

Бактериялар қылшықтарын бояу. Көптеген таяқша бактериялардың, вибриондардың және спираллалардың клеткаларының сыртында талшықтары болады. Ол өте нәзік жіп тәрізді цитоплазмадан тұратын денелер. Талшықтар көмірсулар және майлардан тұрады. Талшықтар негізінен қозғалу қызметін атқарады. Клеткаларды тірі күйінде қарағанда негізінен микробтар қозғалуын сипаттауға ғана мүмкіндік туады. Әдеттегі жарық микроскоптарында талшықтарды бояудың арнаулы әдісімен ғана көруге болады. Боялған жұғындыда талшықтардың санын және ұзындығын анықтауға мүмкіндік бар. Бұнда жұғынды дайындалатын шынылардың барлығы таза және спирт - эфир қоспасымен майды кетіру үшін жақсылап өңделген болуы тиіс. Бактериялар клеткасы өте қозғалғыш болғанымен.

Бактерия эмульсиясы алдын ала шайқалмай және араластырылмай дайындалғаны дұрыс. Дайын жұғындыны фиксацияламайды, қайта оған дайын улағыш затты (протрава) құяды да 10 минуттай ұстайды. Содан соң препаратты дистилденген сумен жуады. Жұғындыға жаңадан даярланған Цильдің кар-болды фуксинін құяды да, 5 минут ұстайды. Тағы да құбыр суымен жуады, ауада кептіреді. Содан соң иммерсиялық жүйеде микроскоппен қарайды. Қылшықтар қызыл түске боялады [3].

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Әлмағамбетов Қ.Х., Байдүйсенова Ә.Ө., Мұхаметжанов Қ.М.- Микроорганизмдер биотехнологиясы – Астана: 2018-240 б.
2. Лесова Ж.Т., Макажанова Х.Х., Надирова С.А. Тағам және биотехнологиялық өндірістерінің микробиологиялық негіздері, Алматы, 30-35б., 2020ж
3. Коленько Е. И., Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М., Сельхозгиз, 2019ж.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УРОВЕНЬ ПРОДУКТИВНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ: ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ПОЛИВА

В Бухарской области Узбекистана выращивание хлопка имеет важное значение для народного хозяйства, но из-за засушливого климата и усиливающегося дефицита воды оно сталкивается с различными проблемами. Использование альтернативных источников воды, таких как дренажные воды, становится все более распространенным. В то же время, высокая соленость и специфический химический состав сточных вод, характеризующиеся высоким содержанием хлоридов, сульфатов и тяжелых металлов, представляют большую угрозу физиологической целостности и урожайности хлопка-сырца [1, 2].

Особенно вредны сточные воды, которые часто демонстрируют высокий сухой остаток, жесткость, концентрацию хлоридов и сульфатов [3]. Предыдущие исследования показали, что непрерывный полив соленой водой значительно снижает образование коробочек, длину и прочность волокна [4]. Исследования альтернативных стратегий полива показывают, что использование меньшего количества соленой воды на критических стадиях роста может смягчить стресс. Вместе с тем, требуется детальное изучение специфических последовательных эффектов, таких как первоначальное использование сточных вод по отношению к концу сезона и их совместное влияние на физиологические параметры и компоненты урожая в почвенно-водных условиях Бухары. Высокое содержание гумуса в почве может влиять на удержание воды и ионное тампонирование, но прямое влияние различных последовательностей качества поливной воды остается основным пробелом в исследованиях.

Материалы и методы. Эксперимент проводился на опытной ферме Бухарского областного научно-исследовательского института сельского хозяйства (40 доц.00' Н, 64 доц. 30' Е) с использованием рандомизированной полноблочной конструкции (RCBD) с четырьмя репликациями. Почва была средnezасоленной (EC_e 1,6-2,0 DS/m выше 30 см), богатой гумусом. Использовался сорт хлопка "XInluZAO-78."

Оросительные работы: проведены четыре режима орошения, в вегетационный период проведено четыре полива: (1-2-дренаж, 3-4-арыка; 1-2-водяной канал, 3-4-водяной дренаж; только дренажной водой) I режим (контроль): непрерывная канальная вода (кв. II режим: непрерывная дренажная вода (ДД). III режим (ZC-ZC-AC-AC): первые два полива с ЗС,

следующие два с ZC. IV режим (AC - AC -ZC-ZC): первые два полива, следующие два с ZC.

Анализ качества воды: образцы поливной воды (AS и ZS) собирались перед каждым поливом и анализировались на pH, NH₄⁺, MS, NO₃⁻, NO₂⁻, общая жесткость, сухой остаток, поэтому Ca²⁺, Cl⁻, Fe, Cu и Zn с использованием стандартных методов [6]. Свойства проточной воды были следующими: pH 8.3, сухой остаток 1790.0 мг/дм³, общая жесткость 27.0 м экв/дм³, поэтому Ca²⁺ 630.0 мг/дм³, Cl⁻ 504.4 мг/дм³, NO₃⁻ 32.0 мг/дм³, Fe 0.02 мг/дм³, Cu 0.11 мг/дм³, Zn 0.05 мг/дм³. Вода канала служила контролем со значительно более низкими значениями. Физиологические и урожайные измерения: физиологические параметры (потенциал листовой воды, транспирация, фотосинтез, хлорофилл, Nava K, K⁺, Cl⁻, Ca²⁺, Ca) измерялись по стандартным методикам [4]. Компоненты урожайности (номер коробочки, процент раскрытия коробочки, урожайность семенного хлопка-сырца, процент линта, длина волокна, прочность волокна, масса 100 семян, содержание семенного масла) отмечены при зрелости.

Анализ и результаты. Качество воды: высокий уровень сухого остатка в сточных водах (1790,0 мг/дм³), общая жесткость (27,0 м экв/дм³), сульфаты (630,0 мг/дм³) и хлориды (504,4 мг/дм³) и высокий pH (8,3) и высокие концентрации Cu (0,11 мг/дм³) и Zn (0,05 мг/дм³), допустимые стандарты поливной воды безграничны [3]. Вода канала имела значительно более низкие значения для этих параметров.

Влияние на физиологические показатели: непрерывное орошение в канавах (режим II) приводило к тяжелому физиологическому стрессу: наименьший листовой водный потенциал (-1,95 МПа), резкое снижение транспирации (10,5 мг/дм²/ч) и фотосинтеза (9,8 диктитикмоль СО₂/м²/с), и низкое содержание хлорофилла (1,20 мг/г ФВ). Наибольшее накопление листьев и листьев (35,2 и 40,5 ммоль/кг ФВ), K⁺ и Ca²⁺ и Ca²⁺ и Ca²⁺. IV режим (I режим) показал лучшие физиологические показатели среди альтернативных методов лечения, что было ближе к контролю (I режим) и продемонстрировал лучшую толерантность к дальнейшему использованию сточных вод. Режим III показал промежуточные ответы.

Различные технологические подходы к водопользованию обуславливают различия в объеме и качестве потребляемой воды, а также в требуемых инженерных решениях для её забора и подачи на орошение. Это также определяет спектр и интенсивность мелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на предотвращение или нивелирование негативных эффектов от применения воды с повышенной минерализацией. Решения о перспективности орошения некондиционной водой должны базироваться на тщательной экологической и экономической оценке.

За последние годы страны Центральной Азии демонстрируют существенное расширение площадей, отводимых под зерновые культуры, в

частности, пшеницу и ячмень. Особенностью и преимуществом является то, что орошение этих культур осуществляется в межсезонье – осенне-зимний и весенний периоды, когда потребность в поливе основной сельскохозяйственной культуры, хлопчатника, отсутствует. Только в Узбекистане орошаемые посевы пшеницы достигают примерно 1 миллиона гектаров, что открывает возможности для использования воды с повышенной минерализацией.

Заключение: исследование показывает, что сточные воды, характеризующиеся высокой соленостью и специфическим содержанием ионов, оказывают серьезное влияние на физиологию и урожайность хлопка в Бухарской области.

Стратегия полива играет решающую роль в смягчении этих последствий. Альтернативный полив, в частности, использование чистой канальной воды на ранних стадиях роста (режим IV: полив постоянными сточными водами или повторный полив), оказался наиболее эффективным в поддержании физиологического баланса и улучшении высокой урожайности и качества волокна по сравнению с режимом III).

Рекомендации: 1. На начальных этапах уделяйте приоритетное внимание пресной воде: обеспечить прочный ранний рост и повысить солеустойчивость, используя чистую канальную воду для первичного полива хлопка.

2. Стратегическое использование сточных вод: сточные воды можно использовать на последующих этапах, но их использование должно регулироваться осторожно, чтобы минимизировать потери урожая и качества.

3. Смешивание воды: по возможности смешайте сточные воды с водой канала, чтобы уменьшить общее засоление.

4. Постоянный мониторинг: регулярно отслеживайте качество поливной воды и засоление почвы для адаптации стратегии полива.

5. Управление дренажом и почвой: обеспечьте достаточный дренаж и рассмотрите изменения почвы для управления накоплением солей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сафаров Б. Р., Абдуллаев А. А. (2022). Проблемы управления сельскохозяйственной водой в засушливых условиях: Бухара, Узбекистан. *Управление водными ресурсами*, 36 (15), 5877-5890.
2. Комилов Д. И. и др. (2023). Химический состав дренажных вод на хлопковых полях Бухары и его влияние на засоление почвы. *Экологические науки и исследования загрязнения*, 30 (5), 11200-11215.
3. Munns, R., & Sinovchi, M. (2008). Механизмы солеустойчивости. *Ежегодный обзор биологии растений*, 59, 651-681.
4. Leto, C., & Grando, S. (2013). Управление засолением хлопка: обзор. *Агрономия для устойчивого развития*, 33 (3), 541-556.
5. Tagaeva, M., Ruziyeva, Z., & Jumayev, T. (2024). Biotechnology of increasing the productivity of plants under the influence of microbiological preparations. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 113, p. 01008). EDP Sciences.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА И ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Производство сыра является одним из стратегических направлений современной пищевой промышленности, которое обеспечивает интеграцию между сельским хозяйством и промышленностью. Благодаря глубокой переработке молока производятся продукты с высокой добавленной стоимостью. Сыр является не только пищевым продуктом, но и важным фактором повышения экономической эффективности. Эта отрасль играет важную роль в развитии аграрного сектора, обеспечении продовольственной безопасности и повышении экспортного потенциала.

Основная часть. Научные основы технологии производства сыра

Производство сыра основано на сложных биохимических и микробиологических процессах. Основные процессы заключаются в следующем: Приемка и стандартизация молока - содержание жира и белка в молоке нормализуется. Пастеризация - термическая обработка для уничтожения вредных микроорганизмов. Ферментация (процесс свертывания) - добавление молочнокислых бактерий и специальных ферментов (реннета) в молоко для свертывания белка казеина. Отделение сыворотки - полученная твердая масса (зерна сыра) отделяется от жидкости. Прессование и формование - придание изделию необходимой формы и плотности. Соление и созревание - формируют вкус, запах и текстуру сыра. Каждый из этих процессов основан на строгих технологических режимах и регулируется температурными, влажностными и временными факторами.

Экономический анализ технологических процессов

Экономическая эффективность производства сыра определяется следующими факторами: Стоимость сырья - цена молока составляет основную часть производственной себестоимости. Потребление энергии и ресурсов - процессы пастеризации, охлаждения и хранения требуют больших затрат энергии. Оборудование и амортизация - современные технологические линии требуют больших инвестиций. Трудовые ресурсы - квалифицированные специалисты определяют качество производства. Внедрение современных автоматизированных технологий позволяет снизить себестоимость производства и повысить качество продукции. Это значительно повышает рентабельность предприятия.

Создание добавленной стоимости и рыночные механизмы

Производство сыра создает в несколько раз большую стоимость, чем производство молока. Например, из 10 литров молока в среднем получают

1-1,5 кг сыра, но его рыночная цена значительно выше, чем у сырого молока. Это дает следующие экономические преимущества:

- увеличение доходов производителей;
- развитие перерабатывающей промышленности;
- расширение цепочки создания стоимости (фермер → завод → торговая сеть).

Макроэкономическое значение сырной промышленности

Производство сыра влияет на национальную экономику по следующим направлениям:

Повышение занятости - создание рабочих мест в сферах производства, логистики и торговли.

Импортозамещение - потребность в иностранной продукции снижается за счет местной продукции.

Экспортный потенциал - высококачественные сыры пользуются спросом на международных рынках.

Продовольственная безопасность обеспечивает население важным источником белка.

Инновации и технологическое развитие

В последние годы в производстве сыра широко применяются следующие инновации:

- мембранные технологии (ультрафильтрация);
- автоматизированные производственные линии;
- использование пробиотических микроорганизмов;
- энергосберегающие технологии

Эти инновации повышают качество продукции, повышают эффективность производства и обеспечивают экологическую устойчивость.

Заключение. Технология производства сыра представляет собой сложный научно обоснованный процесс, обладающий высокой экономической эффективностью. Эта отрасль играет важную роль в интеграции сельского хозяйства и промышленности, создании добавленной стоимости, повышении занятости и расширении экспортных возможностей. Внедрение современных технологий может способствовать дальнейшему развитию этой отрасли. Поэтому сыровая промышленность является одним из важных драйверов экономического развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сергеев В. Н., (1998) *Технология молока и молочных продуктов.*, С. - 480.
2. Калинин А.Ф., (1990) *Сырное производство: технология производства сыра.*, С. - 320.
3. Рогов И. А., Шлыков А. М., (2007) *Общая технология производства продуктов питания.*, С. - 560.
4. Куранов А. П., (1989) *Технология молочных продуктов.*, С. - 256.
5. Тихомирова Н. А., (2003) *Технология переработки молока.*, С. - 304.

МЕТОДОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Земляника является одной из самых востребованных ягод в мире. Ее родина - Северная Америка. Сегодня клубнику выращивают практически во всем мире. В частности, широко культивируемая Китай, США, Турция, Испания, Египет. Земляника была завезена в Узбекистан в основном в начале 20-го века. Ее широкое распространение относится к советскому периоду. В этот период сортоиспытания проводились на научной основе, были созданы плантации. В настоящее время в Узбекистане выращиваются следующие известные сорта клубники: Раннеспелые сорта: Alba, Clery Среднеспелые сорта: Elsanta, Festivalnaya Позднеспелые сорта: Zenga, Zengana Ремонтантные сорта: Albion, San Andrean.

Материалы и методы. Земляника размножается с помощью следующих материалов: Рассада (дает самые удобные и быстрые результаты) Усики (метод вегетативного размножения) Семена (требуют больше времени и ухода) Рассада должна быть здоровой, с развитыми корнями и без болезней. Этапы процесса посева Глубина контейнера должна быть 20-25 см Дренаж (камень, гравий) размещается в нижней части. Грунтовая смесь: садовая почва + перегной + песок. Корни рассады размещаются вертикально, не сгибаясь.

Поливают сразу после посадки. Срок роста и стадии развития Земляника развивается в следующие стадии: Укоренение - 7-10 дней Появление листьев - 2-3 недели Цветение - 25-30 дней Плодоношение - 30-40 дней В целом, он начинает плодоносить через 1-1,5 месяца после посадки (на рассаде).

Поливают 2-3 раза в неделю В жаркую погоду - часто Почва должна быть постоянно влажной, но лишняя вода вредна Полив лучше утром или вечером -Режим ежедневного ухода Проверка влажности почвы Осмотр листьев (на отсутствие болезней или вредителей) Удаление сухих листьев Проветривание 1-2 раза в неделю Удобрение каждые 10-15 дней - Требования к освещению Нужно 6-8 часов солнечного света в день Лучшее место - южное или юго-восточное окно При недостатке света рост замедляется и урожай снижается. Полки или многоярусные полки Основное требование к размещению - хорошее освещение и циркуляция воздуха.

Требование температуры. Оптимальная температура: 18-25°C Рост замедляется ниже 10°C Цветы и плоды могут опадать выше 30°C Страны, где земляника в настоящее время широко употребляется: Китай США

Турция Испания Россия В этих странах земляника широко употребляется в свежем, замороженном виде, в виде варенья и сока.

Польза продукта. Земляника очень полезна для здоровья человека: Богата витамином С - повышает иммунитет Имеются антиоксиданты - замедляет старение Полезна для сердечно-сосудистой системы Улучшает пищеварение Полезна для кожи и крови Посадка и размещение Каждый саженец высаживают в отдельный горшок.

Размножение усами наиболее эффективно. С одного материнского саженца можно получить 5-10 новых саженцев. Срок роста и развития 7-10 дней: укореняется 15-20 дней: появление листьев 25-30 дней: цветение 35-50 дней: плоды созрели Следовательно, он начинает плодоносить через 1-1,5 месяца после посева. Срок сбора урожая Простые сорта: 1 раз в год (конец весны - начало лета) Ремонтные сорта: 2-3 раза в год или непрерывно

Домашние условия: Может плодоносить в течение 3-4 месяцев. При хорошем уходе может сохраняться до 6 месяцев. Урожай с 1 саженца Это зависит от сорта и ухода: В нормальных условиях: 200 - 400 грамм При хорошем уходе: 500 - 800 грамм В очень хороших условиях (в теплице или идеальных домашних условиях): до 1 кг 6. Уборка урожая Плоды созревают каждые 2-3 дня Нужно собирать каждые 2-3 дня Если их не собрать вовремя, качество снижается 7. Существенные различия (горшок vs земля) Показатель в горшке на открытом грунте место требует меньше места требует больше площади урожай меньше больше контроль легче труднее размножение ограничено.

Землянику можно успешно выращивать как в домашних условиях, так и в открытом грунте. Это растение требует мало места, быстро растет и дает урожай в короткие сроки. Рассада укореняется примерно через 7-10 дней после посадки и начинает плодоносить в течение 1-1,5 месяцев. При правильном уходе (освещение, полив, температура и удобрение) растение будет плодоносить в течение нескольких месяцев. Ремонтантные сорта обладают способностью давать урожай несколько раз в год. Если выращивание в горшках удобно для небольшого пространства, можно получить больше урожая на открытом воздухе. В среднем с одного саженца можно получить 200-800 граммов, а при хороших условиях и больше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдуллаев Р.М., Абдуллаева Х.Р., "Выращивание ягод" - 2021. (Дает информацию об уходе за клубникой и её сортах) zienjournals.com
2. Арамов М.Х., Нурмаматов Ф.А., Бекназаров И.О., "Фруктоводство и овощеводство" - 2019. (Общая агротехника)

Иварай А (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Хамит А.Ж. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Тұраққазы А.А. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)

"САЯҚ" КЕНШІНЕН АҚ ТОТЫҚҚАН МЫСТЫ, КҮКІРТ ҚЫШҚЫЛЫМЕН ШАЙМАЛАУ АРҚЫЛЫ АЛУ

Минералды-шикізат базасының сарқылу проблемасы, карьерлер мен шахталардың нашарлауы, қоршаған ортаны қорғауға қойылатын талаптардың артуы пайдалы қазбаларды іздеуге және өндіруге жаңа талаптарды белгілейді. "Саяқ" АҚ кен орындарының тотыққан мыс кендері Балхашың мыс металлургиясын дамыту үшін перспективалы шикізат бола алады [1, 2].

Тотыққан кендерді қайта өңдеу проблемасы "Саяқ" АҚ үшін өзекті проблемалардың бірі болып табылады. Тұрақты емес кендерде құрамында мыс бар минералдар көбінесе қарапайым, оңай флотацияланатын қосылыстармен ұсынылған, олар азаяды: малахит, азурит, брошантит, куприт, тенорит, табиғи мыс, алтын және аз мөлшерде сульфидтер – халькозин, халькопирит [3].

Шикізатты терең кешенді қайта өңдеу проблемасын бастапқы талдау минералдық - шикізат кешені кәсіпорындарында минералдық шикізатты терең және кешенді қайта өңдеу жағдайларын қамтамасыз ететін шараларды пысықтау бөлігінде шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі жұмыстарды жалғастырудың орындылығын көрсетті [4, 5].

Зерттеудің мақсаты шаймалаудың технологиялық параметрлерін іріктеу және мыс алу үшін күкірт қышқылын шаймалау әдістерімен "Саяқ" АҚ Балхаш кен орындарының тотыққан кендерін өңдеудің ұтымды технологиялық схемасын құру болып табылады.

Эксперименттік бөлім. Мыс алу арқылы тотыққан кендерді шаймалау сипаттамаларын зерттеу және анықтау үшін үгіт-насихат шаймалау бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізу жоспарланған болатын. Күкірт қышқылы мыс гидрометаллургиясында кеңінен танылған еріткіш болып табылады, өйткені оның бірқатар артықшылықтары бар: тотыққан мыс ерітіндісіне жоғары экстракция деңгейін қамтамасыз етеді; өте төмен құны бар; пайдаланылған ерітінділерде залалсыздандыруға жеткілікті [5].

Ерітіндіге мыс алу деңгейін бағалау үшін күкірт қышқылын шаймалау бойынша тәжірибелер жүргізілді. Шаймалау көрсеткіштеріне материалдың үлкендігінің әсерін зерттеу мақсатында тәжірибелер -2 және -0,5 мм-ге дейін ұсақталған және 80% және 95% -0,071 мм-ге дейін ұнтақталған кенде

жүргізілді. Тәжірибелер барысында күкірт қышқылын беру арқылы целлюлозаның рН қажетті деңгейде сақталды. Параллельді тәжірибелердің бірінде мыс еру динамикасын зерттеу үшін ерітінді сынамалары алынды. Ұсынылған деректерден 80-95% -0,071 мм диапазонындағы кен мөлшерінің өзгеруі мыс сульфатының сілтісіздену көрсеткіштеріне іс жүзінде әсер етпейтіні шығады. Бұл жағдайда ерітіндіге мыс алу орташа есеппен 41,25 % құрайды.

Кен көлемінің -0,5-ке дейін және одан әрі -2 мм-ге дейін ұлғаюы мыс өндірудің тиісінше 40,91 және 38,03% - ға дейін кезең-кезеңімен төмендеуіне әкеледі. Мыс алу деңгейінің 0,34 және 3,22% - ға төмендеуі мыстың еру жылдамдығының төмендеуімен және оның шаймалау кезеңінде толық ерімеуімен байланысты болуы мүмкін. Материалдың көлемі 95% - 0,071 мм-ден -2 мм-ге дейін ұлғайған кезде мыс алудың салыстырмалы түрде аз төмендеуі үйінді сілтілеу үшін қолайлы фактор болып табылады. Күкірт қышқылының шығыны -2 мм-ден 95% -0,071 мм-ге дейінгі материал көлемінің өзгеруіне аздап тәуелді және сілтілеу ерітіндісіндегі бос қышқылдың қалдығын ескере отырып, 1 т-ге орта есеппен 11,8 л және 1 т-ге 8,6 л құрайды. 95% -0,071 мм, материалдың ірілігінде ерітіндіге тотыққан мысты алу 63,21 % құрайды, кеннің үлкендігі 2 мм-ге дейін ұлғайған кезде тотыққан мысты алу 55,92% - ға дейін төмендейді. Процесс ұзақтығының артуы мыстың еру дәрежесін арттырады.

Нәтижелерге сәйкес, ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясы 5-тен 30 г/л-ге дейін жоғарылағанда, ерітіндіге мыс алу біртіндеп 39,80-ден 46,36% - ға дейін (ірілігі -2 мм) және 44,95-тен 52,18% - ға дейін (ірілігі 95% -0,071 мм) артады. Күкірт қышқылының концентрациясын одан әрі 50 г/л дейін арттыру практикалық ерітіндіге мыстың жалпы алынуына әсер етпейді.

Алынған химиялық талдау нәтижелеріне сәйкес еріген компоненттердің санын есептеу жүргізілді (кесте. 1).

Кесте 1

Кен сынамаcының әртүрлі мөлшерінде мысты күкірт қышқылымен шаймалау ерітінділерінің химиялық құрамы

Компонент	Концентрациясы, мг/л		Ерітіндіге ауысу дәрежесі, г/л	
	Үлкендігі -2 мм	Үлкендігі-0,071 мм 95%	Үлкендігі -2 мм	Үлкендігі -0,071 мм 95%
Al	264	311	0,54	0,64
As	0,29	<0,030	0,0006	<0,000062
Ba	0,043	0,064	0,000089	0,00013

Bi	<0,050	<0,050	<0,0001	<0,00010
Ca	589	619	1,21	1,28
Cd	0,23	0,16	0,00047	0,00033
Co	1,41	1,06	0,0029	0,0022
Cr	0,88	1,41	0,0018	0,0029
Cu	385	421	0,79	0,87
Fe	293	611	0,6	1,26
Mg	493	544	1,02	1,12
Na	25,3	32,8	0,052	0,068

Сілтіленгеннен кейін ерітіндідегі осы қоспалардың жиынтық концентрациясы, ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясы 5-тен 50 g/l-ге дейін ұлғайған кезде, 2,67-ден 5,3 г/л-ге дейін (кеннің ірілігі -2 мм) және 3,56-дан 8,29 g/l-ге дейін (кеннің ірілігі 95% -0,071 мм) артады.

Жалпы, "Саяқ" кен орнының сынамалы сынамасы сульфидті минералдар түріндегі және тотыққан минералдарда байланысқан мыстың үлкен үлесінің болуына байланысты күкірт қышқылын шаймалау процесі үшін жеткілікті қыңыр болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Техногенные отходы – перспективное сырье для металлургии Узбекистана в оценка отвалных хвостов фильтрации медно-молибденовых руд // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Хакимов К.Ж. [и др.]. 2020. 12(81). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11107>*
2. Абрамов А.А. *Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: учебник для вузов. В 3 т. / А.А.Абрамов. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2004. – Т. II. Технология обогащения полезных ископаемых. – 510 с.*
3. Холикулов Д.Б., Самадов А.У., Ниязметов Б.Е. *Переработка окисленных медных руд методом кучного выщелачивания. I Yevroosiyo Konchilik Kongressi – Tezislar to'plami: "Navoi kon metallurgiya kombinati" davlat korxonasi nashriyoti, Navoi 2021. - 570 с. С. 107-109.*
4. Холикулов Д.Б., Давлатова М.Д., Нурмухамматова М.К., Ниязметов Б.Е. *Подготовка окисленных медных руд месторождения Кальмакир к гидрометаллургической переработке. Материалы Республиканская научно-практическая онлайн-конференция по теме «Проблемы использования природных ресурсов и их инновационные решения на основе интеграции науки и образования». 12 ноября 2021 года. Нукус. - 391 с. С. 28-30.*
5. Анисимова А.Б. *Глубокая и комплексная переработка минерального сырья: определение и экономический смысл // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, Том 11. <https://esj.today/PDF/32ECVN619.pdf> (доступ свободный).*

Иварай А. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Өнерхан Г. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Жумабекова А.К. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)

ЦЕОЛИТ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДАҒЫ ІЛЕСПЕ МҰНАЙ ГАЗДАРЫНЫҢ C₃-C₄ ТӨМЕН АЛКАНДАРЫНЫҢ ҚОСПАСЫН КОНВЕРСИЯЛАУ

Қазіргі уақытта мұнай мен табиғи газдың қарқынды өндірілуіне байланысты көптеген кен орындарында оларды дайындауда, кен орындарында тұрақтандыруда және мұнай мен табиғи газды мұнай құбырлары мен газ құбырларында немесе көліктің басқа түрлерінде одан әрі тасымалдауда өткір проблемалар туындауда.

Осыған байланысты жеңіл көмірсутекті шикізаттың әртүрлі түрлерін C₃-C₄ газ тәрізді көмірсутектерін (табиғи және ілеспе мұнай газдарының компоненттері) және газ конденсаттарын төменгі C₂-C₄ олефиндеріне, арендерде және мотор отындарының компоненттеріне терең химиялық өңдеу бойынша жаңа жоғары тиімді процестерді әзірлеу бойынша қарқынды жұмыстар жүргізілуде [1-5].

Жеңіл көмірсутекті шикізатты конверсиялау үшін әртүрлі металл қосылыстарымен модификацияланған микрокеуекті цеолиттер перспективалы болуы мүмкін [5].

Бұл жұмыстың мақсаты Bi₂O₃ және SnO₂ оксидтерінің екілік қоспасымен модификацияланған цеолит катализаторларындағы ілеспе мұнай газдарының C₃-C₄ төмен алкандарының қоспасын конверсиялау процесін зерттеу болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Н-ЦКЕ-СФ цеолитінің физика-химиялық қасиеттері рентгендік фазалық талдау (ДРОН-3 рентген қондырғысы, Мо-анод, Ni-сүзгі) және ИҚ-спектроскопия (Nicolet 5700 ИҚ Фурье-спектрометрі) көмегімен зерттелді. Рентгендік фазалық талдау және ИҚ-спектроскопия деректері бойынша синтезделген цеолит үлгілері Н-ЦКЕ-СФ ZSM-5 типті жоғары кремнеземді цеолиттерге жатады.

Bi:Sn = 1:5 атомдық қатынасында 0,5-2,0 мас мөлшерінде Bi₂O₃ және SnO₂ қалайы висмут оксидтерінің екілік қоспасымен цеолитті Н-ЦКЕ-СФ модификациялау.

Метан-0,3; этан – 3,0; пропан – 80,9; н – Бутан-12,4 мас.% модификацияланған Н-ЦКЕ-СФ цеолиттерінде 550 – 600°C температурада катализатордың стационарлық қабаты (6 см³) бар ағынды типті қондырғыда,

C₂-C₄ газ тәріздес алкандарды берудің көлемдік жылдамдығы 240 сағ⁻¹, атмосфералық қысым және әрбір берілген реакция температурасындағы тәжірибе ұзақтығы 2 сағ. газ тәріздес көмірсутектер мен сұйық өнімдерді талдау зерттелетін цеолиті бар катализаторларда C₃-C₄ төменгі алкандар қоспасын конверсиялау газохроматографиялық әдіспен сипатталған әдістеме бойынша жүргізілді [3].

Зерттеу нәтижелері және талқылау Bi және Sn (Bi:Sn = 1:5) оксидтерінің қоспасымен 0,5-2% модификацияланған H-ЦКЕ-СФ цеолиттік катализаторларының каталитикалық зерттеулерінің нәтижелері кестеде келтірілген.

Кесте 1

Алкандарының конверсия температурасының өнім құрамына әсері (мас.%) висмут пен қалайы оксидтерінің қоспасымен модификацияланған H-ЦКЕ-СФ цеолит катализаторында (Bi:Sn=1:5 атомдық қатынасында), 240 сағ⁻¹

Катализатор	H-ЦКЕ-СФ											
Модификатор	H-ЦКЕ-СФ		0,5 % (Bi:Sn = 1:5)		1,0 % (Bi:Sn = 1:5)		2,0 % (Bi:Sn = 1:5)					
Температура, °C	550	575	600	550	575	600	550	575	600	550	575	600
Конверсия, %	78,9	82,9	85,3	84,5	84,9	82,7	80,4	78,7	71,0	80,2	77,5	73,4
Көмірсутек газының шығымы, %	54,0	51,7	50,9	53,5	50,7	49,1	57,3	57,3	58,7	56,3	56,8	59,0
Сұйық көмірсутектердің шығымы, %	46,0	48,3	49,1	46,5	49,3	50,9	42,7	42,7	41,3	43,7	43,2	41,0
Газ тәрізді көмірсутектердің құрамы, %												
Метан	30,0	33,7	35,6	28,8	25,1	20,9	21,9	18,1	11,8	21,2	16,6	12,3
Этан	21,7	21,2	19,7	12,9	9,9	7,2	10,1	7,4	4,3	9,8	7,0	4,7
Этилен	3,7	5,7	8,1	5,7	8,3	11,7	5,9	8,5	11,1	5,9	8,7	10,9
Сұйық көмірсутектердің құрамы, %												
Бензол	13,5	14,5	16,4	11,2	10,5	10,7	9,2	9,5	8,4	10,1	9,7	8,6
Толуол	36,9	37,6	39,8	37,0	37,9	36,7	35,7	36,9	35,1	37,4	37,5	35,6
Этилбензол	2,4	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,4	2,4	2,5

Ол сондай-ақ модификацияланған цеолит катализаторларына түседі нафталин туындыларының жалпы концентрациясы C₃-C₄ төменгі алкандар қоспасының 550-600°C-қа айналу температурасының жоғарылауымен, керісінше, көмірсутек газы арасында C₃-C₄ төменгі алкандар қоспасының өзгеруі процесс температурасының жоғарылауымен айтарлықтай артады.

C₂-C₃ төменгі алкендерінің жалпы мөлшері 600 °C-та 20,1% - ға дейін, бастапқы цеолит Н-ЦКЕ-СФ-да 600 °C температурада 13,2 %.

Жұмыста 0,5–2,0 масса мөлшерінде Bi:Sn = 1:5 атомдық қатынасында Bi₂O₃ және SnO₂ қалайы висмут оксидтерінің екілік қоспасымен модификацияланған ПБФ-ті хош иісті көмірсутектерге айналдыру процесін жүргізгеннен кейін цеолит катализаторларының закоксификациясы зерттелді. Жұмыста сипатталған әдістеме бойынша термиялық талдау (ДТА-талдау) арқылы сипатталды[5].

Табиғи газдың C₃-C₄ төменгі алкандарының қоспасын хош иісті көмірсутектерге айналдыру процесінде Bi және Sn оксидтерінің қоспасымен модификацияланған Н-ЦКЕ-СФ типті Н-ZSM-5 цеолит катализаторларын зерттеу C₃-C₄ төменгі алкандар қоспасынан сұйық көмірсутектердің ең көп шығымдылығы Н-ЦКЕ-СФ цеолит катализаторында байқалатынын көрсетті. 0,5% Bi және Sn оксидтерінің қоспасы, Bi:Sn = 1:5 атомдық металл қатынасы висмут пен қалайы оксидтерінің қоспасында және 600 °C температурада 50,9% құрайды, бұл бастапқы N-SKE-SF катализаторынан 1,8% артық.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Радченко Б.Д., Нефедов Б.К., Алиев Р.Р., Промышленные катализаторы гидрогенизации процессов нефтепереработки. М.: Химия, 1987, 224 С.
2. Химия цеолитов и катализ на цеолитах / Под ред. Рабо Дж. М.: Мир, 1980. Т.2. 365 С.
3. Харламов В.В. Гидрирование и изомеризация углеводородов на цеолитных катализаторах // Нефтехимия. 1998. Т.38. № 6. С. 439-457.
4. Лопаткин С.В., Степанов В.Г., Ионе К.Г., Гидропревращения углеводородов C₆-C₈ на никельсодержащих цеолитах // Химия и технология топлив и масел. 2003. № 6, С. 32-38.
5. Смирнов В.К., Талисман Е.Л., Капустин В.М., Бабаева И.А. Промышленный опыт среднетемпературной изомеризации легкой бензиновой фракции // Нефтепереработка и нефтехимия 2005. № 2. С. 14-17.

Исина Ж.А. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)
Даргирхан Н. (Караганда, КарНИУ им. Е.А. Букетова)

МИКРОПЛАСТИК В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ: ИСТОЧНИКИ, ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Пластик, будучи очень устойчивым и сложно разлагаемым в почве [1], становится проблемой для экологии и безопасности окружающей среды, учитывая, что из него образовывается бесчисленное количество микропластика. В науке нет единого мнения о точном размере микрочастиц, но чаще всего микропластик определяют как частицы размером не более 5 мм [1]. Микрочастицы размером менее человеческого волоса, как показано на рисунке 1, способны легко проникать в живые организмы.



Рисунок 1 – Микропластик – невидимый, но всепроникающий [4]

Распространенным явлением считается образование микропластика при износе довольно крупных пластиковых отходов и материалов, например, обычных бутылок для воды и хозяйственных пакетов. Но процесс не ограничивается только этим: многие частицы образуются также при износе автомобильных шин, использовании средств личной гигиены и синтетического текстиля, который человек ежедневно применяет в повседневной жизни. Одежда является одним из крупнейших источников микропластика – на ее долю приходится 35% от общего объема микропластика в океанах [2]. Одежда состоит из разных материалов, таких как полиэстер, акрил и другие синтетические волокна, которые являются разновидностью пластиковых материалов. Также значительный вклад

вносят автомобильные шины и дорожные разметки, выделяющие микрочастицы за счет износа и полимерной краски. Исследования утверждают, что треть всех пластиковых частиц попадает в почву и пресную воду[2]. Соответственно легкие пластиковые частицы могут оказаться в разных точках земли, с помощью потока воздуха, дождей и рек.

Как можно увидеть в таблице 1, пластик и его микрочастицы попадают в окружающую среду не только из отходов, но и, как показывают исследования, напрямую через косметические средства. Это облегчает его проникновение в организм человека через кожу и слизистые, что потенциально вызывает серьезные заболевания, учитывая неспособность нашего организма быстро и эффективно метаболизировать и выводить накопленные в органах и тканях частицы. Микропластика проникая в организм человека может вызывать сложные воспалительные реакции, что приводит к аллергиям, астме и различным другим заболеваниям, которые увеличивают риск развития онкологических заболеваний.

С целью оценки практической значимости проблемы нами был проведен анонимный опрос (n=19). Результаты показали серьезный разрыв между фактами и осведомленностью населения. Так, 84,2% опрошенных (Рис.2) ошибочно считают бутылки главным источником пластика в океане, в то время как на долю одежды приходится 35%[2]. Более половины участников анкетирования (52,6%) впервые узнали, что синтетика выделяет микроволокна при стирке. При этом 42,1% респондентов (Рис. 3) никогда не проверяют состав косметики на наличие полимеров (PE, Nylon), что подтверждает риск прямого проникновения частиц в организм. Однако 63,2% выразили готовность перейти на натуральные ткани, что указывает на потенциал экологического просвещения.

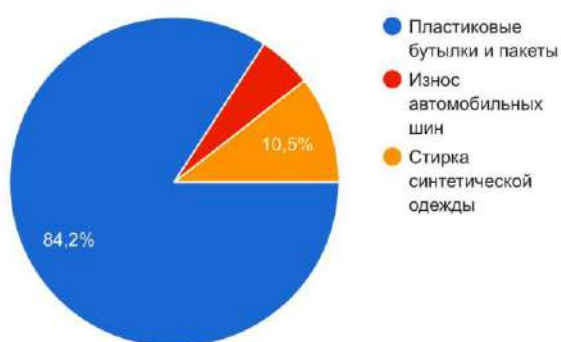


Рисунок 2 – Результаты автоскопического опроса об основных источниках микропластика в океане (n=19).

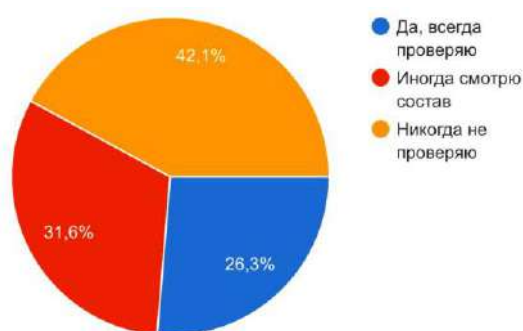


Рисунок 3 – Частота проверки состава косметики на наличие полимеров среди участников опроса (n=19).

Таблица 1 – Микропластик: стоит ли беспокоиться? [3]

Международное название	Русскоязычное название	Аббревиатура	Функция
Polyethylen	Полиэтилен	PE	Используется для механического очищения, пленкообразующая, применяется для изменения консистенции, обеспечение адгезии
Polypropilen	Полипропилен	PP	Наполнитель, агент, повышающий вязкость
Polyethylenterephthalat	Полиэтилентерефталат	PET	Улучшение сцепления компонентов, формирование пленок, фиксация (например, лаки для волос); регулирование густоты состава, декоративные элементы (например, блестящая пена для ванн, тени для век)
Polyamid (Nylon-12, Nylon-6, Nylon-66)	Полиамид (Нейлон-12, Нейлон-6, Нейлон-66)	PA	Эмульгирование, регулирование густоты состава, обеспечение оптического “размытия” (например, морщин)
Polyurethan (Polyurethan-2, Polyurethan-14, Polyurethan-35)	Полиуретан (Полиуретан-2, Полиуретан-14, Полиуретан-35)	PUR	Образование пленок (например, маски для лица, солнцезащитный крем, тушь для ресниц)
polystyrene	Полистирол	PS	Образование пленок

Данная проблема носит глобальный характер с давних времен, и, несмотря на различных источников, где подробно описываются и предлагаются идеи для её решения, необходимы дальнейшие исследования. Наблюдается рост интереса научного сообщества к исследованиям, проводящимся по данной актуальной теме, так как масштабы проблемы увеличиваются с каждым годом. Важно сокращать использование пластика, особенно в производстве различных материалов. В ряде отраслей существует возможность замены пластика на органические материалы, что позволит снизить экологические риски. Снижение негативного воздействия микропластика требует комплексных решений проблем, таких как развитие технологий переработки и создание экологически безопасных альтернативных материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В.В.Пупыкина, И.Н.Захарова. “Осторожно – микропластик: влияние на организм человека и окружающую среду”[Электронный ресурс]. – URL: <https://pediatria.orscience.ru/2658-6630/article/view/635524> (дата обращения: 30.03.2026)
2. Давыдова Ю. “Что такое микропластик”[Электронный ресурс]. – URL: <https://earthtouches.me/articles/2023/11/21/что-такое-микропластик/> (дата обращения: 30.03.2026)
3. Астапович О. “Микропластик: стоит ли беспокоиться?”[Электронный ресурс]. – URL: <https://ecoidea.me/ru/article/1046> (дата обращения: 31.03.2026)
4. Олимова К. “Микропластик – невидимый, но проникающий. В воде, еде, воздухе. Чем опасен для человека микропластик”[Электронный ресурс]. – URL: <https://your.tj/mikroplastik-nevidimyj-no-vsepronikajushhij-v-vode-ed-e-vozduhe-chem-opasen-dlja-cheloveka-mikroplastik/#bounce> (дата обращения: 31.03.2026)

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДСТВАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В условиях четвёртой промышленной революции работодатели ожидают от выпускников вузов не только предметных знаний, но и устойчивых цифровых компетенций: умения критически оценивать большие массивы данных, взаимодействовать с интеллектуальными системами и быстро адаптироваться к технологическим изменениям. Актуальность проблемы определяется противоречием между растущим спросом рынка труда на специалистов с высоким уровнем информационной компетентности и недостаточной разработанностью дидактических механизмов её формирования с применением ИИ-инструментов. Государственная программа «Цифровой Узбекистан — 2030» и Стратегия развития Нового Узбекистана на 2022–2026 гг. прямо указывают на подготовку «цифровых кадров» как приоритетное направление.

Методологическую базу составляют: системно-деятельностный подход (Асмолов, Давыдов), компетентностный подход (Зимняя, Хуторской), концепция персонализированного обучения (С. Dede, MIT) и теория конструктивного выравнивания (J. Biggs). На их основе сформулированы принципы модели: адаптивности, деятельностной направленности, рефлексивности и технологической интеграции.

Университет Аалто (Финляндия): адаптивная ИИ-система повысила успеваемость на 22% и снизила число задолженностей на 31%. Nanyang Technological University (Сингапур): интеллектуальный анализ данных для персонализации программ стажировок увеличил трудоустройство по специальности до 94%. В Узбекистане функционируют платформы Edu.uz и Ziyonet, реализуются проекты Smart Campus. Однако анализ 32 учебных программ ведущих вузов страны показал, что применение ИИ для развития компетентности носит эпизодический, несистемный характер.

Разработана четырёхкомпонентная дидактическая модель: (1) целевой компонент — компетентностные дескрипторы по DigComp 2.2 и отраслевым стандартам; (2) содержательный — модульный учебный материал с ИИ-ассистентами и адаптивными кейсами; (3) процессуальный — цепочка «диагностика → адаптация траектории → деятельность → рефлексия → оценивание»; (4) оценочно-результативный — критерии сформированности по трём уровням: репродуктивный, продуктивный, творческий.

На основе модели разработан интегрированный курс «Цифровые технологии в профессиональной деятельности» (60 ч.): «Работа с данными и ИИ-инструментами» (20 ч.), «Цифровая коммуникация и информационная безопасность» (20 ч.), «Решение профессиональных задач с применением ИИ» (20 ч.). Каждый модуль оснащён адаптивной системой заданий, чат-ботом поддержки и автоматизированным рубрикатором. Эксперимент проводился в 2023–2024 учебном году на базе двух вузов Узбекистана. Участники: 218 студентов (экспериментальная группа — 112 чел., контрольная — 106 чел.) направлений «Информационные технологии» и «Экономика». Диагностика: тест цифровой грамотности (DigComp 2.2, 45 заданий), профессионально-ориентированные задачи, экспертная оценка, шкала самооценки Likert.

На констатирующем этапе значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$). После формирующего этапа в экспериментальной группе: доля студентов с продуктивным и творческим уровнями информационной компетентности — с 34,8% до 71,4% (+36,6 п.п.); профессиональной компетентности — с 29,5% до 66,1% (+36,6 п.п.). В контрольной группе прирост составил 8,4 и 7,9 п.п. соответственно. Достоверность подтверждена критерием Манна–Уитни ($p < 0,01$) и ϕ -критерием Фишера ($\phi^* = 4,37$ при $\phi_{кр} = 2,31$). По опросу 38 работодателей-партнёров, 84,2% положительно оценили компетенции выпускников экспериментальных групп (контрольные — 51,6%); наиболее высоко отмечены: работа с ИИ для анализа данных (91%), критическая оценка информации (87%), проектирование решений с применением технологий (79%).

Разработанная дидактическая модель представляет собой теоретически обоснованное и экспериментально верифицированное педагогическое решение. Прирост компетентностных показателей в экспериментальных группах в 4,4 раза превысил аналогичный показатель контрольных групп. Разработанные электронные образовательные ресурсы и методические материалы готовы к масштабированию в системе высшего образования Узбекистана. Перспективное направление — генеративные ИИ-модели для автоматической персонализации учебных траекторий на основе непрерывного анализа образовательных данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Хуторской А.В. Компетентностный подход в обучении. — М.: Эйдос, 2013. — 73 с.
2. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education. — Boston: CCR, 2019. — 172 p.
3. Vuorikari R. et al. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. — Luxembourg: EU, 2022. — 104 p.
4. Юсупова Д.Р. Рақамли таълим муҳитида компетенцияни ривожлантириши // Замонавий таълим. — 2023. — №4. — Б. 18–26.
5. Постановление Президента РУз «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан — 2030»» № ПП-4947 от 05.10.2020.

ТЕХНОГЕНДІ ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚ ЖӘНЕ ОНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ
БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Индустриаландыру мен урбанизация процесінің нәтижесінде қоршаған орта, соның ішінде топырақ жамылғысы түрлі ластаушы заттармен — ауыр металдар, мұнай өнімдері, тұрмыстық және өндірістік қалдықтармен — ластануда. Бұл техногендік ластанулар топырақтағы тірі организмдердің тіршілігіне кері әсер етіп, оның биологиялық белсенділігін төмендетеді. Топырақтың экожүйелік қызметтері, атап айтқанда органикалық заттардың ыдырауы, қоректік элементтердің айналымы және өсімдіктермен өзара әрекеттесуі бұзылады.

Техногендік ластану көздері. Негізгі ластаушыларға ауыр металдар (кадмий, қорғасын, сынап), көмірсутектер, пестицидтер мен басқа да химиялық қосылыстар жатады. Бұл заттар топырақтың физикалық және химиялық қасиеттерін өзгертеді, яғни рН деңгейін, құрылымын, ылғалдылығын және аэрациясын нашарлатады [1].

Биологиялық белсенділік көрсеткіштері. Топырақтың биологиялық белсенділігі оның ферменттік белсенділігімен, микробиологиялық құрамымен және тыныс алу қарқындылығымен сипатталады. Мысалы, каталаза, дегидрогеназа сияқты ферменттердің белсенділігі топырақтағы тірі организмдердің тіршілігін көрсетеді.

Биологиялық белсенділікті зерттеу үшін микробиологиялық (CFU санау, микроб қауымдастықтарын анықтау), биохимиялық (ферменттік белсенділікті бағалау), және физика-химиялық әдістер (рН, редокс-потенциал) қолданылады [2].

Қалпына келтіру жолдары. Ластанған топырақты қалпына келтіру үшін биоремедиация, фиторемедиация, компосттау, биоөнемдеу әдістері қолданылады. Әсіресе, топырақ микрофлорасын қалпына келтіру мақсатында биопрепараттар мен микробтық инокулянттар тиімді болып табылады.

Микроағзалар топырақта тіршілік ететін тірі ағзаның ішіндегі көп зерттелген тобы болып табылады. Ол Е.Н. Мишустин және оның шәкірттерінің еңбектерімен байланысты.

Топырақтағы микроскопиялық тіршілік иелері көп және алуан түрлі. Топырақтағы микроағзалардың негізгі топтарын бактериялар, саңырауқұлақтар, актиномицеттер, көптеген балдырлар құрайды. Бұл ағзалар өте кішкентай көлемдерімен (бактериальды клетканың массасы $2,25 \cdot 10^{12}$ г, көлденеңіне 0,5.....1,0 мкм) ерекшеленеді. Олар өте қысқа уақыт тіршілік етуімен (бірнеше сағаттан бірнеше күнге дейін), өте жоғары

ферментативті белсенділігімен, қоршаған ортаның аздаған өзгерістеріне сезімталдылықтармен және токсиндер бөлуімен сипатталынады. Мысалы: саңырауқұлақтарда белгілі жағдайларда микотоксиндердің бөлінуі [3].

Оттегіне қатысты оларды аэробтарға (оттегін қажет ететіндер) және анаэробтарға (оттегінсіз өмір сүретіндер) деп, қоректенуіне қарай автотрофты (өздері органикалық заттар түзетіндер) және гетеротрофтар (дайын органикалық заттармен қоректенетіндер) деп бөледі. Микроағзалардың саны топырақтың экологиялық факторларына тәуелді өзгеріп отырады.

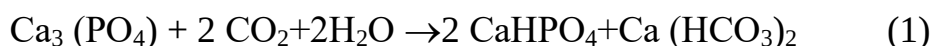
Микроағзалар биогеоценоздағы зат айналымда маңызды роль атқарады. Олар органикалық қалдықтарды минералдап, экожүйенің биологиялық циклдерін жалғайды.

Жыл сайын құрлықта өте көп фитомасса $(115-117) \cdot 10^{19} \text{т}$ синтезделеді, оның түсім бөлегіне $(20-50) \cdot 10^9 \text{т}$ келеді. Фитомассаның жартысын жануарлар (6-20%) жеп, оны топыраққа экскремент (10-60%) түрінде береді. Түрлі әрекеті кезіндегі бөліністері арқылы тамыр және тамыр жүйесіде биомассаны толықтырады. Ол өсімдік фитомассасының 20-90% құрайды [2].

Осы органикалық заттардың айтарлықтай көлемі топырақ микроағзалардың әрекеті нәтижесінде минералданады. Олар күрделі органикалық қосылыстар күйінен өсімдіктерге сіңімді минералды түрге ауысады. Негізгі ыдыратушылар микроағзалар болып табылады. Ыдырау кезіндегі көміртегі диоксидінің 85%-і микроағзалар несібесіне, ал 15%-і топырақ жануарларына тиеді. Аэробты жағдайларда саңырауқұлақтар 2/3-ін, бактериялар 1/3 береді. Ары қарай минералды қосылыстардан органикалық заттар синтезделеді. Осылайша биологиялық айналым жүреді.

Органикалық заттардың трансформациясымен микробты метаболизмнің газ тәріздес өнімдерінің алмасуы топырақтағы микроағзалармен І-шілік және ІІ-шілік топырақ минералдарының өзара әрекеттесуімен жүреді. Осы процестің биосфера үшін маңыздылығын фотосинтезбен молекулалы азот фиксациясымен қатар қоюға болады. Себебі минералды элементтер жердегі барлық тірі ағзалар үшін өте қажет. Олардың қатысуынсыз органикалық заттардың түзілуі мүмкін емес. [4].

Топырақтың минералды бөлігі топырақ микроағзаларының тіршілік әрекеті нәтижесінде түзілген, олар органикалық және бейорганикалық қышқылдың, сілтінің, ферменттің және басқа қосылыстардың әсерінен бұзылып отырады. Мысалы: нитрификация процесі кезінде нитрификациялайтын микроағзалар күшті азот қышқылын бөледі. Осы процеске қолайлы жағдай туса, 1 жылда топырақтың 1 га-да 300 кг-ға дейін нитрат түзілуі мүмкін болар еді. Микроағзалардың тыныс алу процесі кезінде түзілетін көмірқышқыл диоксиді минералдың еруіне тікелей әсер етеді. Мысалы: ерімейтін фосфаттар көмірқышқыл газында көміртегімен судың және микроағзалардың өзара әрекеті нәтижесінде ериді.



Осы процестің қаншалықты қарқынды жүруіне байланысты өсімдіктер қажетті элементтермен, энергиямен қамтамасыз етіледі.

Топырақта органикалық қалдықтардың ыдырауымен қатар гумификация процесі де жүреді. Осы процестерде микроағзалардың маңызы зор. Барлық өлі органикалық заттар топырақта биологиялық ыдыраумен қышқылдануға – гумификацияға ұшырай отырып, әдетте топырақты субстраттың тұрақты химиялық субстанциясы – гумусты заттарға айналдырады. өсімдіктер мен жануарлар қалдықтарының гумификациясы кезінде деструкторлардың ауысымы байқалады. Олардың түрлерінің құрамы мен даму жылдамдығы өсімдіктер мен жануарлар қалдықтарының құрамына кіретін органикалық қосылыстарға байланысты болып келеді. Осы кезде органикалық қалдықтардың ыдырауымен қатар жаңа органикалық қосылыстардың синтезделуі жүреді. Органикалық қалдықтардың ыдырау өнімдері көбіне топырақтың спецификалық органикалық заттары – фульво және гумин қышқылының синтезделуіне жұмсалады.

Фульво қышқылы топырақ фаунасы нашар, қышқылды ортада түзіледі. Ал гумин қышқылы әлсіз сілтілі, деструкторлары көптеп кездесетін (әсіресе, омыртқасыздар мен жауынкұрттар) топырақта түзіледі. Заттар айналымымен гумус түзе отырып ыдырайтын органикалық заттар процесі топырақта тіршілік ететін ағзалардың биохимиялық ферментативті процесінің жүруінің нәтижесі болып табылады. Осы өте күрделі жұмыстарды 1 га жерде бірнеше ғана тонна биомассасы бар ағзалар атқарады. Зат айналымының жылдамдығының жоғарылауы нәтижесінде деструкторлардың биомассалары бірнеше есе өседі және жоғары өсімдіктердің өнімінің жылдық артуына әсер ететінін ескеру керек [5].

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Вилесов Г.И., Давыдова О.Е., Мальцева Н.Н., Дульнев Г., Волкогон В.В., Черняева И.И. Биологическая фиксация молекулярного азота при использовании аммонийно-карбонатных соединений //Микробиол. ж.- 1997. Т.59. № 4. С.51-59.
2. Глаголева О.Б., Умаров М.М., Злотников А.К. Нитрогеназная активность ризосферных diaзотрофных бактерий в чистых и смешанных культурах //Микробиология.- 1994. Т.63. № 2. С.221-227.
3. Муромец Е.М., Белавина Н.В., Миронова Т.Н., Каменева С.В. Синтез индолилуксусной кислоты сапрофитной бактерией *Agrobacterium radiobacter* //Микробиология.- 1997. Т.66. № 4. С.506-513.
4. Ожиганова Г.У. Эффективность использования бактерий рода *Azotobacter* для инокуляции семян *Amarantus cruentus* // Диссертация на соискание ученой степени к. биол. наук, Казань. 1993. 186 с.
5. Rajaramamohan R. V., Adhya T.K., Patnaik G.K. et al. Potentials of associative nitrogen fixation for sustainable rice cultivation: 15th World Congr. Soil Sci., Acapulco, July, 1994: Trans. Vol. 4b. Commiss. 3. Poster Sess.- Mexico, 1994. P.185.

ҚТҚ ПОЛИГОНДАРЫНДА БИОГАЗДЫ КӘДЕГЕ ЖАРАТУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ

Қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) полигондарында қалдықтардың қайта өңделуі мен энергияға айналдыру мәселесі қазіргі таңда экология мен экономика үшін аса маңызды. ҚТҚ полигондарында органикалық қалдықтар биологиялық ыдырау процесінде метан (CH_4) сияқты парниктік газдарды бөледі. Бұл газдар атмосфераға шығу кезінде ғаламдық жылынуға себепші болады. Сол себепті биогазды жинау және оны энергия көздері ретінде пайдалану экологиялық таза шешім болып табылады.

1. Биогаз өндірісі және оның ерекшеліктері

Биогаз – органикалық қалдықтардың анаэробты (оттексіз) ыдырауы нәтижесінде алынатын газ қоспасы. Оның құрамында негізінен:

- метан (50–70%);
- көмірқышқыл газы (30–50%);
- аз мөлшерде сутек, аммиак және басқа газдар.

Биогазды энергетикалық мақсатта пайдалану бірнеше формада жүзеге асады:

1. Электр энергиясын өндіру.
2. Жылу энергиясын өндіру.
3. Газды тазалап, табиғи газ желісіне қосу.

2. Экологиялық тиімділігі

Биогазды пайдалану келесі экологиялық артықшылықтарды береді:

- парниктік газдардың азаюы: метанның атмосфераға шығуын болдырмай, ғаламдық жылынуға әсерін төмендетеді;
- қалдық көлемін азайту: полигондарда қалдықтардың органикалық бөлігінің ыдырауы жылдамдап, полигон көлемі азаяды;
- жер және су ластануын азайту: органикалық қалдықтар тұрақтандырылып, сұйық ағулар мен топыраққа зиянды заттардың түсуі азаяды.

3. Экономикалық тиімділігі

Биогазды кәдеге жаратудың экономикалық пайдасы бірнеше бағытта көрінеді:

- энергия өндіру: электр немесе жылу энергиясын өндіру арқылы қалдықтан қосымша табыс алу мүмкіндігі;
- отын шығынын үнемдеу: биогазды газ немесе отын ретінде пайдалану дәстүрлі энергия көздеріне тәуелділікті азайтады;

- жұмыс орындарын құру: полигондарда биогаз жобаларын жүзеге асыру қосымша техникалық және қызмет көрсету персоналына сұраныс туғызады;

- қалдықты қайта өңдеуден қосымша өнім алу: биогаз өндірісінен кейін қалған шлам тыңайтқыш ретінде ауыл шаруашылығында қолдануға жарамды [1].

4. Қолдану тәжірибесі

Әлемде және Қазақстанда биогазды кәдеге жарату тәжірибесі кеңейіп келеді. Мысалы:

- Алматы қаласының қалдық полигонында биогаз жинау жобасы іске қосылған.

- Астана қаласында полигондағы метанды электр энергиясына айналдыратын пилоттық жоба жүзеге асырылуда.

Қазақстанда ҚТҚ полигондарында биогаз өндірісінің потенциалы - ғылыми-экономикалық талдау

1. ҚТҚ көлемі және органикалық қалдықтар

Қазақстанда әр жыл сайын шамамен 4,5–5,0 млн тонна қатты тұрмыстық қалдық жиналады. Бұл көлемнің көпшілігі полигондарға түседі, ал қайта өңдеу төмен деңгейде (шамамен 15-18%) жүзеге асады.

Статистикаға байланысты жыл сайын қордаланып жатқан ҚТҚ-ның шамамен 37%-ы (~2 млн тонна) биогаз өндіру үшін пайдалануға жарамды екені белгіленген.

Бұл дегеніміз: жыл сайынғы ҚТҚ-ның үлкен бөлігі энергияға айналуы мүмкін.

2. Биогаз өндірудің техникалық көрсеткіштері:

- биогаз потенциалы (орташа есеп)

Биогаз шығымы:

Тұрмыстық қатты қалдықтың 1 тоннасы негізінен 170–200 м³ биогаз бере алады. Бұл биогаздың шамамен 50-70%-ы метанға тең (метан - маңызды энергия компоненті).

Кесте 1

Қазақстанның мүмкін потенциалы (қарапайым есеп):

ҚТҚ көлемі	Биогаз мөлшері (орташа)	Жылдық биогаз потенциалы
2,000,000 т	170 м ³ /т	~340,000,000 м ³ биогаз
2,000,000 т	200 м ³ /т	~400,000,000 м ³ биогаз

3) Энергетикалық тиімділік. Биогаздың энергетикалық мәні:

1 м³ биогаз шамамен 0,5 м³ табиғи газға тең энергетикалық құндылыққа ие. Калькуляция бойынша:

$340,000,000 \text{ м}^3 \times 0,5 = \sim 170,000,000 \text{ м}^3$ табиғи газ эквиваленті. Яғни, тек бір полигоннан алынатын биогаз жылына мыңдаған үйлерге жылу/күш түрінде энергия беруге ықпал ете алады - бұл Қазақстанның энергетикалық жүйесі үшін маңызды резерв.

4) Электр энергиясына шығыс. Егер биогаз электр генераторында жағылса: орташа есеппен $1 \text{ м}^3 \text{ биогаз} \rightarrow \approx 0,5\text{--}0,6 \text{ кВт}\cdot\text{сағ}$ электр энергиясы өндіре алады. Жылдық қуат есептеуі:

- $340,000,000 \text{ м}^3 \times 0.5 \text{ кВт}\cdot\text{сағ} \approx 170,000,000 \text{ кВт}\cdot\text{сағ/жыл}$

- $400,000,000 \text{ м}^3 \times 0.5 \text{ кВт}\cdot\text{сағ} \approx 200,000,000 \text{ кВт}\cdot\text{сағ/жыл}$

Бұл Қазақстанға бірнеше ірі аудандарды электрмен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

5) Экологиялық әсер

Парниктік газдардың азаюы. Метан - парниктік газ ретінде өте күшті (CO_2 -ден 28 есе артық жылу ұстайды 100 жылдық аралықта). Егер осы 340–400 млн м^3 биогаз жинап, жағылмаса, онда ол атмосфераға жай шығарылатын болса, үлкен көлемде парниктік газдар таралу ықтималдығы болады [2].

Биогазды пайдалану:

ҚТҚ полигондарынан метанның атмосфераға шығуын азайтады, парниктік газдың жалпы эмиссиясын төмендетеді. Бұл - климаттың жылынуына ықпалды әлсірету стратегиясына тікелей үлес болып табылады.

6) Экономикалық тиімділігі. Тікелей артықшылықтар:

- энергияға тәуелділікті төмендету: биогазды энергия ретінде қолдану импортталатын газды алмастыруға мүмкіндік береді;

- электр энергиясы өндірісі: электр генерациясы арқылы коммерциялық табыс алу мүмкіндігі.

Қалдықты қысқарту: полигон көлемін азайтып, қоқыс көму шығындарын қысқартады.

Жұмыс орындары: жобаларды іске асыру қосымша кадрлар мен техникалық қызмет көрсетуді қажет етеді.

ҚТҚ полигондарында биогазды жинау мен кәдеге жарату:

- экологияны жақсартады (парниктік газдарды азайтады);

- энергияны тиімді қайтарады (электр/жылу энергиясы);

- экономикалық пайдалы (энергияны сату, шығындарды төмендету);

- ұлттық стратегияларға (көміртекті бейтараптық, энергия қауіпсіздігі) сәйкес келеді.

ҚТҚ полигондарында биогазды кәдеге жарату экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді. Ол парниктік газдардың шығарындыларын азайтып, қалдықтарды басқаруды жақсартады, сондай-ақ энергия үнемдеуге және қосымша табыс алуға мүмкіндік береді. Қазақстандағы қалдық полигоны инфрақұрылымын жаңғырту мен биогаз жобаларын кеңейту елдің тұрақты дамуына үлес қосады [3].

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Biomethane production as a green energy source from anaerobic digestion of municipal solid waste: A state-of-the-art review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 53, 2023.

2. Салимбаева Р.А., Оразбек А. Оценка использования свалочного газа в Республике Казахстан.

3. В.Баадер, Е.Доне. Биогаз: теория и практика/Пер.с нем.Монография. -М.:Колос,1983-148с.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ НА КАЧЕСТВО НАЦИОНАЛЬНЫХ СОРТОВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

При выработке хлебобулочных изделий использовали биологическую добавку молочный альбумин – вторичное сырье в производстве творога, т.е. молочная сыворотка.

Биологическая добавка - молочный альбумин получают из молочной сыворотки путем тепловой обработки с одновременным введением кислой сыворотки или соды.

Альбумин - гидрофильный сывороточный белок. Он хорошо сбалансирован по аминокислотному составу (содержит много незаменимых аминокислот).

Экспериментальные исследования проводили в лаборатории Бухарского государственного технического института на кафедре «Пищевая технология и сервис»

В работе определяли оптимальную дозу биологической добавки - альбумина при приготовлении хлебобулочных изделий. Тесто готовили опарным способом с использованием прессованных дрожжей. Альбумин добавляли при замесе теста в определенных количествах к массе муки. Все технологические параметры были такими же, какие приняты на производстве

Нами было исследованы два варианта введения биологической добавки-альбумина в тесто - при приготовлении опары и при замесе теста. Исследования показали, что введение альбумина при замесе теста способствует улучшению качества готовых изделий. Внесение его в опару увеличивает влажность и кислотность теста, а также готовых изделий. Мякиш хлебобулочных изделий темнеет, становится липким и неэластичным, о чем свидетельствуют данные таблица № 1.

Таблица 1.

Показатели	Контроль (Без альбумина)	Внесение альбумина	
		В опару	В тесто
Влажность, %	44	46	44
Кислотность, град	3,0	3,6	2,9
Состояние мякиша	Не липкий эластичный	Липкий на ощупь, неэластичный	Не липкий, эластичный
Цвет мякиша	Светло-коричневый	Темный	Золотистый

Полученные данные свидетельствуют, что при добавлении биологической добавки - альбумина от 2 до 4 % показатели качества хлебобулочных изделий соответствуют контролю. При дозе альбумина 4-6

% улучшается структура пористости мякиша и его физические свойства становится более мягким и нежным на ощупь; объем хлебобулочных изделий увеличивается. Такие изделия в течение более длительного времени сохраняют свежесть (мякиш хлебобулочных изделий не утрачивает мягкость, а корка-хрупкость) /1,2/

Добавление 8% (к массе муки) биологической добавки - альбумина и более ухудшает качество хлебобулочных изделий. Они становятся малообъемными, влажными на ощупь. Несмотря на то, что мякиш светлеет, наблюдается его уплотнение. Окраска корки более бледная по сравнению с контрольным образцом.

Известно, что недостатком хлебобулочных изделий является быстрая потеря ими свежести. Это можно объяснить большой удельной поверхностью изделия и малым содержанием мякиша в поперечном сечении. Опыты показали, что добавление биологической добавки - альбумина позволяет улучшить качество мякиша, окраску корки, вкус и аромат, дольше сохранить свежей.

Хлебобулочные изделия выпеченные с биологическими добавками, неповторимыми своими ароматами, свежеспеченный лепешек обязан сложному химическому соединению. Ученые, открывшие это вещество, считают, что с его помощью можно «омолаживать» лепешек, например, недельной давности./3,4/.

Один из критериев диетической ценности например национальных лепешек – его кислотность. По кислотным показателям лепешки бывают на нектисый (1-20) , слабо кистый (2-40), кистый (4-70), и явно кистый (7-100).

Все диетические сорта национальных сортов хлебобулочных изделий полезны при болезнях сердца и кровеносных сосудах, толстого кишечника и периодически каждому пожилому человеку. Иногда эти лепешки благоприятно влияют на лечение гастритов, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки с повышенной кислотностью желудочного содержимого.

Таким образом, применение биологической добавки - альбумина при выработке хлебобулочных изделий повышает его биологическую ценность и улучшает качество. На основании исследований нами разработан новый вид национальных сортов хлебобулочных изделий, отличающийся большим содержанием незаменимых аминокислот.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Kamalova Matlyuba Bakaevna, Umurova Elnora Nozimovna *STUDYING OF PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF NITROGEN FERTILIZERS* European Scholar Journal (ESJ) vol.2 No.6, June 2021, ISSN: 2660-5562.
2. Matluba Bakaevna Kamalova, Nargiza Nusratovna Sabirova *FOOD ADDITIVE ON THE BASIS OF MILK SERUM IN THE PRODUCTION OF NATIONAL VARIETIES OF BAKERY PRODUCTS.* International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 8, Issue 4, April 2021, ISSN: 2350-0328.-p. 27-29.

ГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН
ВОЛЬТАМПЕРМЕТРЛІК ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ

Табиғи қосылыстар мен олардың жасанды туындыларының биологиялық белсенділігін зерттеулерге мұқият назар аударылуға байланысты, осы мәселелерді шешудің қарапайым және экспресс әдістерін қолдану өзекті болып табылады. Тәжірибелерді *in vivo* жүргізудің күрделілігі және құны қымбат болуына байланысты биологиялық белсенділіктің кейбір түрлерін зерттеу үшін физика-химиялық талдау әдістері кәзіргі кезде кеңінен қолданылуда. Мұндай әдістерге электрохимиялық әдістер жатады, олардың қолданылу аясы электр белсенді бөлшектердің қатысуымен жүретін электрохимиялық үрдістерді зерттеумен байланысты [1,2]. Гуминдік қосылыстардың биологиялық белсенділігін зерттеу үшін электрохимиялық әдістерді қолдану мүмкіндіктерін кеңейту мақсатында біз олардың антиоксиданттық белсенділігін вольтамперметрлік әдіспен анықтадық.

Тәжірибе нәтижелеріне сәйкес Тоғызқұдық көмір кен орнының қоңыр көмірінен бөлініп алынған гумин қышқылдарының антиоксиданттық белсенділігі осы кеніштің көмірінің белсенділігіне қарағанда жоғары (1-кесте).

1-кесте-Үлгілердің антиоксиданттық белсенділігін зерттеу нәтижелері (n=3, p=0.95)

№р /с	Үлгі	C _{бас} , г/мл	Концентрация диапазоны, г/мл	K _{АО} , мкмоль/ л-мин	r	S _r
1	Қоңыр көмір	0,1	$2 \cdot 10^{-4}$ - $2 \cdot 10^{-3}$	188,70	0,997	0,07
2	Гумин қышқылы	0,1	$2 \cdot 10^{-4}$ - $3 \cdot 10^{-3}$	258,49	0,997	0,06
3	Қоңыр көмір	0,01	$2 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-3}$	163,30	0,986	0,06
4	Гумин қышқылы	0,01	$2 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-3}$	194,7	0,989	0,08

n – параллель өлшемдердің саны, p – қателерді анықтау ықтималдығы, S_r – анықтау қателігі (r -параллель өлшемдердің стандартты ауытқуы), K_{АО}, мкмоль/л-мин – жалпы антиоксиданттық белсенділіктің коэффициенті.

Зерттелген қосылыстардың үлгілерінде гумин қышқылдары тотығу процестерін тежеуге қатысты ең үлкен белсенділікті көрсетеді, ал ең азы – бастапқы көмір. Көмірдің құрылымында бәсекеге қабілетті тотығу

орталықтарының болуына қарамастан, ЭВ O_2 тогының төмендеу дәрежесі антиоксиданттық белсенділіктің көрсеткіші ретінде орташа болды.

Тотығуды тежеудің мұндай айқын әсері гумин қышқылдарының құрамындағы жеңіл тотығуға ұшырайтын белсенді қос байланыстардың болуымен байланысты. Тоғызқұдық кен орнының көмір үлгілері орташа антиоксиданттық белсенділікті көрсетті, өйткені оның құрылымында бәсекелес реакция орталықтары бар. Бұған себеп көмірдегі гидроксильді топтар ацильді орынбасарлармен қорғалған, бұл осы топтардың тотығуын айтарлықтай қиындатады. Тотығу кезінде белсенділігі жоғары қос байланыстар және гидроксил топтары оттегі радикалдарымен өзара әрекеттесетін реакция орталығының белсенділігін төмендетеді [3].

Осылайша, катодты вольтамперметрия әдісімен көмір үлгілерінің антиоксиданттық белсенділігі мен олардан сілтілі реагенттердің көмегімен алу өнімдері салыстырылды. Барлық зерттелетін заттар оттегінің электрмен тотықсыздану тогын (ЭВ O_2) төмендетеді, потенциал оң аймаққа ауысып, одан әрі жүретін химиялық реакциялар белсенді оттегі радикалдарымен антиоксиданттардың электр химиялық-химиялық механизмді анықтауға мүмкіндік береді.

Антиоксиданттық белсенділікті зерттеулер дербес компьютерге қосылған "СТА–2" вольтамперметрлік анализаторында ("Полиант" ҰКП, Ресей) орындалды. Жұмыста катодты вольтамперметрияның тұрақты ток режимі пайдаланылды, потенциалдың өзгеру жылдамдығы $W = 30$ мВ/с, потенциалдардың жұмыс диапазоны 0,0-ден -0,8 В-қа дейін, ерітіндіні араластыру уақыты 20 сек, тыныштандыру уақыты 10 сек. Электрохимиялық ұяшық фондық электролит ерітіндісі мен оған батырылған электродтары бар шыны стакан болды. Өлшеу үшін индикаторлық сынап-пленкалы электроды қолданылды, салыстыру электроды және көмекші электрод ретінде хлор-күміс электродтар қолданылды. Фондық ерітінді ретінде 0,1 М натрий перхлоратының спиртті ерітіндісі қолданылды. Көмір мен гумин қышқылдарының стандартты ерітінділерін дайындау үшін этанол қолданылды.

Бұл әдістің артықшылықтарына мыналар жатады: үлгілерді аз мөлшерде қолдану, әдістің жылдамдығы, жабдықтың қарапайымдылығы мен арзандығы, талдау жүргізу үшін қымбат реактивтерге қажеттіліктің болмауы.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Бузлама, А.В. Анализ фармакологических свойств, механизмов действия и перспектив применения гуминовых веществ в медицине / А.В. Бузлама Ю.Н. Чернов // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2010. – Т. 73, № 9. – С. 43–48.
2. Comparative evaluation of humic substances in oral drug delivery / M.A. Mirza, N. Ahmad, S.P. Agarwal et al. // Results in Pharma Sciences. – 2011. – Vol. 1, N 1. – P. 16–26.
3. Physicochemical characterization and antioxidant activity of humic acids isolated from peat of various origins / M.V. Zykova, I.A. Schepetkin, M.V. Belousov et al. // Molecules. – 2018. – Vol. 23, N 4. – P. 753.

ӘӨЖ 581.192.2

Кәрімжанова С.Е. (Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

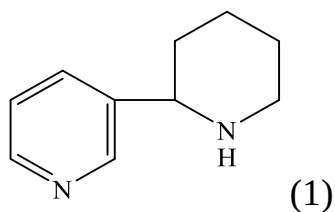
Құрбанқұл А.А. (Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

Тәжібай А.М. (Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

АНАБАЗИН АЛКАЛОИДЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Алкалоидтар деп өте күрделі құрамы бар өсімдік ағзасында дайын түрде кездесетін күшті фармакологиялық әрекет көрсететін азотты органикалық қосылыстарды айтамыз.

Анабазин $C_{10}H_{14}N_2$ – жапырақсыз бүлдіргенде және темекіде кездесетін алкалоид (1). Изомері – никотин. Суда, жарықта сарғаятын түссіз тұтқыр сұйық, қайнау температурасы $276^{\circ}C$. Суда, органикалық ерітінділерде жақсы ериді, тұздар түзеді. Анабазин – улы зат, улылығы 5,0 – 10,2 мг/кг. Оның организмге әсері никотиндей ганглионарлы. Аз мөлшерде орталық жүйке жүйесін қоздырады. Нәтижесінде тыныс алуды жиілетіп, артериялық қан қысымын көбейтеді. Тері арқылы денеге жеңіл сіңіп, уландырады. Анабазиннің хлор-сутекті тұзы темекі тарту әдетін қойдыруға жақсы әсер етеді. Анабазин сульфатты инсектицид ретінде, сондай-ақ үй жануарларын емдеуге қолданылады. Бірақ анабазиннің улылығы жоғары болғандықтан өндіруге тыйым салынған.



Алкалоид анабазин өсімдік шикізатында қышқыл тұз түрінде болады. Анабазинді оксалаттан оқшаулау үшін алдымен ыстық сумен және сорғыш каустикалық содамен өңделеді [1].

Анабазин алкалоидынан N-аминоанабазин - оптикалық белсенді гидразинге ұқсас зат синтезделеді. Атап айтқанда, анабазин нитрозирленеді, нитрозогруппаны қалпына келтіреді, алынған гидразинді α-кетоқышқылымен немесе оның эфирімен реакцияға енгізеді және қалпына келтіреді. Бұл жағдайда алдымен CN байланысы қалпына келеді, содан кейін n-p байланысының гидрогенолизі жүреді. Оптикалық белсенділік тасымалдаушысы - анабазин жоғары шығу реакциясынан рацемизациясыз қайта оралады. Амин қышқылына келетін болсақ, оның түзілу процесі стерео бағытта жүреді, өйткені n-p байланысының гидрогенолизі тікелей гидра аймағында бәсекеге қабілетті. Сонымен қатар, стереоспецификалық реакция үшін тиісті гидразонның белгілі бір конформациясы қажет.

Алкалоид анабазин гетероциклді негіз ретінде қышқылдармен оңай кристалданатын тұздар түзетіні белгілі. Тиісті қышқылдардың қатысуымен анабазин кейбір металдардың тұздарымен де әрекеттеседі.

Анабазин сульфаты-қара қоңыр түсті мөлдір сұйықтық. Өнеркәсіпте 40%-ға дейін әртүрлі алкалоидтардан тұратын сулы ерітінді түрінде шығарылады, оның ішінде 30% - ға дейін анабазин алкалоиды, ең улы [2].

Анабазин органикалық еріткіштермен қышқылдан да, сілтілі су ерітінділерінен де алынады. Алайда, анабазиннің көп мөлшері сілтілі Сулы ерітінділерден алынады, олардан ол су буымен ыдырамай тазартылады.

Анабазин гидрохлориді темекі шегуден бас тартуды жеңілдету үшін таблетка түрінде қолданылады. Қара бүлдіргеннен жапырақсыз оқшауланған алкалоид сульфаттарының қосындысы өсімдік зиянкестерімен күресу үшін ауыл шаруашылығында қолданылады. Осы мақсатта анабадуст та қолданылады. Анабазин ветеринарияда жануарлардың битімен күресу үшін, жануарлардағы қоңырау құрты мен қышыманы емдеу үшін және т. б. қолданылады.

Аз мөлшерде анабазин орталық жүйке жүйесін қоздырады, тыныс алуды күшейтеді, қан қысымын жоғарылатады, вегетативті жүйке жүйесінің ганглиясын қоздырады. Үлкен дозаларда анабазин вегетативті ганглиялардың ингибиторлық және парализдік әсеріне ие. Анабазин ағзаға ингаляциялық ауамен, сондай-ақ зақымдалмаған тері арқылы енеді және ауыр улануды тудыруы мүмкін. Ағзадан несеппен шығарылады. Анабазиннің метаболизмі жеткілікті зерттелмеген.

Биологиялық материалдан анабазинді бөліп алу. Анабазинді оқшаулау үшін алкалоидтарды күкірт қышқылымен қышқылданған сумен оқшаулауға негізделген әдіс, сондай-ақ су буымен айдау әдісі қолданылады.

Анабазинді оқшаулау әдістерінің бірі биологиялық материал күкірт қышқылымен қышқылданған сумен талап етілетіндігіне негізделген. Алынған қышқыл сорғыш сүзіледі немесе центрифугаланады, сілтіленеді және хлороформмен немесе анабазин негізі өтетін басқа органикалық еріткіштермен араластырылады[3].

Анабазин негізінің өзгергіштігін ескере отырып, хлороформ сығындысы сутегі хлоридімен қаныққан. Нәтижесінде анабазиннің негізі осы алкалоидтың ұшпайтын гидрохлоридіне өтеді. Осыдан кейін хлороформ сығындысы құрғақ болады. Құрғақ қалдықта анабазиннің болуы анықталады. Биологиялық материалдан анабазинді оқшаулау әдісі төменде келтірілген[4].

Хлороформ сығындысын хлорлы сутегі газымен қанықтыру үшін сыйымдылығы 50-100 мл Вюрц колбасы алынады, оған 25 мл тұз қышқылы ерітіндісі қосылады (тығыздығы 1,19). Вюрц колбасы концентрацияланған күкірт қышқылы (тығыздығы 1,84) қосылған тамшылатып шұңқырмен тығынмен жабылған. Содан кейін концентрацияланған күкірт қышқылы тамшылатып ваннадан тұз қышқылына тамшыларға қосылады. Бұл

жағдайда хлорлы сутегі газы шығарылады, ол 2-3 минут ішінде анабазині бар биологиялық материалдан хлороформ сығындысы арқылы өтеді.

Сутегі хлоридін алу және хлороформды сығындымен қанықтыру тарту арқылы жүзеге асырылады. Сыйымдылығы 500 мл стаканға 100г ұсақталған биологиялық материал (асқазан сөлі және т.б.) енгізіліп, сұйықтық зерттелетін объектінің қатты бөлшектерін толығымен жабатындай етіп 0,02 Н. күкірт қышқылының ерітіндісі құйылады. Қоспа жақсы араластырылып, рН әмбебап индикатормен тексеріледі (қоспаның рН ~ 2,5 болуы керек). Қажет болса, күкірт қышқылының 10% ерітіндісін рН = 2,5 дейін қосыңыз. Қоспа мезгіл-мезгіл араластырылған кезде 2 сағатқа қалдырылады, содан кейін су сығындысы төгіліп, дәке арқылы сүзіледі, ал биологиялық материал жоғарыда айтылғандай 0,02 Н жаңа бөліктерімен тағы 2 рет тұндырылады.күкірт қышқылы ерітіндісі. Су сығындылары біріктіріліп, центрифугаланады, центрифугалау үшін стаканға (пробиркаға) өткізіледі. Центрифугат ағызылады, стаканда (пробиркада) қалған қатты қалдық шыны таяқшамен араластырылады, оған 5-10мл 0,02Н қосылады, күкірт қышқылының ерітіндісі қайтадан центрифугаланады. Центрифугат ағызылады және оны бұрын алынған центрифугатқа қосады.

Ұнтақ аммоний сульфаты қаныққанға дейін біріктірілген центрифугатқа қосылады (бұл жағдайда сұйықтықтың рН мөлшері~2,5 сақталуы керек). Центрифугат пен аммоний сульфатының қоспасы 2 сағатқа қалдырылады, содан кейін тұнба центрифугалау арқылы бөлінеді. Центрифугатты бөлу құйғышына ауыстырады және 5-10 минут ішінде 2 рет диэтилді эфирмен (50 мл-ден порциялармен) шайқайды. Эфир сығындылары бөлінеді және болашақта зерттелмейді.

Бөлгіш құйғышта қалған қышқыл ерітіндіні натрий гидроксидінің 5% ерітіндісімен рН = 8,5 дейін сілтілейді және 3 рет хлороформмен шайқалады (50 мл бөліктерде). Хлороформ сығындылары біріктіріліп, қағаз сүзгісі арқылы сүзіледі, содан кейін сүзгі 2-3 минут ішінде сутегі хлоридімен қаныққан және хлороформды құрғатып жібереді. Құрғақ қалдық немесе оның хлороформдағы ерітіндісі анабазинді анықтау және сандық анықтау үшін қолданылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Фармацевтикалық Бюллетень ғылыми практикалық журнал.* -2014.-С.3-4.
2. Кунаева Р.А., Сапко О.А. Мападилова А.М. Биологически активные вещества растений Казахстана // Биотехнология. Теория и практика. - 2007.- № 3.- С.62. 77.
3. Орехов А.П. Химия алкалоидов.-Изд.2-е исправленное и дополненное. Издательство Академии Наук СССР Москва-1995. С.10-13, 30-31.
4. Абдрахимова Й.Р. Биологически активные вещества растений: физиологические и биохимические аспекты (Часть I. Терпеноиды, гликозиды): учебнометодическое пособие. - Казань: Регентъ, 2001. 42 с.

ХИМИЯ ПӘНІН ОҚЫТУДА “FLIPPED CLASSROOM” ӘДІСТЕМЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ

Аннотация

Бұл мақалада химия пәнін оқыту барысында «төңкерілген сынып» (flipped classroom) технологиясын қолданудың педагогикалық мүмкіндіктері мен практикалық шындығы талданады. Зерттеу барысында әдістеменің негізгі қағидалары, оқыту процесіне әсері және оның білім беру сапасын арттырудағы рөлі қарастырылады. Негізгі назар оқушылардың жоғары деңгейлі танымдық дағдыларын қалыптастыруға, өзіндік оқу әрекетін ынталандыруға және күрделі химиялық тұжырымдамаларды тереңірек түсінуге аударылады. Сонымен қатар, жаңа технологияны енгізу барысында кездесетін студенттердің мотивациясы мен уақытты басқару сияқты қиындықтар мен оларды шешу жолдары зерттеледі.

Кілт сөздер: *төңкерілген сынып, білім беру инновациялары, химияны оқыту, белсенді оқыту, жоғары деңгейлі оқыту, цифрлық платформалар.*

Негізгі бөлім

Қазақстандағы білім беру жүйесінің цифрландыру үдерісі педагогтарды оқу процесін тиімді әрі икемді ұйымдастыруға бағыттайды.

Заманауи әдістер тек білім беріп қана қоймай, оқушылардың сыни ойлау қабілетін қалыптастырып, олардың оқу-танымдық әрекетке дербес қатысуына ықпал етуі тиіс. Осындай жаңашыл тәсілдердің бірі — «төңкерілген сынып» әдістемесі.

Халықаралық ғылыми әдебиетке сүйенсек, белсенді оқыту студенттердің оқу процесіне қатысуын арттыруда шешуші рөл атқарады. Фриман және басқалары жүргізген ауқымды мета-зерттеу дәстүрлі лекция әдісінен мұқият жоспарланған белсенді оқыту әдістемелеріне ауысудың тиімділігін дәлелдеді [1]. Белсенді оқытудың тиімді моделі ретінде «төңкерілген сынып» қарастырылады. Мұнда сабаққа дейінгі теориялық материал видеолар мен онлайн ресурстар арқылы меңгерілсе, сабақ уақыты интерактивті талқылаулар мен проблемалық есептерді шығаруға арналады [2].

Химиялық білім беру саласындағы зерттеулер бұл әдістің нәтижелілігін нақты деректермен растайды. Уивер мен Стертеванттың үш жылдық зерттеуі жалпы химия курстарында төңкерілген тәсілді қолдану студенттер үлгерімін бір стандартты ауытқу деңгейінде жақсартқанын көрсетті. Сондай-ақ, бұл әдіс әсіресе үлгерімі төмен студенттерге айтарлықтай қолдау көрсетеді [3]. Органикалық химия курстарында жүргізілген бақылаулар аудиториялық белсенді іс-шаралар мен қорытынды

емтихан нәтижелері арасында тығыз корреляция бар екенін анықтады [4].

Дегенмен, бұл әдісті енгізудегі «шындықпен бетпе-бет келу» бірнеше маңызды мәселені айқындайды. Норберт Пиентаның атап көрсетуінше, студенттердің мектепте қалыптасқан пассивті оқу дағдылары университет деңгейіндегі күрделі химия курстарына бейімделуге кедергі келтіреді. Студенттер көбіне «ұпай» түріндегі марапат болмаса, сабақ алдындағы материалды қарауға құлықсыздық танытады. Бұл «жалқаулық» емес, олардың уақытты басқару дағдыларының әртүрлілігі мен жаңа стратегияларға деген сенімсіздігінен туындайды.

Мектеп деңгейінде химияны оқыту абстрактілі болғандықтан, «төңкерілген сынып» оқушыларға Блум таксономиясының жоғары деңгейлі мақсаттарына (талдау, жинақтау, бағалау) жетуге мүмкіндік береді. Бұл модель келесі негізгі қағидаларға сүйенеді:

1. Оқушылардың теориялық материалды (электронды көрсеткілер, реакция механизмдері және т.б.) алдын ала өз бетінше меңгеруі [4];

2. Сабақ барысында практикалық әрекетке, топтық коворкингке және ғылыми негіздемелерді тұжырымдауға басымдық берілуі;

3. Мұғалім рөлінің өзгеруі: ол ақпарат берушіден бағыт-бағдар беруші кеңесшіге (facilitator) айналуы;

4. Жаңа материалды меңгеруде PhET симуляциялары сияқты заманауи цифрлық ресурстарды қолдану [5].

Сонымен қатар, бұл зерттеу аясында «төңкерілген сынып» тәсілін бакалавриат деңгейіндегі химия курстарында тәжірибелік түрде енгізу жоспарлануда. Зерттеу барысында студенттердің оқу процесіне белсенді қатысуын арттыру мақсатында сабақ құрылымы алдын ала ұйымдастырылған цифрлық оқу материалдары арқылы жүзеге асырылады.

Алдымен студенттерге семестр басында курс силлабусы жіберіліп, онда пәннің мақсаттары, бағалау критерийлері және сабақтардың құрылымы нақты түсіндіріледі. Әрбір тақырып бойынша сабаққа дейін студенттерге алдын ала дайындалған презентациялар, қысқа түсіндірме бейнематериалдар және теориялық конспекттер ұсынылады. Бұл материалдар студенттердің жаңа ұғымдарды сабаққа дейін меңгеруіне мүмкіндік береді.

Сабақ барысында негізгі уақыт интерактивті оқу әрекеттеріне арналады. Атап айтқанда, студенттер шағын топтарда химиялық есептерді талдау, реакция механизмдерін түсіндіру, модельдер құру және ғылыми дәлелдер негізінде пікірталас жүргізу сияқты тапсырмаларды орындайды. Мұндай әрекеттер студенттердің аналитикалық ойлауын дамытуға және теориялық білімді практикалық тұрғыда қолдануына жағдай жасайды.

Оқытушының рөлі бұл жағдайда ақпарат жеткізушіден оқу процесін ұйымдастырушы және бағыттаушы кеңесші рөліне ауысады. Ол студенттердің талқылауын бағыттап, күрделі мәселелер бойынша қосымша

түсіндірулер беріп, олардың ғылыми тұжырым жасауына көмектеседі.

Қорыта айтқанда, «төңкерілген сынып» технологиясы химия сабағын интеллектуалдық ізденіс пен сыни ойлау алаңына айналдырады. Оқытушының міндеті — тек форматты ауыстыру емес, студенттердің жоғары деңгейлі оқуға қатысуын қамтамасыз ететін оңтайлы орта қалыптастыру.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Freeman S., Eddy S. L., McDonough M., Smith M. K., Okoroafor N., Jordt H., Wenderoth M. P. Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 2014. – Vol. 111, № 23. – P. 8410–8415.
2. Pienta N. J. Understanding Our Students in General Chemistry // *J. Chem. Educ.* – 2015. – Vol. 92, № 6. – P. 963–964.
3. Ryan M. D., Reid S. A. Impact of the Flipped Classroom on Student Performance and Retention: A Parallel Controlled Study in General Chemistry // *J. Chem. Educ.* – 2015. – DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00717.
4. Seery M. K. ConfChem Conference on Flipped Classroom: Student Engagement with Flipped Chemistry Lectures // *J. Chem. Educ.* – 2015. – Vol. 92, № 9. – P. 1566–1567.
5. Hartman J. R., Dahm D. J., Nelson E. A. ConfChem Conference on Flipped Classroom: Time-Saving Resources Aligned with Cognitive Science To Help Instructors // *J. Chem. Educ.* – 2015. – Vol. 92, № 9. – P. 1568–1569.

N-(2-ОКСО-2Н-ХРОМЕН-3-КАРБОНИЛ)ЦИТИЗИННІҢ ЕРІТІНДІДЕГІ
МОЛЕКУЛАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Молекулалық гибридизация тәсілі [1] бірнеше қосылыстың артықшылықтарын бір мезгілде біріктіруге мүмкіндік береді. Сондықтан ол фармакологиялық қажеттіліктерге перспективалы жаңа заттарды синтездеудің тиімді тәсілдерінің бірі болып табылады. Бұл молекула кумарин бөлігі, аралық бөлігі және цитизин бөлігінен тұрады. Аталған кешеннің әлеуетті қолданылу мүмкіндіктері оның жекелеген бөліктерінің биологиялық белсенділігімен байланысты.

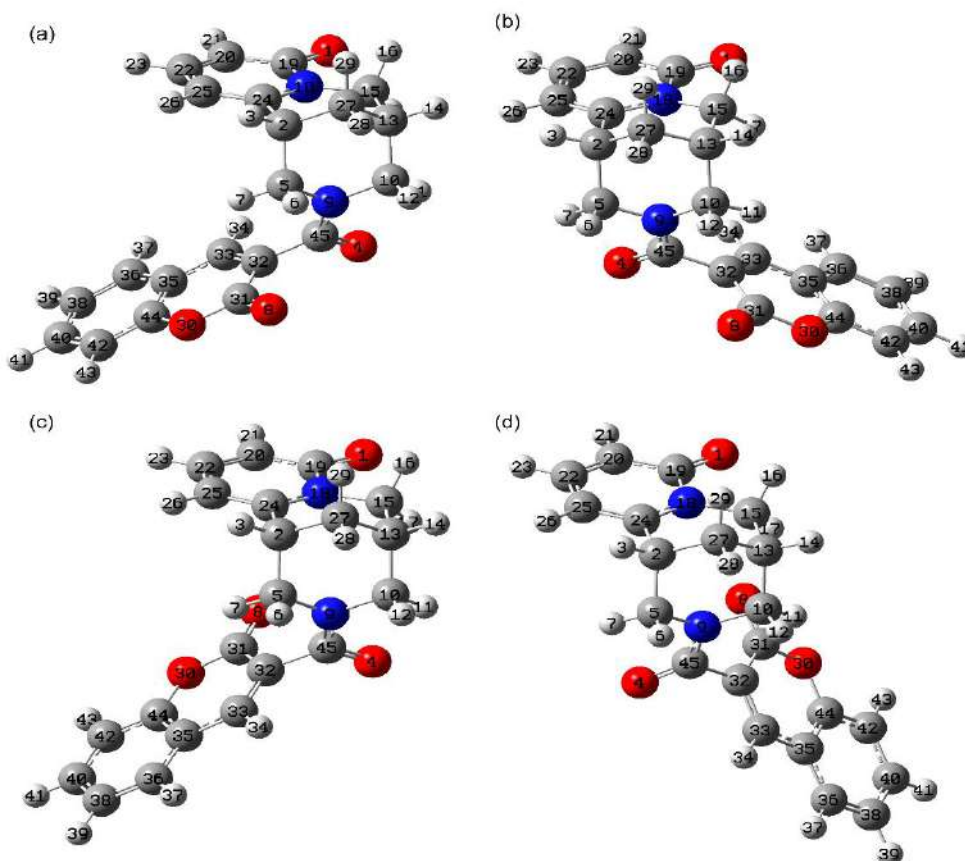
Кумариннің өзі және оның туындылары айқын люминесценттік қасиеттерге ие. Өртүрлі биологиялық белсенділіктерімен қоса, соның ішінде ісікке қарсы, антикоагулянттық және антидиабеттік қасиеттерімен [2], оларды дәрілік заттарды синтездеуде ерекше үміткерлер етеді. Мұндай дәрілердің биологиялық әсерін люминесценттік бейнелеу әдісі арқылы бақылауға болады, ал сәуле шығару немесе жұтылу спектрлік жауаптарын (толқын ұзындығы, жолақ қарқындылығы мен енін) бақылау молекуланың химиялық құрылымына сезімтал болып келеді.

Табиғи алкалоид цитизин орталық жүйке жүйесінің негізгі процестеріне әсер ететіндігімен [3], сондай-ақ никотин мен алкогольге тәуелділікті азайту мүмкіндігімен маңызды болып табылады. Молекуланың ықтимал құрылымдық күйлерін түсіну және олардың пайда болу ықтималдығын бағалау маңызды, өйткені молекуланың құрылымы мен стереохимиясы оның биологиялық белсенділігімен тығыз байланысты.

Кумарин-цитизин кешенінің конформациялық күйлерін ^{13}C ЯМР және ^1H ЯМР спектроскопиясы, сондай-ақ УК-Vis жұтылу спектроскопиясы арқылы зерттеу орынды болып табылады. ЯМР спектроскопиясы әдісі заттың құрылымына сезімталдығына байланысты таңдалды, яғни көміртегі пен сутегі атомдарының ЯМР сигналдары олардың тікелей ортасына сезімтал келеді. Бұдан бөлек, тербелістік спектроскопия әдістерімен салыстырғанда, еріткіштің ЯМР спектрлеріне қосатын үлесі салыстырмалы түрде аз. ЯМР спектроскопиясының тағы бір артықшылығы — тіркелген сигналдың көзіне кеңістіктік локализация жасау мүмкіндігі.

Алынған спектрлік деректерді түсіндіру және құрылым-спектр корреляциясын орнату мақсатында осы жұмыста сәйкес кванттық-химиялық есептеулер де жүргізілді.

Табылған тұрақты конформерлердің оңтайландырылған геометриялары 1-суретте көрсетілген.



1-сурет. Конформерлердің құрылымы: 1 (a), 2 (b), 3 (c) және 4 (d). Көміртек, азот, оттегі және сутек атомдары сәйкесінше қара сұр, көк, қызыл және ашық сұр түспен белгіленген.

Бұл күйде цитизин бөлігі «орындық» (chair) конформациясын қабылдайды, ол цитизин молекуласы үшін неғұрлым тұрақты болып табылады [4]-жұмысқа сәйкес. Зерттеліп отырған кешеннің бұл конформациялық күйі **1-күй** деп аталды және ол 1(a)-суретте көрсетілген. Оның геометриясы ерітінді ортасының әсерін ескеріп, ешқандай шектеусіз оңтайландырылды.

Бұл конформердің ерекшелігі — цитизин бөлігіндегі ең жақын метил тобының (C10H2) экваторлық күйдегі сутек атомымен (H11) түзілетін **O4H11 сутектік байланысы**, ол аксиалдық күйдегі сутек атомымен (H12) түзілетін байланыстан қысқарақ болып келеді [5].

1-кесте. ДМСО және этанол ерітінділеріндегі конформерлердің толық электрондық энергиясы.

Solvent	Conformer total electronic energy, Ha			
	1	2	3	4
DMSO	-1221.865439	-1221.865501	-1221.864415	-1221.864816
Ethanol	-1221.864674	-1221.864758	-1221.863311	-1221.863827

2-күй ең тұрақтысы деп болжанады, оның толық электрондық энергиясы 1-күймен салыстырғанда небәрі $6.2\text{--}8.4 \times 10^{-5}$ Ha (0.04–0.05

kcal/mol) төмен. Мұндай аз ғана айырмашылық бөлме температурасында молекулалардың шамамен тең мөлшерде 1 және 2 конформациялық күйлерде болуы мүмкін екенін көрсетеді. 2-күйде O1–C19–C45–O4 және O4–C45–C31–O8 торсионды бұрыштарының мәндері шамамен 131.8° және –96 – –98° болады, бұл аралық және кумарин бөліктерінің цитизин бөлігіне қатысты бірлескен айналуына сәйкес келеді.

Кумарин және цитизин бөліктерінің оңтайландырылған геометрияларын салыстырғанда, 3-ші сақинадағы байланыс ұзындықтарында айырмашылық байқалды. Бұл сақинадағы CN байланысының аралық бөліктегі C=O тобымен бір жақта орналасқан көміртегі қарама-қарсы жақтағы көміртекке қарағанда электртерістілігі жоғары болуымен түсіндіріледі. Соның салдарынан CN байланысы ұзарса, іргелес CC байланысы қысқарады. 1-күймен салыстырғанда, 2-күйде C5–N9 байланысы ұзарған, ал C2–C5 байланысы қысқарған. Ал қарама-қарсы жағында керісінше: 2-күйде C13–C10 байланысы ұзарады, ал C10–N9 байланысы қысқарады (қараңыз: Кесте S2). Қатты O4···N7 сутектік байланысының түзілуі C5–N9–C45 және C10–N9–C45 жазықтық бұрыштарынан, сондай-ақ C10–N9–C45–O4 торсионды бұрышынан айқын көрінеді. Цитизин бөлігінің үшінші сақинасындағы бұл құрылымдық айырмашылық 1 және 2 күйлері арасындағы атомдар зарядтарының әртүрлі болуынан туындайды.

3 және 4 күйлерінің салыстырмалы электрондық энергиясы 2-күйге қарағанда $0.69\text{--}1.09 \times 10^{-3}$ Ha ($0.43\text{--}0.68$ kcal/mol) DMSO-да және $0.93\text{--}1.45 \times 10^{-3}$ Ha ($0.58\text{--}0.91$ kcal/mol) этанолда жоғары. Бұл күйлердегі энергияның жоғары болуы C5H₂ және C10H₂ метилен сутектерімен тұрақтандырушы контактілердің болмауымен және O8 және O4 атомдарының бір-біріне жақын орналасуымен (3-күйде ~ 3.2 Å, 4-күйде ~ 3.7 Å) түсіндіріледі. Сонымен қатар, O8···N17 қысқа контактісі (~ 2.55 Å) 4-күйді екі еріткіште де 3-күйге қарағанда тұрақтырақ етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Bosquesi, P.L.; Melo, T.R.F.; Vizioli, E.O.; Santos, J.L.d.; Chung, M.C. Anti-Inflammatory Drug Design Using a Molecular Hybridization Approach. *Pharmaceuticals* **2011**, *4*, 1450-1474. <https://doi.org/10.3390/ph4111450>
2. Annunziata, F.; Pinna, C.; Dallavalle, S.; Tamborini, L.; Pinto, A. An Overview of Coumarin as a Versatile and Readily Accessible Scaffold with Broad-Ranging Biological Activities. *Int. J. Mol. Sci.* **2020**, *21*, 4618. <https://doi.org/10.3390/ijms21134618>
3. Przybył, A.K.; Maj, E.; Wietrzyk, J.; Kubicki, M. Spectroscopic, Structural and Anticancer Activity Studies of (–)-Cytisine Halogenated N-Benzyl Derivatives. *J. Mol. Struct.* **2019**, *1176*, 871–880. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.09.029>
4. Przybył, A. K.; Kubicki, M. A comparative study of dynamic NMR spectroscopy in analysis of selected N-alkyl-, N-acyl-, and halogenated cytisine derivatives. *J. Mol. Struct.* **2011**, *985*(2-3), 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2010.10.036>
5. K.Kopbalina, A.Adekenova, Zh.Shaimerdenova, Zh. Kairatova, K. Shakarimova, D.Pankin, M.Smirnov, A.Kishkentayeva, M.Artykbayeva, R.Jalmakhanbetova. Investigation of N-(2-oxo-2H-chromen-3-carbonyl)cytisine's Molecular Structure in solution. *Molecules* **2025**, *30*(20), 4139; doi.org/10.3390/molecules30204139

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЕНООБРАЗНОЙ СТРУКТУРЫ ЯИЧНОГО БЕЛКА

В пищевой промышленности и на предприятиях общественного питания при производстве большинства продуктов с пенообразной структурой широко используется белок яйца, поскольку содержащиеся в нём белки обладают выраженной пенообразующей способностью. Однако на пенообразующую способность белков могут оказывать негативное влияние различные технологические факторы, такие как температура, вязкость, раздробленность, pH среды, время и интенсивность вспенивания. Изучение воздействия этих факторов представляет научный и практический интерес [1, 2, 3].

Цель работы — определить способность яичного белка к образованию пены и исследовать влияние технологических факторов на данный процесс.

Материал и методы. Для исследования использовали яичный белок, отделённый от желтка. Взбивание белка проводили с помощью лабораторного смесителя Microstar 7.5. Активную кислотность определяли с использованием анализатора жидкостей M500T-A-Basic. Для изменения кислотности белка яиц использовали 0,1 %-ные растворы HCl и NaOH.

Белок яйца взбивали при температуре $20 \pm 0,2$ °C в течение 12 минут со скоростью 350 об/мин, после чего пенообразующую способность оценивали по степени вспенивания и стабильности пены. Степень вспенивания определяли, как процентное отношение объёма образовавшейся пенообразной структуры к объёму исходного белка яиц. Стабильность пены рассчитывали, как процентное отношение объёма пенообразной структуры после определённого времени выдержки к первоначальному объёму пенообразной структуры.

Установили, что разрушение пены взбитого белка яиц в первые 13÷15 минут происходит интенсивно, затем с течением времени замедляется, и после 25 минут изменения становятся незначительными. В связи с этим стабильность пены определяли спустя 25 минут. Степень вспенивания белка яиц составила 330 %, а стабильность пены 50 %.

При приготовлении некоторых пищевых продуктов с пенообразной структурой смесь перед взбиванием охлаждают. Учитывая это, было изучено влияние снижения температуры на процесс вспенивания белка яиц. Для этого температуры белка яиц снизили в холодильном шкафу до температуры $5 \pm 0,2$ °C, после чего взбивали в течение 12 минут со скоростью 350 об/мин.

Охлаждение белка яиц оказало положительное влияние на его пенообразующую способность, в результате степень вспенивания увеличилась на 15,4 %, а устойчивость пены на 23,5 %.

Данное явление можно объяснить следующим образом: при снижении температуры белка снижается диффузия ингредиентов в системе. Это может способствовать коагуляции белков. При взбивании смесей белки образуют прочный адсорбционный слой на поверхности дисперсных фаз системы. В результате уменьшается процесс коалесценции, то есть слияние относительно крупных воздушных шариков с более мелкими, и повышается их дисперсность. Это, в свою очередь, приводит к увеличению вязкости системы и замедлению течения дисперсионной среды в межфазном пространстве. В итоге возрастает степень вспенивания и улучшается стабильность пенообразной структуры [4, 5].

Следующим фактором, влияющим на степень вспенивания системы, является pH среды. Кислотность белка яиц изменяли в диапазоне от 7,2 до 9,0. Смесь с изменённой кислотностью охлаждали в холодильном шкафу до температуры $5 \pm 0,2$ °С, после чего взбивали в течение 12 минут со скоростью 350 об/мин (Рис.1).

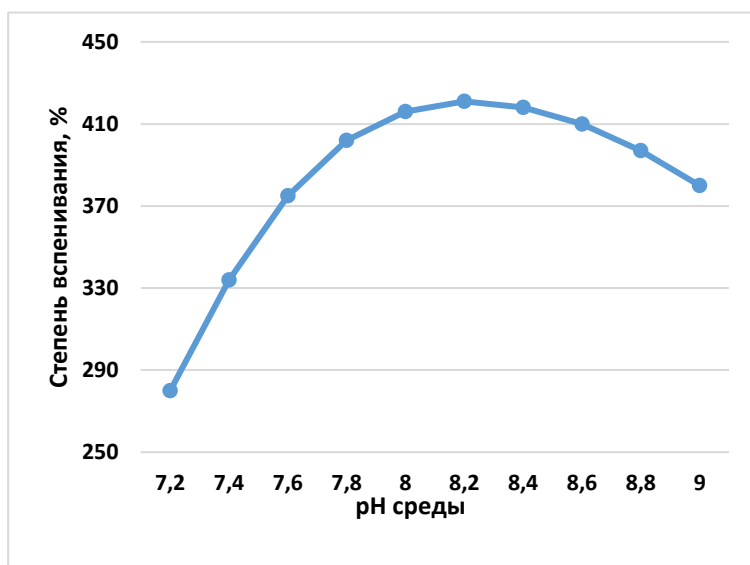


Рис.1. Влияние pH среды на степень вспенивания белка яиц

Из графика, представленного на рисунке, видно, что степень вспенивания белка яиц достигает предельного значения в интервале pH 8,0÷8,4. В дальнейшем, по мере изменения pH среды, степень вспенивания системы уменьшается. Изменение pH среды оказало положительное влияние на пенообразующую способность белка яиц: степень вспенивания увеличилась на 27,6 %, а устойчивость пены на 34 %. Установлено, что

наивысшее пенообразование в системе наблюдается в области изоэлектрической точки соответствующих белков.

Стабилизирующий эффект пены, образованной белком яиц, достигается за счёт соответствия показателя рН среды изоэлектрической точке основных протеинов, входящих в его состав. При этом в результате электронейтрализации протеинов обеспечивается упрочнение межфазного адсорбционного слоя. Таким образом, достижение электронейтрализации макромолекул белков играет важную роль не столько в процессе пенообразования, сколько в стабилизации уже образовавшейся пены. Следует отметить, что раздробленность дисперсных фаз системы напрямую влияет на стабильность пенообразной структуры. В свою очередь, данный показатель зависит от интенсивности и время вспенивания смеси.

В результате проведённых исследований подтверждено, что яичный белок обладает высокой способностью к пенообразованию. Изучено влияние внешних факторов на степень вспенивания и стабильности пены. Установлено, что снижение температуры до $5 \pm 0,2$ °С оказывает положительное влияние на пенообразующие свойства яичного белка. Приведении рН среды к изоэлектрической точке содержащихся в нём белков время вспенивания сокращается. При этом средняя степень вспенивания системы увеличивается на 31 %, а устойчивость пены на 52 %. Полученные в ходе исследований данные могут быть использованы при разработке технологий новых пенообразных десертов, напитков и кремов, содержащих яичный белок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Dickinson E. Food emulsions and foams: Stabilization by particles / E. Dickinson // *Current Opinion in Colloid and Interface Science*. – 2010. – Vol. 15, № 1–2. – P. 40–49.
2. Foaming properties of skim milk powder fortified with milk proteins / L. P. Martínez-Padilla, V. García-Mena, N. B. Casas-Alencáster [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2014. – Vol. 36, № 1. – P. 21–28.
3. New fruit and vegetable sauces with functional properties. To cite this article: Nasullo Kuliev 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. **981** 022080 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/981/2/022080/pdf>.
4. Иванова С.А. Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока // *Техника и технология пищевых производств*. – 2018. – Т.48. – №4. – С. 564-568.
5. Иванова С. А. Интенсификация технологий аэрированных молочных продуктов / С. А. Иванова, А. Ю. Просеков. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2011. – 240 с.

УЧАСТИЕ ПЕКТИНА ФРУКТОВЫХ СОКОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПЕННЫХ И ЭМУЛЬСИОННЫХ СТРУКТУР

В формировании пенообразных и эмульсионных структур продуктов питания важную роль играют пенообразующие и эмульгирующие вещества. Эти вещества имеют большое значение для стабилизации дисперсных систем, снижая поверхностное натяжение на границе фаз, которые не смешиваются между собой. Они образуют защитный слой вокруг частиц дисперсной фазы, предотвращая их агрегацию, то есть слипание и укрупнение. Благодаря этому сохраняются структура и качество готового продукта [1, 2].

В составе растительных добавок, используемых при производстве продуктов питания, содержатся белки и пектиновые вещества, обладающие пенообразующими и эмульгирующими свойствами [3, 4, 5].

Цель работы - исследование участия пектина, содержащегося в фруктовых соках, в формировании пенных и эмульсионных структур, а также оценка его пенообразующей и эмульгирующей эффективности.

Материал и методы. Для исследования были выбраны широко применяемые при приготовлении продуктов питания плоды яблока, абрикоса и сливы, сходные по технологическим свойствам и химическому составу, содержащие белки и пектиновые вещества. В данном исследовании соки из фруктов были получены с использованием соковыжималки марки Maunfeld MJE.1500S. Взбивание сока проводили с помощью лабораторного смесителя Microstar 7.5.

Было изучено участие растворимого пектина во фракциях, образующихся в результате процессов взбивания и эмульгирования фруктовых соков.

При оценке пенообразующих свойств фруктовых соков их в количестве 50 мл помещали в мерный стакан объемом 250 мл и взбивали с помощью лабораторного смесителя при скорости 400 об/мин в течение 1 минуты при температуре $20 \pm 0,5$ °С. После взбивания через 2 минуты жидкую фракцию переливали в аналогичный мерный стакан и повторно подвергали взбиванию в тех же условиях. Данный процесс повторяли до прекращения образования пены в соке или до невозможности продолжения взбивания из-за малого объема жидкой фракции. В результате соки яблока, абрикоса и сливы были вспенены до 3 раз.

Возможность последнего взбивания фруктовых соков ограничивалась прекращением образования устойчивой пены в жидких фракциях. При каждом последующем взбивании количество образующейся пены заметно

уменьшалось. Массу жидкой фракции определяли взвешиванием, а массу пенной фракции - расчетным путем.

При исследовании эмульгирующих свойств фруктовых соков к 50 мл сока добавляли 50 мл растительного масла и в мерном стакане объемом 250 мл перемешивали с помощью лабораторного смесителя при скорости 400 об/мин в течение 3 минут при температуре $20 \pm 0,5$ °С. Полученную смесь помещали в делительную воронку и через 5 минут сливали жидкую фракцию, при этом эмульгированная часть оставалась вместе с неэмульгированным маслом. Массу жидкой и эмульгированной фракций определяли аналогично предыдущему эксперименту. Распределение водорастворимых пектиновых веществ по фракциям в процессе взбивания исследованных фруктовых соков представлено в таблице 1.

Таблица 1.

Участие пектиновых веществ в процессе взбивания
фруктовых соков

Количество взбиваний	Содержание в соке и фракциях до взбивания, г	Распределение по фракциям после взбивания, г		Массовая доля во фракции, %	
		Жидкая	Пенная	Жидкая	Пенная
Яблочный сок					
1	0,139±0,003	0,121±0,003	0,018±0,001	0,270±0,003	0,346±0,004
2	0,121±0,003	0,110±0,003	0,011±0,001	0,266±0,003	0,324±0,004
3	0,110±0,003	0,102±0,003	0,008±0,001	0,264±0,003	0,296±0,004
Абрикосовый сок					
1	0,132±0,003	0,117±0,003	0,015±0,001	0,253±0,003	0,395±0,004
2	0,117±0,003	0,109±0,003	0,008±0,001	0,249±0,003	0,320±0,004
3	0,109±0,003	0,103±0,003	0,006±0,001	0,248±0,003	0,286±0,004
Сливовый сок					
1	0,128±0,003	0,114±0,003	0,014±0,001	0,246±0,003	0,386±0,004
2	0,114±0,003	0,106±0,003	0,008±0,001	0,242±0,003	0,311±0,004
3	0,106±0,003	0,100±0,003	0,006±0,001	0,241±0,003	0,276±0,004

Из результатов, представленных в таблице, видно, что массовая доля растворимых пектиновых веществ в пенных фракциях соков яблока, абрикоса и сливы выше, чем в жидких фракциях. С увеличением числа взбиваний массовая доля растворимых пектиновых веществ в пенных фракциях постепенно снижалась. Так, при образовании первой пенной фракции яблочного сока участие пектиновых веществ составило 12,9 %, тогда как при образовании последней фракции - 5,8 %.

При формировании первых пенных фракций абрикосового и сливового соков содержание пектиновых веществ составило соответственно 11,4 % и 10,9 %, тогда как в последних фракциях этот показатель снизился до 4,5 % и 4,7 % соответственно.

Количество растворимого пектина, участвующего в образовании пенной фракции, коррелирует с массой фракций. При образовании эмульсий яблочного, абрикосового и сливового соков участие растворимых пектиновых веществ составило соответственно 30,2; 31,1; 30,5 %. При этом массовая доля этих веществ в эмульгированных фракциях была выше, чем в жидких фракциях.

Установлено, что в эмульгированных фракциях соков яблока, абрикоса и сливы массовая доля растворимых пектиновых веществ в среднем в 1,3 раза выше по сравнению с жидкими фракциями (таблица 2).

Таблица 2.

Участие пектиновых веществ в процессе эмульгирования
фруктовых соков

Содержание в соке до взбивания, г	Распределение по фракциям после взбивания, г		Массовая доля во фракции, %	
	Жидкая	Эмульгиро- ванная	Жидкая	Эмульгиро- ванная
Яблочный сок				
0,139±0,003	0,097±0,002	0,042±0,002	0,255±0,003	0,350±0,004
Абрикосовый сок				
0,132±0,003	0,091±0,002	0,041±0,002	0,244±0,003	0,314±0,004
Сливовый сок				
0,128±0,003	0,089±0,002	0,039±0,002	0,241±0,003	0,311±0,004

Заключение. Результаты исследований участия растворимого пектина в формировании структуры в системах яблочного, абрикосового и сливового соков позволяют сделать вывод о том, что соки обладают пенообразующими и эмульгирующими свойствами. Было установлено, что по сравнению с пенообразующими свойствами растворимого пектина его способность стабилизировать структуру пены и эмульсий проявляет высокую эффективность. Таким образом, с технологической точки зрения, использование фруктовых соков для создания пенообразных или эмульсионных структур в пищевых продуктах является целесообразным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. McClements D.J. *Food Emulsions: Principles, Practices and Techniques*/ D.J. McClements – CRC press. Boca Raton FL – 2015. – 690 p.
2. *Foaming properties of skim milk powder fortified with milk proteins* / L. P. Martínez-Padilla, V. García-Mena, N. B. Casas-Alencáster [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2014. – Vol. 36, № 1. – P. 21–28.
3. *New fruit and vegetable sauces with functional properties*. To cite this article: Nasullo Kuliev 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 981 022080 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/981/2/022080/pdf>.
4. Kuliyeв N.Sh., Kalanova D.T. *Comparative Characterization of Foaming and Emulsifying Properties of Fruit and Vegetable Additives*. *American Journal of Technology Advancement* 2997-9382, Vol 03, No. 02. 2026.
5. *Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates* / K. G. Marinova, E. S. Basheva, B. Nenova [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – Vol. 23, № 7. – P. 1864–1876.

Құрымбай А.Д. (Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

Кеңес Д.Д. (Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

Тәжібай А.М. (Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

АЛҚЫЗЫЛ ДОЛАНА ЖЕМІСІНІҢ МИКРОЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Әлемдік медициналық практикада қолданылатын көптеген дәрілік заттардың ішінен Өсімдік шикізатынан жасалған емдік препараттар 30% - дан астамын құрайды, бұл ретте бірқатар ауруларды емдеу үшін көптеген өсімдік заттары алмастырылмайды. XX ғасырдың соңы халық және шығыс медицинасының емдік құралдарына деген қызығушылықтың қайта түлеуімен сипатталады, олардың зерттеулері қазіргі заманғы әдістерді пайдалана отырып жүргізілді.

Бұл заттарға қызығушылық олардың медицинада және тамақ және жеңіл өнеркәсіптің кейбір салаларында іс жүзінде қолданылуымен, сондай-ақ олардың көпшілігі өсімдік ағзасында әртүрлі физиологиялық-биохимиялық функцияларды орындаумен анықталады

Зерттеу нысандарын таңдаудағы негізгі критерийлер болып өсімдік көздерінің қолжетімділігі және құрамындағы полифенол кешендерін алу болып табылды. Бұларды ескере отырып, зерттеуге алқызыл долана (*Crataegus Sanguinea* Pall.) жемістері алынды[1].

Зерттеу нысаны алқызыл долана жемістері болды. Алқызыл долана (*Crataegus Sanguinea* Pall.) биіктігі 5 м-ге дейін өсетін бұта немесе кішкентай ағаш, Rosaceae (*Rosaceae* Juss.) тұқымдасының долана (*Crataegus*) түрі. Долана ТМД елдерінің еуропалық бөлігінде, Орта Азияда, Батыс Сібірде таралған, Қазақстанда Алтай, Тарбағатай, Семей және Шығыс Қазақстан облыстарында, Жоңғар Алатауының тауларында және т.б. кездеседі. Ол сирек төзімді құрғақ ормандарда, шеттерде және шалғындарда өседі. Орманды дала аймағында, өзен алқаптарында көп болады (1-сурет).



1-сурет. Алқызыл долана жемісі

Өсімдіктердегі минералды заттар оңай сіңеді, олар жоғары биологиялық белсенділікке ие және адам ағзасындағы биохимиялық

процестерге қатысады. Бұл жұмыста Varian Atomic Absorption AA-140 құрылғысында алқызыл долана жемістерінің минералды құрамын атомдық сіңіру әдісімен зерттелді және 14 элементтің сандық құрамы анықталды, сонымен қатар микроэлементтер үшін PCO болмағандықтан, талдаудың эмпирикалық әдісін қолдана отырып, жеке химиялық элементтердің жартылай сандық есебі жасалды. Ал қызыл долана жемісінің минералды құрамы туралы мәліметтер келтірілген.

Минералды элементтердің басым бөлігі калий мен кальций екенін ескеру қажет. Калий - су, қышқыл және электролит тепе-теңдігін реттеуге, жүйке импульстарының, қысымның реттелу процестеріне қатысатын негізгі жасушаішілік ион.

Кальций сүйек тінінің негізгі құрылымдық компоненті. Сонымен қатар, кальций иондары бұлшық ет қысқаруы, қан ұюы, ферменттердің белсенділігі, жасушалық мембраналардың қоздырғыштығы сияқты түрлі биологиялық процестерді реттеуде маңызды рөл атқарады. Олар гормондардың секрециясына ықпал етеді, калий иондарына арналған жасуша мембранасының өткізгіштігін арттырады, сигналдардың жасушаішілік таратуында делдал болып қызмет етеді [2]. Алқызыл долана жемісінде ең аз мөлшерінде темір сияқты макроэлементтер жиналады.

Ағзалар мен жүйелердің қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін басқа микроэлементтердің болуы да, концентрациялардың өте тар диапазонына сәйкес келетін мазмұнда қажет. Марганец ми функциялары үшін маңызды, ақуыздың бір бөлігі және көптеген ферменттердің активаторы болып табылады. Кобальттың ағзадағы негізгі биологиялық функциясы оның B₁₂ витамині молекуласында болуы болып табылады. Ол түрлі ферментативті процестерге және бірқатар гормондардың пайда болуына қатысады [3]. Молибден антиоксиданттық қасиеттерді көрсетеді, жасушалық өсу және даму процестерін тездетеді, тіс эмалінің қалыпты қалыптасуы үшін қажет.

Микроэлементтер арасында мыс пен мырыш басым. Мыс адамның, жануарлар мен өсімдіктердің тіршілік етуіне қажетті ең маңызды МЭ. Мыс иондары молекулалық оттегімен органикалық субстраттардың тотығу реакцияларына қатысатын тотығу-қалпына келтіру процестерінде маңызды рөл атқаратын ферменттер мен белоктардың құрамына кіреді. Өтпелі металл бола отырып, мыс екі валентті күйде болуы мүмкін және лигандтардың табиғаты мен орналасуына байланысты құрамында мыс бар ақуыздарға тотығу-қалпына келтіру потенциалының кең ауқымын қамтуға және оттегі мен көміртегі диоксидін қайта байланыстыруға мүмкіндік береді. Мыс айқын қабынуға қарсы қасиетке ие және аутоиммундық аурулардың пайда болуын жұмсартады. Ағзадағы мыстың жетіспеушілігі лизилоксидаза ферментінің белсенділігінің төмендеуіне әкеледі, супероксиддисмутаза – жасушалар мембраналары липидтерінің асқын тотығу процестерін тежеуге жауапты ферменттің белсенділігін тежей

алады, орталық жүйке жүйесінің бұзылуының пайда болу себептерінің бірі болуы және анемияны тудыруы мүмкін.

Мырыш әртүрлі метаболикалық процестерге қатысатын 200-ден астам металл ферменттердің құрамына кіреді. Мырыш ақуыз және нуклеин қышқылдарының синтезінде маңызды рөл атқарады, ол ДНҚ, РНҚ және рибосом құрылымын тұрақтандыру үшін қажет, жасушалық тыныс алу, жаралардың жазылу, иммундық жауаптардың қалпына келтірілуіне қатысады, темір, мыс, магний және кальций алмасуына және 300-ден астам ферменттердің белсенділігіне әсер етеді.

Алқызыл долана (*Crataegus Sanguinea* Pall.) жемістеріне ЖЭСХ әдісі бойынша флавоноидтық құрамына зерттеу жүргізілді. Флавоноидтар металл иондарын жақсы байланыстырады және олардың комплекстерін құрайды. Металл иондарының болуы биологиялық ортада флавоноидтардың әсерінің тиімділігін анықтайтын факторлардың бірі болып табылады.

Өсімдіктердің химиялық құрамын зерттеу әртүрлі ауруларды емдеуде және алдын-алуда олардың әлеуетін анықтау үшін қажет. Өсімдіктер биологиялық белсенді заттардың болуына және минералды кешендердің бай жиынтығына байланысты ағзаға емдік және қалпына келтіретін әсер етеді. Макро-және микроэлементтерге ие өзінің тағамдық құндылығынан басқа, олардың адамдар үшін пайдалы дәрілік өсімдіктердің органикалық компоненттерінің қалыптасуы мен өзара әрекеттесуіндегі рөлі белгілі. Мысалы, өсімдік ағзасындағы марганец рибофлавин, аскорбин қышқылы және каротин түзілуіне қатысады, ал көптеген флавоноидтар мыс және темір иондары бар хелат кешендерін құрайды[4]. Микроэлементтер өсімдіктер дамуының барлық кезеңдерінде күрделі, көп сатылы физиологиялық процестерге қатысады, фотосинтезді, тыныс алуды, қорғауды, толық өсуді қамтамасыз етеді, сондықтан адамдар үшін пайдалы немесе улы биологиялық белсенді қосылыстардың жиналуына және қалыптасуына тікелей немесе жанама әсер етеді. Осылайша, дәрілік өсімдіктердегі микроэлементтердің сандық құрамы туралы мәліметтер олардың әртүрлі ауруларды емдеудегі тиімділігін зерттеу және фармакологиялық әсерін түсіну үшін қажет.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бышевский А.Ш., Терсенов О.А. Биохимия для врача /. – Екатеринбург: ИПП «Уральский рабочий», 2020, – 384 с.
2. Старостин В.И. Геология полезных ископаемых: учебник / В.И. Старостин, В.И. Смирнов, П.А. Игнатов. – М.: Изд-во МГУ, 2017. – 304с.
3. Круглов Д.С. Лекарственные средства применяемые для профилактики и лечения железодефицитных состояний // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017. – № 4. – С. 26-41.
4. Самылина, И.А. Боярышник (*Crataegus*): возможности медицинского применения // Фарматека. - 2010. - № 8. - С. 83-85.

Мукархан К. (Қарағанды, Ә.Сағынов ат. ҚарТУ)
 Жақсыбаева М.Е. (Қарағанды, Ә.Сағынов ат. ҚарТУ)
 Бодеева Р.Т. (Қарағанды, Академик Е.А. Бөкетов ат.ҚҰЗУ)

ҚИЯР ТҰҚЫМДАРЫН ЕГУ АЛДЫНДА ӨНДЕУ

Қияр тұқымдарының жақсы өнгіштігіне байланысты, бағбандардың көпшілігі оларды тікелей жерге себуді жөн көреді. Қаптамада ерекше реңкі бар қияр тұқымы (әдетте жасыл түсті) дайындау қажет емес, өйткені олар өндірушімен алдын-ала өңделген.

Қияр тұқымын себер алдында өндеудің әр түрлі әдістері бар, барлығы тұқымның өнгіштігін және өсімдіктердің қоршаған ортаның қолайсыз жағдайларына, аурулар мен зиянкестерге төзімділігін арттыруға бағытталған. Жоғары сапалы қияр тұқымы кем дегенде 90% өнеді. Қияр тұқымдарының жарамдылық мерзімі 6–7 жылды құрайды. Оңтайлы сақтау шарттары: температурасы $+10...+12^{\circ}\text{C}$ және салыстырмалы ылғалдылығы 60%-дан аспайтын құрғақ, салқын жер. $+25^{\circ}\text{C}$ жоғары температурада олар бір жылға жуық уақытқа дейін өміршең болып қалады.

Үй жағдайында калибрлеу әдісі: қияр тұқымын 3% тұзды ерітіндіде жасауға болады (100 мл суға 3 г ас тұзы). Тұқымдарды ерітіндіде араластырып, 5–10 минут ұстайды. Су бетіне қалқып шыққан тұқымдар егуге жарамсыз, қалғаны шайылып, кептіріледі.

Қияр тұқымдарының өнгіштігін арттырудың бір тәсілі – оларды жылыту (қыздыру). Тұқымдарды батареяның жанына немесе ыстық суға батырып ($50\text{--}55^{\circ}\text{C}$) 20–30 минут ұстауға болады. Қыздырудан кейін қияр тұқымын дезинфекциялау немесе өсу стимуляторларына батыруға болады.

Залалсыздандыру – тұқымдарды топыраққа енгізудің алдындағы алғашқы қадамдардың бірі. Бұл жағдайда Фитоспорин препаратын қолдану ұсынылады. Үй жағдайында: Зеленка (1 мл 1% ерітінді + 100 мл су), Хлоргексидин (0,05%) қолдануға болады.

Тұқымдарды коректік ерітіндіге сіңіру кезінде олар 12–20 сағат ұсталады. Өндеу $+20...+28^{\circ}\text{C}$ температурада жүргізіледі. Содан кейін ісінген тұқымдар қағазға немесе дәкіге салынып, $+25...+28^{\circ}\text{C}$ температурада өнеді [1].

Тығыздау – тұқымдарды оттегімен байыту үрдісі, ол негізінен 6–7 жастағы ескі қияр тұқымдарына қолданылады. Тұқымдар дәкеге салынып, суға батырылып, ауа аквариум компрессоры арқылы беріледі. Бұл күйде тұқымдар бір тәулікке жуық сақталады, кейін дереу жерге отырғызылады.

Жалпы өсімдік шаруашылығында тұқымдарды тікелей топыраққа енгізу немесе алдын ала көшеттер өсіріп, кейін осы көшеттерді ашық топыраққа отырғызу әдістері қолданылады. Бірақ, жақсы таза өнім алу үшін тұқымдарды топыраққа енгізу алдында (көшеттеп отырғызу кезінде де)

өндеп алу қажеттілігі туады, бұл алдағы уақытта өсімдіктің түрлі ауруларға төзімділігін арттыру және залалсыздандыру мақсатында жасалады. Өндеуге арналған әдістердің барлық дерлігі өсімдікті зиянкестерден қорғауға септігін тигізеді.

Біздің таңдап алынған өндеудің түрі, ол тұқымдарды залалсыздандырғыш ерітіндімен шайып алу (1 – сурет) болатын. Мұндай әдіс қол жағдайында тұқымдарды өндірушілер алдын ала өндемеген жағдайда қолданылады. Біздің тәжірибеде біз калий перманганаты ерітіндісін пайдаландық. Бұл ерітінді тұқымдар қауызының зиянкестерден залалсыздандыруға көмектеседі және алдағы уақытта түрлі ауру қоздырғыштарына төзімдірек етеді.



1 – сурет – Тұқымдарды ерітіндімен залалсыздандыру

Тәжірибе барысындағы алдын ала өндеудің келесі түрі ол тұқымдарды мұздатып сақтау болатын. Мұздату – тұқымдарды себуге дайындау тәсілдерінің бірі болып табылады. Кейінірек төмен температураның әсерінен өсімдіктердің жетілуін тездету құбылысы «вернализация» термині деп аталды. Вернализация деп, өсімдіктің вегетативті дамуын генеративті дамуға (гүлдену және жеміс беру) жеделдетілген көшуін айтамыз. Бұл әдіс ісінген, бірақ әлі шығарылмаған тұқымдарға қолданылады. Құрғақ тұқымдарды мұздатуға болады, бұл жағдайда температура -10°C пен -20°C аралығында болуы мүмкін. Ауыспалы температуралық жағдайлармен мұздату әдісі де қолданылады.

Айта кету керек, тұқымның белгілі бір пайызы өнгіштігін жоғалтады. Алайда тірі қалған тұқымдар температураның жоғарылауына, ауруларға және ауа райының қолайсыз өзгерістеріне төзімдірек болады, ерте гүлдейді және ерте егін береді. Осыған байланысты тұқымдарды себу жылдамдығын аздап арттыру керек [2].

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Берг Р. Тұқым қуалаушылық және адамның тұқым қуалайтын аурулары. – М.: Наука, 2023.
2. Розавин Г.И. Қазіргі жаратылыстану концепциялары: дәрістер курсы, 2019. – 336 б.

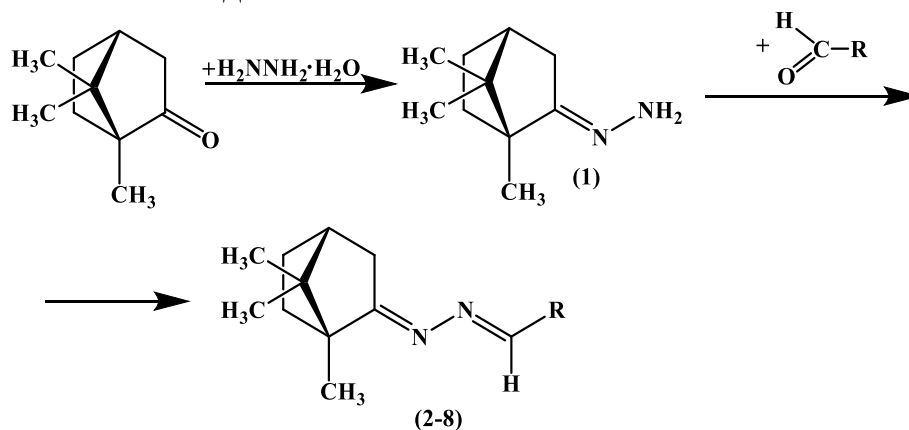
Нуркенов О.А. (Қарағанды, ҚР ОСКХИ)
 Карилхан А.К. (Қарағанды, Ә.Сағынов атындағы ҚарТУ)
 Ерланова К.Е. (Қарағанды, Ә.Сағынов атындағы ҚарТУ)

(+)- КАМФОРА НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА ГИДРАЗОНДАРДЫҢ СИНТЕЗІ

Синтездеудің жаңа әдістерін әзірлеу және биологиялық белсенді қосылыстардың қасиеттерін зерттеу қазіргі органикалық химия мен медициналық химияның өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Осы тұрғыда әр түрлі биологиялық белсенділігі мен қолжетімділігі бар монотерпеноидты туындылар әрі қарай зерттеу үшін перспективалы қосылыстар класы ретінде көрсетіледі. Терпеноидтар табиғи қосылыстардың кең класы бола отырып, микробқа, вирусқа, қабынуға қарсы және ісікке қарсы сияқты биологиялық белсенділіктің кең спектрін көрсетеді. Камфора - бірегей құрылымы бар табиғатта кең таралған бициклді монотерпеноид, табиғи көздер ретінде де, синтез арқылы да қолжетімді. Камфора реактивтілігімен, табиғи қолжетімділігімен, стереохимиялық ерекшелігімен және көптеген химиялық түрлендіру мүмкіндіктерімен әртүрлі туындыларды алу үшін ыңғайлы қосылыс ретінде қызмет етеді. Бір молекуладағы азотетин фрагменттері мен табиғи қосылыстардың, атап айтқанда (+)-камфораның үйлесуі фармакологиялық жағынан қызықты заттарды алу үшін қолайлы алғышарттар жасайды.

Сонымен қатар, гидразондар әртүрлі химиялық түрлендірулерге қабілеттілігімен жаңа препараттар мен материалдарды жасау үшін перспективалы лигандтар ретінде белгілі.

Бұл жұмыста азотетин қосылыстарының класы - камфора гидразонының алынуы қарастырылды. Камфораның карбонил тобы азот құрамды нуклеофилдермен, әсіресе гидразиндермен және олардың туындыларымен конденсация реакцияларында жоғары реактивтілік көрсететіні белгілі болды.



Біз синтездеу үшін жаңа тиімді фармакологиялық белсенді заттарды іздеуді негізге ала отырып, камфораны гидразингидратпен әрекеттестіріп, сірке қышқылының қатысуымен камфора гидразонын белгілі әдіс бойынша алдық. Реакция барысында камфораның карбонил тобының гидразингидратпен конденсациясы орын алып, тиісті гидразон түзіліп, су молекуласы бөлінді. Алынған өнім сүзу арқылы бөлініп, еріткішпен жуылып, кептірілді. Өнімнің шығымы алынған қосылыстың массасы негізінде есептелді.

Осылайша, жүргізілген жұмыстың нәтижесінде (+)-камфора гидразоны сәтті синтезделді. Нәтижесінде алынған (+)-камфора гидразоны өзіне тән кристалды құрылымы бар қатты зат болды. Өнімнің шығымы бөлініп алынған заттың массасы мен теориялық тұрғыдан мүмкін шығым негізінде есептелді, бұл бізге синтездің тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді. Таңдалған реакция жағдайлары өнімнің қанағаттанарлық шығыммен алынуын қамтамасыз ететіні анықталды.

Алынған қосылыс инфрақызыл спектрлер арқылы сипатталды, бұл оның құрылымын растайды. Инфрақызыл спектрлер KBr таблеткаларындағы 500-4000 cm^{-1} толқын ұзындығы диапазонында ФСМ - 1201 Фурье - спектрофотометрінде түсірілді. ИҚ спектрінде гидразонның пайда болуының негізгі дәлелі ретінде $\text{C}=\text{O}$ жоғалуы және $\text{C}=\text{N}$ пайда болуы көрсетіледі.

Бұл әдіс мақсатты өнімді жеткілікті жоғары өнімділікпен алудың қарапайым және тиімді әдісі болып табылады. Зерттеу табиғи монотерпеноидтар негізінде гидразон туындыларын алу мүмкіндігін көрсетеді және олардың қасиеттерін әрі қарай зерттеуге және оның практикалық қолданылу аясын кеңейту үшін пайдалануға негіз болады.

Сонымен, табиғи заттар негізінде биологиялық белсенді қосылыстар мен функционалды материалдарды жасауға деген қызығушылықтың артуына байланысты камфора гидразондарының синтезі мен модификациясы өзекті мәселе болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ

1. Xiao S., Yu H., Xie Y., Guo Y., Fan J., Yao W. The anti-inflammatory potential of *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl essential oil in vitro and in vivo. *J. Ethnopharmacol.* 2021, 267, 113516. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113516
2. Chen J., Tang C., Zhang R., Ye S., Zhao Z., Huang Y., Xu X., Lan W., Yang D. Metabolomics analysis to evaluate the antibacterial activity of the essential oil from the leaves of *Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl. *J. Ethnopharmacol.* 2020, 253, 112652. DOI: 10.1016/j.jep.2020.112652
3. Emerson T. da Silva, Adriele da Silva Araújo, Adriana M. Moraes, Leidiane A. de Souza, Maria Cristina Silva Lourenço, Marcus V. N. de Souza, James L. Wardell and Solange M.S.V. Wardell. Synthesis and Biological Activities of Camphor Hydrazone and Imine Derivatives // *Sci. Pharm.* – 2016. – Vol. 84. – P. 467–483; doi:10.3390/scipharm84030467.
4. Sokolova A.S., Yarovaya O.I., Shernyukov A.V., Pokrovsky M.A., Pokrovsky A.G., Lavrinenko V.A., Zarubaev V.V., Tretiak T.S., New quaternary ammonium camphor derivatives and their antiviral activity, genotoxic effects and cytotoxicity//*Bioorg.Med.Chem.*–2013.–Vol.21.–P. 6690–6698.
5. Vladislav V. Oreshko, Kseniya S. Kovaleva, Ekaterina D. Mordvinova, Olga I. Yarovaya, Yuri V. Gatilov, Dmitry N. Shcherbakov, Nikolai I. Bormotov, Olga A. Serova, Larisa N. Shishkina and Nariman F. Salakhutdinov (2022) Synthesis and Antiviral Properties of Camphor-Derived Iminothiazolidine-4-Ones and 2,3-Dihydrothiazoles. *V. 27(15).* — P. 14.

Нұрғазы Г.Н. (академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)
 Септесін Е.Е. (академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)
 Әбдірәсіл З.Н. (академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)
 Оспанова А.С. (академик Е.А. Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ)

ҮШ КОМПОНЕНТТІ ЛИТИЙ-СИЛИКАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІ ТРИАНГУЛЯЦИЯЛАУДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ АЛГОРИТМДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІ

Литий силикаттары кристалдық құрылымына байланысты жоғары технологиялық материалдар болып табылады. Олардың беттік қабаттарындағы адсорбциялық орталықтар қышқыл газдарды (әсіресе CO_2) тиімді сіңіруге және кристалдық тордағы вакансиялар мен құрылымдық деформациялары электрондық өткізгіштікке мүмкіндік береді [1,2]. Литий силикаты қосылыстарының мұндай қасиеттері олардың практикалық құндылығын кеңейтеді.

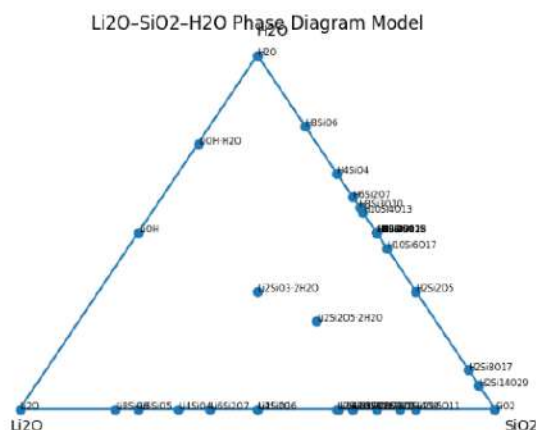
Жұмыстың мақсаты үш компонентті $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ жүйесінің термодинамикалық аспектіде триангуляциясын жүргізіп құрамын-қасиетін сипаттайтын геометриялық моделін жасанды интеллект арқылы алу.

Берілген жүйеде 35 қосылыс. Қосылыстардың, ионды инкрементті әдісімен [3] есептелген, Гиббс энергиясының мәні 1 кесте берілген.

Кесте 1. $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ жүйесі қосылыстары, Гиббс энергиясының мәні

№	Химиялық формула	$-G_{298}^0$, кДж/моль	№	Химиялық формула	$-\Delta_f G_{298}^0$, кДж/моль	№	Химиялық формула	$-\Delta_f G_{298}^0$, кДж/моль
1	Li_2O	561,1	13	$\text{H}_6\text{Si}_3\text{O}_9$	3976,9	25	$\text{Li}_2\text{Si}_5\text{O}_{11}$	4953,81
2	SiO_2	853,3	14	H_8SiO_6	2721	26	Li_4SiO_4	2163,02
3	H_2O	237,20	15	$\text{H}_8\text{Si}_3\text{O}_{10}$	4442	27	$\text{Li}_4\text{Si}_2\text{O}_6$	3023,53
4	LiOH	442,2	16	$\text{H}_8\text{Si}_4\text{O}_{12}$	5302,5	28	Li_6SiO_5	2814,28
5	$\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$	682,2	17	$\text{H}_{10}\text{Si}_4\text{O}_{13}$	5767,6	29	$\text{Li}_6\text{Si}_2\text{O}_7$	3674,79
6	H_2SiO_3	1325,6	18	$\text{H}_{10}\text{Si}_5\text{O}_{15}$	6628,1	30	$\text{Li}_6\text{Si}_7\text{O}_{17}$	7977,34
7	$\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	2186,1	19	$\text{H}_{10}\text{Si}_6\text{O}_{17}$	7488,6	31	Li_8SiO_6	3465,53
8	$\text{H}_2\text{Si}_8\text{O}_{17}$	7349,2	20	$\text{H}_{12}\text{Si}_6\text{O}_{18}$	7953,7	32	$\text{Li}_{60}\text{Si}_{70}\text{O}_{170}$	79775,4
9	$\text{H}_2\text{Si}_{14}\text{O}_{29}$	12512,3	21	Li_2SiO_3	1511,8	33	$\text{Li}_{66}\text{Si}_{67}\text{O}_{167}$	87441,0
10	H_4SiO_4	1790,7	22	$\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	2372,3	34	$\text{Li}_2\text{SiO}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1991,77
11	$\text{H}_4\text{Si}_2\text{O}_6$	2651,2	23	$\text{Li}_2\text{Si}_3\text{O}_7$	3232,8	35	$\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2852,28
12	$\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$	3116,35	24	$\text{Li}_2\text{Si}_4\text{O}_9$	4093,3			

$\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ жүйесінің фазалық құрылымын сандық модельдеу мақсатында есептеу алгоритмдері Python бағдарламалау ортасында жүзеге асырылды. Жүйедегі қосылыстардың құрамдық қатынастары негізінде үш компонентті координаталар анықталды (сурет 1).



1-сурет. Python бағдарламасы бойынша Li_2O - SiO_2 - H_2O жүйесінің Гиббс-Розебом үшбұрышы жазықтығындағы қосылыстар координатасы

Жүйенің трангуляциясының термодинамикалық аспектілері Гиббс энергиясының көрсеткіштері негізінде жүргізіледі. Реакциялардың бағыты Гесс заңы, Каблуков ережесі [3] бойынша анықталады.

Delaunay триангуляциясы — бұл берілген нүктелер жиынтығы үшін ең «тиімді» үшбұрыштар торын құрудың математикалық әдісі. Химиялық жүйелерде, бұл әдіс фазалық диаграмманы автоматты түрде ФББ-ларға бөлу үшін таптырмас құрал.

Химиялық жүйе үшін қолданғанда 35 қосылыс Delaunay [4] алгоритміне енгізіледі, ол мынадай қадамдармен жүзеге асады:

1. Координаталарды енгізу: Әрбір қосылыстың (№1–35) Гиббс-Розебом үшбұрыш жазықтығындағы орны анықталады (1 сурет).

2. Торды құру: Python-дағы `scipy.spatial`. Delaunay функциясы барлық нүктелерді біріктіріп, қиылыспайтын үшбұрыштар жиынтығын береді.

3. Термодинамикалық сүзгі: Делоне триангуляциясы тек геометриялық әдіс. Сондықтан, шыққан ФББды Гиббс энергиясымен тексеру қажет.

Берілген әдіс негізінде $\text{Li}_2\text{O} - \text{H}_8\text{SiO}_6 - \text{LiOH}$ (1-14-4), $\text{LiOH} - \text{H}_8\text{SiO}_6 - \text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (4-14-5), $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{H}_8\text{SiO}_6 - \text{H}_2\text{O}$ (5-14-3), $\text{Li}_2\text{O} - \text{H}_8\text{SiO}_6 - \text{Li}_6\text{Si}_7\text{O}_{17}$ (1-14-30) сияқты ФББ анықталды.

Сонымен, Delaunay әдіс негізінде көп компонентті жүйелерді автоматты түрде тұрақты ФББ-ларға бөлуіп, диаграмманың геометриялық моделінің жобасын алуға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. N.K. и A.C. Defects, dopants and Li-ion diffusion in Li_2SiO_3 . *Solid State Ionics*, 335 (2019): 61–66.
2. J. Du & L.R. Corrales Characterization of the structural and electronic properties of crystalline lithium silicates. *J Phys Chem B*. -2006 Nov 16;110(45):22346-52.
3. Алдабергенов М.К., Балакаева Г.Т. Взаимодействия в многокомпонентных системах *Вестник КазНУ, Серия химическая*, -№4 (48), -2007, -С. 66–70
4. Cheng, S. W., Dey, T. K., and Shewchuk, J. "Delaunay Mesh Generation" (2012).

Оралова А.Т. (Караганда, КарТУ им. Абылкаса Сагинова)
Цой Н.К. (Караганда, КарТУ им. Абылкаса Сагинова)
Цешковская Е.А. (Караганда, КарТУ им. Абылкаса Сагинова)

СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД МЕТОДОМ КОАГУЛЯЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ (III)

Защита окружающей среды в целом и водных ресурсов в частности является актуальной проблемой современности не только в глобальном масштабе, но также и в Казахстане.

В современной инженерной практике очистки сточных вод методы коагуляции занимают приоритетное положение благодаря их высокой эффективности в удалении мелкодисперсных и коллоидных примесей. Одним из наиболее востребованных и экономически доступных реагентов для этих целей является сульфат алюминия, получаемый путем кислотной переработки минерального сырья. Процесс очистки базируется на гидролизе соли и последующем формировании цепочек гидроксида алюминия, обладающих высокой адсорбционной способностью по отношению к нефтепродуктам и ПАВ. При этом достижение оптимальных результатов требует соблюдения физико-химических параметров, таких как дозировка коагулянта, температура и уровень pH среды.

Используемый для очистки воды сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ - неочищенный технический продукт, представляющий собой куски серовато-зеленоватого цвета, получаемые путем обработки бокситов, нефелинов или глин серной кислотой. Он должен содержать не менее 9% Al_2O_3 , что соответствует содержанию порядка 30% чистого сульфата алюминия.

Очищенный сульфат алюминия получают в виде плит серовато-перламутрового цвета из неочищенного продукта или из глинозема растворением в серной кислоте. Он должен иметь не менее 13,5% Al_2O_3 , что соответствует содержанию 45% сульфата алюминия.

Этот коагулянт хорошо растворим в воде, и имеет относительно низкую стоимость. Его применяют в сухом виде или в виде 50%-го раствора.

На степень очистки сточной воды влияет полнота протекания гидролиза сульфата алюминия, которая зависит от концентрации коагулянта в растворе, температуры и уровня pH.

Оптимальной концентрацией сульфата алюминия является 250 мг/дм³ [1]. При недостатке коагулянта образующегося при гидролизе гидроксида алюминия недостаточно для полной коагуляции содержащихся в сточной воде нефтепродуктов, так как образованию крупных агрегатов способствует слабое пересыщение раствора коагулянтом.

При дальнейшем повышении концентрации $Al_2(SO_4)_3$ (больше 250 мг/дм³) на процессе коагуляции негативно сказывается увеличение содержания в воде ионов SO_4^{2-} из-за резкого снижения устойчивости частиц и образования большого количества центров коагуляции. Их одновременное сосуществование препятствует росту каждого из них: в обрабатываемой воде при этом появляется большое количество очень мелких, трудно оседающих хлопьев.

Растворимость гидроксида алюминия в кислой среде прямо пропорциональна третьей степени концентрации водородных ионов $[H^+]^3$, а в щелочной – обратно пропорциональна $[H^+]$. Концентрация водородных ионов, при которой гидроксид алюминия имеет минимальную растворимость, лежит в интервале рН=6,5...7,0. При более низких значениях рН образуются частично растворимые основные соли. При более высоких значениях рН происходит растворение гидроксида алюминия до алюминатов, концентрация $Al(OH)_3$ уменьшается, что негативно сказывается на качестве очистки воды. При очистке сточных вод от нефтепродуктов, как показали исследования, оптимальным является значение рН=6,5 [1].

При введении коагулянта в обрабатываемую воду важно обеспечить равномерность его распределения в ее объеме. В той части воды, где доза коагулянта будет явно недостаточна, процесс коагуляции не произойдет. В другой части объема воды, где доза в избытке, будут образовываться очень крупные рыхлые хлопья с большим количеством «захваченной» воды. Их плотность будет близка к плотности воды и поэтому они будут находиться в состоянии безразличного равновесия, не выпадая в осадок. И только в той части объема обрабатываемой воды, где доза коагулянта близка к оптимальной, процесс коагуляции будет протекать нормально. То есть равномерное распределение коагулянта во всей массе обрабатываемой воды является необходимым условием для обеспечения надлежащего эффекта процесса коагулирования примесей воды.

Конечным продуктом процесса коагуляции примесей воды являются хлопья, которые выделяются при осаждении флотацией или фильтрованием. По своей структуре хлопья представляют собой цепочки гидроксида алюминия, на поверхности которых адсорбированы коллоидные и мелко-дисперсные примеси.

Поверхность коагулянта адсорбирует не только нефтепродукты, но и другие примеси, такие как поверхностно-активные вещества различных классов, жиры, масла. Эффективность очистки составит 70% [1].

Таким образом, сульфат алюминия является достаточно эффективным реагентом при очистке сточных вод от нефтепродуктов и других подобных загрязняющих веществ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Кожухметов Б.Т. Исследование очистки сточных вод от нефтепродуктов и математическая обработка полученных результатов // Труды КарГТУ, 2003, №4, С. 61-63.

Өнерхан Г. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазУТБ)
Аканова А.А. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазУТБ)

«КӨКШЕТАУ» МҰТП АУМАҒЫНДАҒЫ СИРЕК ӨСІМДІК ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚОРҒАУДЫҢ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ

Қазақстан Республикасында табиғи экожүйелерді сақтау және биоалуантүрлілікті қорғау мәселесі қазіргі кезеңде тек ұлттық деңгейдегі ғана емес, сонымен қатар жаһандық экологиялық проблемалардың бірі ретінде қарастырылады. Соңғы онжылдықтарда табиғи жүйелерге түсетін антропогендік жүктеменің артуы, климаттың өзгеруі, урбанизация және табиғи ресурстарды тиімсіз пайдалану нәтижесінде көптеген өсімдік түрлерінің таралу аймағы тарылып, кейбіреулері жойылып кету қаупіне ұшырауда. Әсіресе сирек және реликт өсімдіктердің азаюы экожүйелердің тұрақтылығына тікелей әсер етіп, табиғи тепе-теңдіктің бұзылуына әкеледі. Осыған байланысты сирек флора өкілдерін зерттеу, олардың экологиялық ерекшеліктерін анықтау және тиімді қорғау механизмдерін әзірлеу экология ғылымының басым бағыттарының бірі болып табылады [1].

Қазақстан аумағы өзінің табиғи-климаттық жағдайларының алуан түрлілігімен ерекшеленеді. Ел аумағында орманды-дала, дала, шөлейт және шөл зоналары кездеседі, бұл өсімдіктер дүниесінің бай әрі әртүрлі болуына негіз болады. Алайда соңғы жылдары табиғи экожүйелердің трансформациялануы мен деградациясы байқалуда. Бұл үрдістер әсіресе антропогендік ықпалға сезімтал сирек түрлердің санына кері әсерін тигізуде. Сондықтан ерекше қорғалатын табиғи аумақтар (ЕҚТА) жүйесі биоалуантүрлілікті сақтаудың негізгі құралдарының бірі болып саналады.

Осы тұрғыдан алғанда, «Көкшетау» мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің флорасын зерттеу ерекше ғылыми және практикалық маңызға ие. Бұл табиғи аумақ Солтүстік Қазақстанның орманды-дала аймағында орналасып, геоботаникалық тұрғыдан өтпелі белдеу ретінде сипатталады. Аталған аумақта орман, дала және гидроморфты экожүйелердің үйлесуі байқалады, бұл өз кезегінде өсімдік жамылғысының жоғары алуантүрлілігін қамтамасыз етеді [2]. Мұндай экологиялық жағдайлар сирек және эндемикалық түрлердің қалыптасуына және сақталуына қолайлы орта қалыптастырады.

Ұлттық парктің құрылуы табиғи кешендерді қорғау қажеттілігінен туындады. Соңғы жылдары рекреациялық қызметтің қарқынды дамуы, туристік инфрақұрылымның кеңеюі, орман ресурстарын пайдалану және ауыл шаруашылығы мақсатында жер игеру экожүйелерге айтарлықтай қысым түсіруде. Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, табиғи жүйелердің бұзылуы көбінесе өсімдік жамылғысының деградациясынан басталады. Бұл

процесс топырақтың эрозиясына, ылғал режимінің өзгеруіне және жалпы экожүйенің тұрақсыздануына алып келеді [3].

Жүргізілген флористикалық зерттеулер нәтижесінде «Көкшетау» МҰТП аумағында Қазақстан Республикасының Қызыл кітабына енгізілген 12 өсімдік түрі және сирек кездесетін 30-дан астам түр анықталды. Бұл көрсеткіштер зерттелген аумақтың жоғары флористикалық құндылығын дәлелдейді. Сирек өсімдіктердің таралуы көбінесе нақты экологиялық факторларға тәуелді екені анықталды, олардың ішінде ылғалдылық деңгейі, топырақтың типі, рельеф ерекшеліктері және микроклимат маңызды рөл атқарады.

Филиалдар бойынша жүргізілген салыстырмалы талдау сирек өсімдіктердің таралуының кеңістіктік ерекшеліктерін айқындауға мүмкіндік берді. Атап айтқанда, Шалқар, Зеренді және Арықбалық филиалдары сирек түрлерге бай аймақтар ретінде анықталды. Бұл аумақтарда ылғалдың жеткілікті болуы, топырақтың жоғары құнарлылығы және салыстырмалы түрде тұрақты микроклимат өсімдіктердің дамуына қолайлы жағдай жасайды. Ал құрғақ, ашық және жел әсеріне ұшырайтын аумақтарда ксерофитті өсімдіктердің үлесі басым келеді, бұл экологиялық жағдайлардың әркелкілігін көрсетеді.

Флораның экологиялық құрылымын талдау барысында мезофиттер мен ксеромезофиттердің басым екендігі анықталды. Бұл жағдай зерттеліп отырған аумақтың орташа ылғалданған табиғи жағдайларымен түсіндіріледі. Сонымен қатар су маңы және батпақты жерлерде гигрофиттер кездессе, құрғақ учаскелерде ксерофиттер таралған. Мұндай әртүрлілік табиғи кешендердің экологиялық мозаикалылығын сипаттайды және биоалуантүрліліктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді.

Жекелеген өсімдік түрлерінің таралу ерекшеліктерін талдау олардың экологиялық бейімделу мүмкіндіктерін бағалауға мүмкіндік береді. Мысалы, *Pulsatilla flavescens* және *Dactylorhiza fuchsii* түрлерінің барлық филиалдарда кездесуі олардың кең экологиялық амплитудаға ие екенін көрсетеді. Бұл түрлер әртүрлі топырақ-климаттық жағдайларға бейімделген. Ал *Platanthera bifolia*, *Cypripedium macranthon* және *Cypripedium calceolus* түрлерінің таралу аймағы шектеулі болып, негізінен ылғалды орманды учаскелермен байланысты. Бұл олардың экологиялық талаптарының жоғары және тар екенін дәлелдейді.

Ғылыми зерттеудің маңызды аспектілерінің бірі – геоакпараттық жүйелер (ГАЖ) технологияларын пайдалану болып табылады. ГАЖ негізінде сирек өсімдіктердің таралу карталарын құру олардың кеңістіктік орналасуын дәл анықтауға, популяциялардың жағдайын бағалауға және динамикасын бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар ГАЖ технологиялары табиғи ресурстарды басқару мен экологиялық мониторинг жүйесінде тиімді құрал ретінде кеңінен қолданылады.

Сирек өсімдіктердің таралуына антропогендік факторлардың әсері айтарлықтай маңызды. Рекреациялық жүктеменің артуы, орман кесу, жер пайдалану құрылымының өзгеруі, сондай-ақ мал жайылымының күшеюі табиғи мекен ету ортасының бұзылуына алып келеді. Мұндай жағдайларда экологиялық тұрғыдан сезімтал түрлердің популяциялары тез қысқарады және олардың табиғи қалпына келу мүмкіндігі төмендейді. Сондықтан антропогендік қысымды ғылыми негізде реттеу маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Сирек өсімдіктерді қорғаудың ғылыми негіздері экожүйелік және популяциялық тәсілдерді үйлестіруге негізделуі тиіс. Қазіргі уақытта биоалуантүрлілікті сақтау халықаралық конвенциялар, ұлттық бағдарламалар және заңнамалық актілер арқылы жүзеге асырылуда. Осы бағытта келесі негізгі шараларды атап көрсетуге болады:

- сирек түрлердің таралуын жүйелі мониторингтеу және деректер базасын қалыптастыру;
- ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың желісін кеңейту және қорғау режимін күшейту;
- табиғи мекен ету орталарын сақтау және қалпына келтіру;
- антропогендік жүктемені реттеу;
- экологиялық білім беру мен қоғамның экологиялық мәдениетін арттыру [4].

Сонымен қатар, сирек өсімдіктерді сақтауда ғылыми зерттеулердің нәтижелерін практикалық басқару шешімдеріне енгізу маңызды. Бұл ретте экожүйелердің тұрақтылығын сақтау, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану және қоршаған ортаны қорғау шараларын үйлестіру қажет.

Қорытындылай келе, «Көкшетау» МҰТП аумағындағы сирек өсімдіктердің таралуын зерттеу олардың экологиялық ерекшеліктерін, таралу заңдылықтарын және қоршаған орта факторларымен байланысын анықтауға мүмкіндік береді. Алынған ғылыми нәтижелер биоалуантүрлілікті сақтау, экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз ету және табиғи ресурстарды тиімді басқару үшін маңызды ғылыми негіз болып табылады. Сонымен қатар бұл зерттеулер аймақтық және ұлттық деңгейде табиғатты қорғау стратегияларын әзірлеуде маңызды рөл атқарады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Көпеева Ж.Т., Мұхамбетқалиев Е.М. «Көкшетау» МҰТП флорасы мен өсімдіктер жамылғысы. // Ботаникалық журнал. – 2019. – №3. – Б. 45–52.
2. Мухамедиев Т.С., Тасбулатов М.М. «Көкшетау» МҰТП аумағындағы экологиялық мониторинг. – Көкшетау, 2021.
3. Мұхамбетқалиев Е.М. Редкие и исчезающие виды растений северного Казахстана (на примере Кокшетауского ГНПП). – Алматы: Ғылым, 2018. – 212 б.
4. Байтуллин И.О. Биоразнообразие и охрана флоры Кокшетауского государственного национального природного парка. – Астана: Фолиант, 2020. – 196 б.

Өнерхан Г. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазУТБ)
Хамит А.Ж. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазУТБ)
Иварай А. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазУТБ)

ИМАНТАУ КӨЛІНІҢ АЛЬГОФЛОРАСЫ ЖӘНЕ СУ САПАСЫН САПРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН БАҒАЛАУ

Қазіргі кезеңде су экожүйелерінің экологиялық жағдайын бағалау мәселесі ерекше ғылыми және практикалық маңызға ие. Антропогендік факторлардың күшеюі, әсіресе рекреациялық жүктеменің артуы табиғи су айдындарының құрылымы мен қызметіне елеулі өзгерістер енгізуде. Қазақстандағы маңызды рекреациялық аумақтардың бірі болып табылатын «Көкшетау» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі құрамындағы Имантау көлі жоғары туристік әлеуетімен ерекшеленеді. Осыған байланысты аталған су айдынының экологиялық жағдайын кешенді зерттеу қажеттілігі туындайды.

Су экожүйелерінің жағдайын бағалауда биоиндикациялық әдістер кеңінен қолданылады. Әсіресе микробалдырлар су ортасының физика-химиялық өзгерістеріне жоғары сезімталдығымен ерекшеленеді және су сапасының сенімді индикаторы болып табылады [1]. Олардың түрлік құрамы мен сапробтық құрылымы су экожүйесінің ластану деңгейін, трофикалық жағдайын және тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді. Осы зерттеудің мақсаты – Имантау көлінің альгофлорасының таксономиялық құрамын анықтау, индикатор-сапробты түрлер негізінде су сапасына экологиялық баға беру және экожүйенің тұрақтылық деңгейін анықтау.

Зерттеу жұмыстары 2024–2025 жылдары көктем, жаз және күз мезгілдерінде жүргізілді. Су сынамалары көлдің әртүрлі учаскелерінен, атап айтқанда жағалау аймақтарынан, рекреациялық жүктемесі жоғары учаскелерден және ашық су бөліктерінен алынды. Зерттеу барысында планктондық және перифитондық микробалдырлар қарастырылды. Микробалдырлардың түрлік құрамын анықтау үшін классикалық альгологиялық әдістер [2,3], микроскопиялық талдау және арнайы анықтағыш әдебиеттер пайдаланылды. Су сапасын бағалау Пантле–Букка әдісі (Сладечек модификациясы) [4] бойынша жүргізіліп, сапробтылық индексі (S) индикатор түрлердің экологиялық мәні мен олардың кездесуі жиілігіне негізделіп есептелді [5].

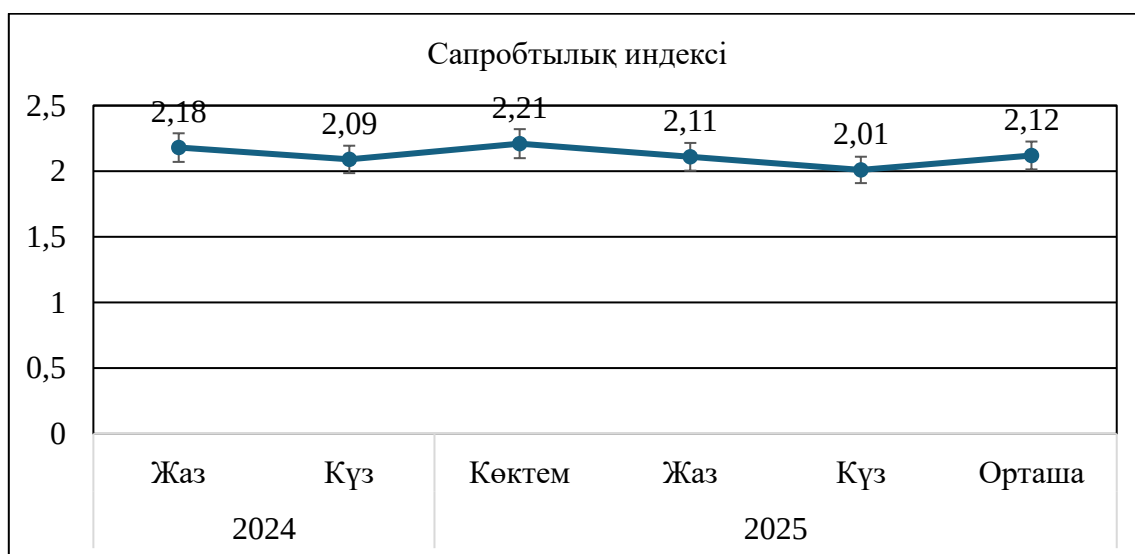
Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Имантау көлінен 6 бөлімге жататын 106 микробалдыр түрі анықталды. Олардың ішінде *Bacillariophyta* бөлімі – 36%, *Chlorophyta* – 33%, *Cyanophyta* – 25%, ал қалған бөлімдер (*Charophyta*, *Xanthophyta*, *Euglenophyta*) аз үлесті құрады. Диатомды және жасыл балдырлардың басым болуы су экожүйесінің салыстырмалы тұрақтылығын, сондай-ақ жоғары биологиялық өнімділігін көрсетеді. Альгофлораның түрлік әртүрлілігінің жоғары болуы (106 түр) көл

экожүйесінде әртүрлі экологиялық топтардың өкілдері үшін қолайлы жағдай қалыптасқанын дәлелдейді. Мұндай жағдай, өз кезегінде, трофикалық тізбектің толық қалыптасқанын және су экожүйесінің күрделі құрылымға ие екенін көрсетеді.

Биоиндикациялық талдау нәтижесінде Имантау көлінен 47 индикатор-сапробты микробалдыр түрі анықталды. Олардың ішінде β -мезосапробты түрлердің басым болуы су айдынының орташа деңгейде органикалық заттармен ластанғанын көрсетеді. Сонымен қатар олигосапробты және ксеносапробты түрлердің кездесуі көлдің жекелеген бөліктерінде салыстырмалы түрде таза учаскелердің бар екенін дәлелдейді. Ал α -мезосапробты және полисапробты түрлердің сирек кездесуі су айдынында жоғары деңгейдегі органикалық ластанудың кең таралмағанын көрсетеді.

Зерттеу барысында *Oscillatoria spp.*, *Anabaena constricta* сияқты цианобактериялардың тіркелуі ерекше назар аудартады. Бұл түрлердің болуы су айдынында биогендік элементтердің (азот, фосфор) жеткілікті мөлшерде екенін және эвтрофикация процесінің басталу қаупі бар екенін көрсетеді. Мұндай жағдайлар ұзақ мерзімді перспективада су сапасының нашарлауына және «гүлдену» құбылысының күшеюіне әкелуі мүмкін.

Сапробтылық индексінің маусымдық өзгерісі зерттеу нәтижелерінде айқын байқалды. 2024 жылы S көрсеткіші 2,09–2,18 аралығында, ал 2025 жылы 2,01–2,21 аралығында өзгеріп, орташа мәні 2,12-ге тең болды (1-сурет). Көктем мезгілінде қар еріген кезде шайынды сулардың түсуіне байланысты ластану деңгейі жоғарылағаны байқалды. Жаз мезгілінде фитопланктонның қарқынды дамуы нәтижесінде су экожүйесінде белгілі бір тұрақтану байқалады, ал күз мезгілінде судың салқындауы мен араласуы нәтижесінде органикалық жүктеме азайып, су сапасы жақсарады.



1-сурет – Имантау көлінің мезгілдік экологиялық жағдайы

Кеңістіктік талдау нәтижесінде көлдің әртүрлі бөліктерінде сапробтылық индексі 1,92–2,33 аралығында өзгеретіні анықталды. Көл ортасында көрсеткіштердің төмен болуы су массасының жақсы араласуын және табиғи өзін-өзі тазарту процестерінің тиімді жүретінін көрсетеді. Ал жағалау және рекреациялық аймақтарда, әсіресе демалыс базалары маңында, сапробтылық индексінің жоғары болуы антропогендік жүктеменің әсерін айғақтайды.

Алынған нәтижелер Имантау көлінің экожүйесінің жалпы алғанда салыстырмалы тұрақты екенін көрсетеді. Альгофлораның жоғары әртүрлілігі мен таза суды индикаторлайтын түрлердің болуы экожүйенің өзін-өзі реттеу және тазарту қабілетінің сақталғанын дәлелдейді. Алайда β-мезосапробты түрлердің басым болуы су айдынына органикалық заттардың тұрақты түрде түсетінін көрсетеді. Бұл факторлардың негізгі көздері ретінде рекреациялық жүктеме, тұрмыстық шайынды сулар және табиғи органикалық заттардың ыдырау өнімдері қарастырылады.

Жалпы алғанда, жүргізілген зерттеу нәтижелері Имантау көлінің суы β-мезосапробты аймаққа жататынын көрсетті, яғни су орташа деңгейде органикалық ластануға ұшыраған. Сонымен қатар эвтрофикация белгілерінің байқалуы көл экожүйесінің болашақтағы жағдайына қатысты белгілі бір экологиялық қауіптердің бар екенін көрсетеді. Сондықтан су сапасына тұрақты мониторинг жүргізу, рекреациялық жүктемені реттеу және биогендік заттардың түсуін шектеу маңызды экологиялық шаралар болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Өнерхан Г. Микробалдырларды биоиндикация және биологиялық тест жүргізуге пайдалану. Монография. – Көкшетау, 2013. – 131 б.
2. Определитель пресноводных водорослей СССР / Отв. ред. М.М. Голлербах. - Л.: Наука, 1951. – Т.1-14.
3. Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа воды. Приложение I. Индикаторы сапробности. - М.: СЭВ, 1977. - С. 11-42.
4. Sladeček V. Diatoms as indicators of organic pollution // Acta hydrochim. et hydrobiol. – 1986. – Т. 14. – N 5. – P. 555-566.
5. Баринаева С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЁНОЙ ЭКОНОМИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ «VARNET»)

По данным ФАО ООН, агропромышленный комплекс обеспечивает около 26% мировых выбросов парниковых газов, потребляет порядка 70% пресной воды и занимает свыше 50% обитаемой суши. В этих условиях переход предприятий пищевой промышленности к принципам зелёной экономики приобретает стратегическое значение: снижение ресурсоёмкости, минимизация отходов и использование возобновляемых источников энергии непосредственно влияют на конкурентоспособность бизнеса.

В Узбекистане данное направление закреплено в Стратегии перехода к «зелёной» экономике на 2019–2030 гг. и Концепции охраны окружающей среды до 2030 года. Предприятие «Varnet», последовательно реализующее экологически ответственное производство с 2022 года, выбрано в качестве объекта исследования.

Зелёная экономика (ЮНЕП) — экономика, обеспечивающая рост благосостояния при снижении экологических рисков. В пищевой промышленности она реализуется через: циркулярность (повторное вовлечение отходов), ресурсную эффективность (снижение удельного потребления воды, энергии, сырья), декарбонизацию и экологическую ответственность цепочки поставок.

Химико-биологические инструменты включают замену синтетических консервантов на биологические аналоги (низин, лизоцим, экстракты розмарина), ферментационные технологии, биоразлагаемую упаковку на основе крахмала, хитозана или полилактида.

«Varnet» — производитель молочных продуктов и полуфабрикатов (48 т/сут., 320 чел.). По итогам экологического аудита 2023 г. (подготовка к ISO 14001) зафиксированы исходные показатели: удельное водопотребление — 8,4 л/кг (норматив 4,5–5,2 л/кг); расход тепловой энергии — 0,92 МДж/кг (норматив ЕС 0,55–0,65 МДж/кг); доля отходов, вывозимых на полигон, — 34%; доля синтетических добавок в рецептурах — 61%.

SWOT-анализ выявил: сильные стороны — современное оборудование (средний возраст 6 лет), собственная лаборатория, мотивированный менеджмент; слабые — отсутствие пообъектного учёта воды, зависимость от импортного ПЭТ; возможности — рост спроса на clean label-продукты, доступ к «зелёному» финансированию; угрозы — рост

себестоимости при переходе на биодобавки (+8–12%), дефицит сертифицированных поставщиков.

На основе анализа и опыта Valio, Arla Foods, Lactalis разработана модель «зелёной» производственной системы:

Модуль 1 «Зелёное сырьё и рецептуры»: переход к сертифицированным поставщикам, замена синтетических добавок биологическими аналогами, clean label. Апробация: консервант E211 заменён системой на основе низина с CO₂-упаковкой без потери срока годности.

Модуль 2 «Ресурсоэффективное производство»: замкнутый водооборот, рекуперация тепла конденсата, оптимизация CIP-мойки ферментными препаратами. Прогноз: водопотребление — до 5,1 л/кг (–39%), тепло — до 0,61 МДж/кг (–34%).

Модуль 3 «Циркулярное управление отходами»: переработка сыворотки в белок WPC-35, биогазификация органических остатков (установка 45 кВт — до 18% тепловой энергии), компостирование. Прогноз: доля полигонных отходов — с 34% до 5–7%.

Модуль 4 «Экологическая упаковка»: поэтапный переход на биополимерный PLA, многооборотная тара для HoReCa, QR-коды экопаспорта продукта.

Модуль 5 «Мониторинг и верификация»: цифровые KPI по воде, энергии, эмиссиям и отходам в реальном времени; ежегодный независимый аудит; нефинансовая отчётность по GRI Standards.

В 2023–2024 гг. реализованы мероприятия модулей 1–3. За 12 месяцев достигнуто: водопотребление снижено с 8,4 до 6,1 л/кг (–27,4%); расход тепловой энергии — с 0,92 до 0,74 МДж/кг (–19,6%); доля полигонных отходов — с 34% до 14%; доля синтетических добавок — с 61% до 28%.

Исследование подтверждает экономическую целесообразность и технологическую реализуемость перехода «Varnet» к принципам зелёной экономики. За первые 12 месяцев пилотного внедрения экологическая нагрузка снижена по основным показателям на 19–27% при сроке окупаемости менее двух лет. Разработанная пятимодульная модель рекомендована для тиражирования на других предприятиях пищевой промышленности Узбекистана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. UNEP. *Green Economy: Developing Countries Success Stories*. — Nairobi, 2020. — 108 p.
2. *Стратегия перехода РУз к «зелёной» экономике на 2019–2030 гг. Указ Президента № УП-5712 от 04.10.2019.*
3. FAO. *The State of Food and Agriculture 2022*. — Rome: FAO, 2022. — 212 p.
4. Азимов Ш.Б. *Озиқ-овқат саноатида ресурс самарадорлигини ошириш // Иқтисодиёт ва инновацион технологиялар*. — 2023. — №2. — Б. 44–53.
5. ISO 14040:2006. *Environmental Management — Life Cycle Assessment*. — Geneva: ISO, 2006.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕСТОРАНА ВЫСШЕЙ КАТЕГОРИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В 2023 году Узбекистан посетили свыше 6,7 млн иностранных туристов — в 2,3 раза больше, чем в 2019 году. Рост туристического потока повышает требования к предприятиям общественного питания высшей категории, которые выступают самостоятельным туристическим аттрактором и формируют гастрономический имидж дестинации. Между тем отсутствие научно обоснованной методики системного проектирования таких заведений применительно к условиям Узбекистана определяет актуальность настоящего исследования.

Выявлены диспропорции: из 487 заведений ресторанов высшей категории (4–5 звёзд) — лишь 11 (2,3%). При этом 67,4% опрошенных туристов недовольны качеством ресторанного обслуживания и считают это фактором, ограничивающим повторное посещение. Основные претензии: несоответствие санитарных условий международным стандартам (54,1%), низкий профессиональный уровень персонала (48,8%), отсутствие концептуальной целостности меню (41,2%), несоответствие ценовой политики уровню сервиса (38,5%). Ключевой барьер развития — отсутствие системной методологии проектирования с учётом специфики туристической дестинации.

На основе анализа и опыта Турции, ОАЭ и Грузии разработана концептуальная модель проектирования ресторана высшей категории как элемента туристической инфраструктуры.

Блок 1 «Гастрономическая концепция»: авторское меню на основе нутритивно-аутентичных продуктов с интеграцией технологий sous-vide и молекулярной гастрономии; сезонное меню по фенологическому календарю; дегустационное tasting menu для демонстрации узбекской кухни.

Блок 2 «Безопасность пищевой продукции»: НАССР-план с 7 критическими контрольными точками (приёмка сырья, хранение, первичная и тепловая обработка, охлаждение, порционирование, подача); производственная лаборатория экспресс-контроля; цифровой мониторинг температурного режима холодильной цепи.

Блок 3 «Технологическое проектирование»: зонирование кухни по поточному принципу (cold/hot/pastry kitchen, wash area) без перекрёстного загрязнения; оборудование для 150–200 посадочных мест (коэффициент оборачиваемости 1,8); вентиляция по нормам СанПиН ($\leq +16$ °C на горячем участке, воздухообмен 10–12/ч).

Блок 4 «Сервисная модель»: стандарты обслуживания по методу Blueprint (24 операции от резервирования до получения обратной связи); профили должностей (sommelier, maître d', шеф-повар) и система обучения; CRM для персонализации сервиса.

Блок 5 «Интеграция в туристическую инфраструктуру»: партнёрство с отелями 4–5* и туроператорами; гастрономические туры «Шёлковый путь на тарелке»; продвижение через TripAdvisor, Google Business и Instagram. Блок 6 «Контроль качества»: ежеквартальный Mystery Guest аудит; анализ отзывов через NPS; бенчмаркинг с ведущими ресторанами Центральной Азии.

Прогнозируемая среднемесячная выручка — 432,6 млн сумов (средний чек 250 000 сум в будни / 380 000 сум в выходные, оборачиваемость 1,8). Food cost ratio 28–32%, ФОТ 47 сотрудников — 89,3 млн сум/мес., совокупные операционные затраты — 285,4 млн сум/мес. Операционная прибыль — 147,2 млн сум/мес., рентабельность — 34,1%. Капитальные вложения — 2 840 млн сумов, срок окупаемости — 19–21 месяц (отраслевой бенчмарк 18–24 мес.). Дополнительный эффект для региона: по опыту Грузии и Турции, концептуальные гастрономические рестораны увеличивают среднюю продолжительность пребывания туристов на 0,4–0,7 дня.

Разработанная шестиблочная концептуальная модель интегрирует химико-биологические (НАССР, нутритивная аутентичность, микробиологический контроль), технологические (производственное проектирование) и сервисно-маркетинговые (Blueprint, CRM, гастрономический туризм) аспекты в единую проектную систему. Рентабельность 34,1% и срок окупаемости до 21 месяца подтверждают финансовую состоятельность модели. Тиражирование методологии на туристические центры Бухары, Хивы и Коканда создаст системную основу для формирования конкурентоспособной национальной гастрономической идентичности Узбекистана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ISO 22000:2018. Food Safety Management Systems. — Geneva: ISO, 2018.
2. Хашимов А.А. Туризм иқтисодиёти ва меҳмондўстлик индустрияси. — Тошкент: Иқтисодиёт, 2022. — 304 б.
3. UNWTO. Tourism and Culture Synergies. — Madrid: WTO, 2018. — 164 p.
4. Котлер Ф., Боуэн Дж., Мейкенз Дж. Маркетинг. Гостеприимство и туризм. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2019. — 1071 с.
5. Концепция развития туризма в РУз (2019–2025). Фармони ПФ-5326, 5 январь 2019.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТОМА ВОДОРОДА С
ДЕФЕКТАМИ В ЩЕЛОЧНЫХ СУЛЬФАТАХ

Известно, что кристаллы сульфата калия при введении в них трехвалентных ионов самария и гадолиния, гидрируются. Молекулы структурной воды оказывают сильное влияние на протекание радиационно-стимулированных процессов. Экспериментально установлено, что выход рекомбинационной люминесценции от данных объектов после термической обработки увеличивается более чем на три порядка. Мы связываем это с влиянием продуктов радиолиза молекул воды и их взаимодействием с радиационно-наведенными центрами в сульфатной подсистеме.

При радиолизе и фотолизе молекул воды образуется атомарный водород. Методами квантовой химии мы рассмотрели взаимодействие атома водорода с ионами SO_3^{-2} , SO_3^- и SO_4^- .

При моделировании взаимодействия радикалов SO_3^- и SO_4^- с атомарным водородом необходимо рассмотреть два возможных спиновых состояния. Суммарный спин может быть равен 1 (триплетное состояние) и 0 (синглетное состояние).

Дырочный центр SO_3^- имеет пирамидальное строение с симметрией точечной группы C_{3v} . Геометрическая структура данного центра были рассчитаны ранее. Эти результаты были взяты в качестве исходных. Расчеты энергии взаимодействия дефекта SO_3^- с атомом водорода показывают, что оптимальный путь реакции лежит на оси симметрии C_3 при приближении атомарного водорода H^0 к атому серы. Нами установлено, что в триплетной спиновой конфигурации дырочный центр SO_3^- не захватывает атом водорода. На потенциальной кривой их взаимодействия нет минимума, свидетельствующего о наличии связанного состояния. В синглетной конфигурации на потенциальной кривой имеется минимум по энергии, который указывает на образование комплекса $(\text{SO}_3\text{H})^-$. Образование данного непарамагнитного комплекса не имеет энергетического барьера и энергетически выгодно, т.к. приводит к понижению общей энергии системы. При присоединении атома водорода к иону SO_3^- геометрические параметры последнего изменяются. Поэтому была проведена полная оптимизация геометрических характеристик комплекса $(\text{SO}_3\text{H})^-$. После оптимизации его геометрии рассчитана потенциальная кривая отрыва атома водорода. Результат расчета приведен на рисунке 1. Анализ распределения электронной плотности по атомам позволил установить, что распад данного комплекса идет по следующей реакции: $(\text{SO}_3\text{H})^- \rightarrow \text{SO}_3^0 + \text{H}^-$

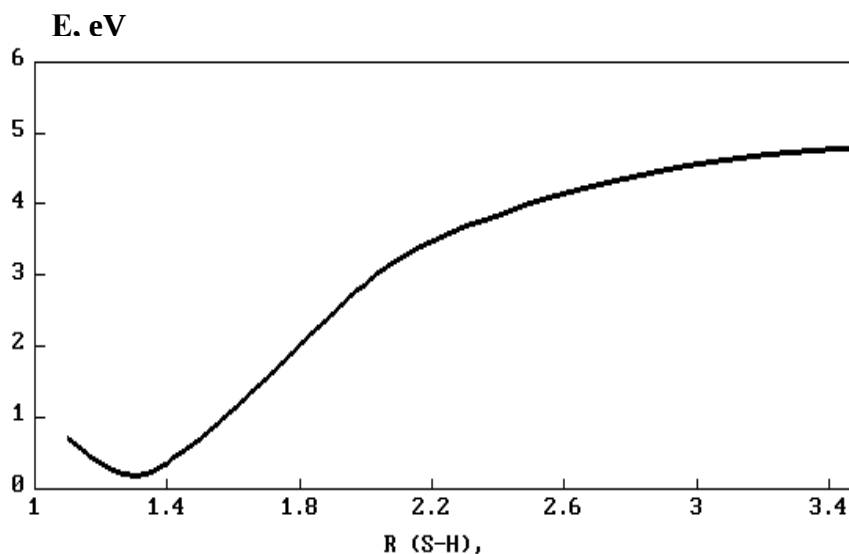


Рис. 1. Вид потенциальной кривой для комплекса SO_3H^- при отрыве атома водорода.

Энергия, необходимая для этой реакции, равна 4.7 эВ. Следовательно, она не может быть термически активирована. Таким образом, в синглетном состоянии при взаимодействии аниона SO_3^- с атомарным водородом образуется устойчивый комплекс.

Геометрическая структура дырочных центров SO_4^- представляет собой слабо искаженный тетраэдр. Различия в длинах связи S – O незначительные. С учетом распределения зарядов по атомам симметрия данного дефекта тоже относится к группе C_{3v} . Установлено, что взаимодействие радикала SO_4^- с атомарным водородом энергетически наиболее выгодно вдоль оси C_3 . При образовании комплекса $(\text{SO}_4\text{H})^-$ в триплетном состоянии необходимо преодолеть энергетический барьер высотой в 0.4 эВ (см. рисунок 2). В синглетном состоянии (кривая 2) данный процесс не имеет энергетического барьера. Кроме того, в синглетном состоянии полная энергия комплекса $(\text{SO}_4\text{H})^-$ меньше, чем в триплетном. Следовательно, можно утверждать, что более вероятным является взаимодействие иона SO_4^- с атомом водорода H^0 в общей синглетной спиновой конфигурации. В результате этого взаимодействия также образуется непарамагнитный центр. Присоединение атома водорода к дефекту SO_4^- в целом энергетически выгодный процесс, поскольку образование комплекса $(\text{SO}_4\text{H})^-$ приводит к понижению энергии системы в целом. Для комплекса $(\text{SO}_4\text{H})^-$ была проведена полная оптимизация

геометрии для установления его устойчивости. В синглетном состоянии энергетически наиболее выгодна следующая реакция:

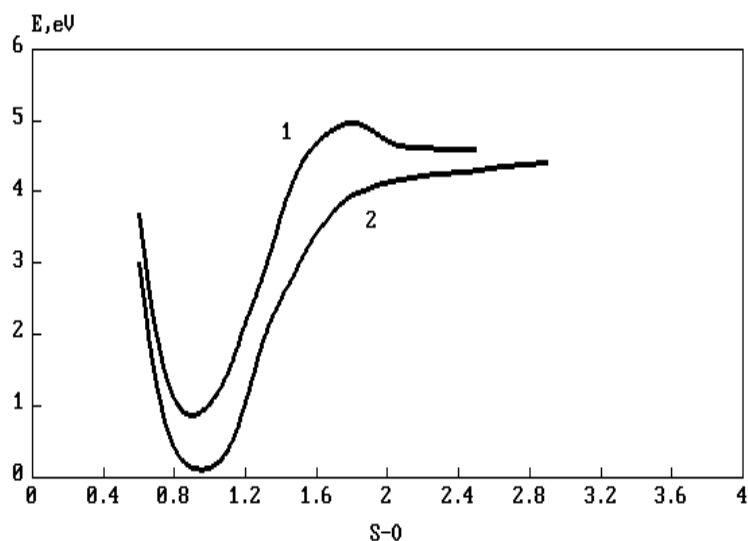


Рис. 2. Сечения потенциальных кривых взаимодействия атомарного водорода с SO_4^- (1) – в общем триплетном состоянии, (2) – в синглетном $(\text{SO}_4\text{H})^- \rightarrow \text{SO}_3^- + \text{OH}^0$.

Для ее протекания необходима энергия, равная 3.5 эВ. Такой процесс не может быть активирован термически в температурном диапазоне вплоть до температуры плавления кристаллов.

Прямая оптимизация геометрического строения комплекса $(\text{SO}_4\text{H})^-$ в триплетном состоянии показала, что он неустойчив. Данный комплекс безактивационно распадается с образованием и OH^- .

Аналогичные расчеты были проведены при рассмотрении взаимодействия иона SO_3^{2-} с атомом водорода. Установлено, что и в этом случае энергетически выгодно образование достаточно устойчивого комплекса $(\text{SO}_3\text{H})^-$.

Таким образом, атом водорода образует устойчивые комплексы с дефектами в сульфатной подрешетке, «выключая» их из рекомбинационных процессов. С этим связывается низкий выход рекомбинационной люминесценции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А.Салькеева, Л.Ким, Т.Кукетаев Рекомбинационная люминесценция сульфата калия, активированного ионами самария, Поиск - научный журнал Министерства образования и науки, №4 /2005, стр.34-40
2. Салькеева А.К. , Ким Л.М., Кукетаев ТА. Влияние термической обработки на рекомбинационную обработку сульфата калия, активированного ионами трехвалентного гадолиния, Известия ВУЗов, серия Физика, т.49, 2006 № 6, стр.89-90
3. Эткинс П., Саймонс М. Спектры ЭПР и строение неорганических радикалов. – Москва, изд. Мир. – 1970. – 310 с.

БАКТЕРИЯЛАРДЫҢ ГЕНОМДЫҚ ПЛАСТИКАЛЫҒЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ПАТОГЕНДІК ҚАСИЕТТЕРДІҢ ҚАЛЫПТАСУЫНДАҒЫ РӨЛІ

Бактериялар - әртүрлі және көбінесе экстремалды жағдайларда тіршілік ете алатын, жоғары бейімделгіш организмдер. Олардың бейімделгіштігінің негізгі ерекшеліктерінің бірі - геномдық пластикалықтық, яғни бактериялық геномдардың құрылымы мен қызметі жағынан өзгеру қабілеті. Бұл икемділік патогендік қасиеттердің эволюциясында аса маңызды рөл атқарады, өйткені ол бактерияларға вируленттік факторларды иеленуге, иесінің иммундық жауаптарынан қорғануға, жаңа иелерге бейімделуге және антибиотиктерге төзімділікті дамытуға мүмкіндік береді. Бактериялардың геномдық пластикалықтығын түсіну микробиология, эпидемиология және клиникалық медицина үшін шешуші мәнге ие [1].

Геномдық пластикалықтық бірнеше өзара байланысты механизмдер арқылы жүзеге асады. Гендердің горизонтальды тасымалдануы бактериялар эволюциясының негізгі қозғаушы күші болып табылады және генетикалық материалдың организмдер арасында ауысуын қамтиды. Бактериялар ДНҚ-ны қоршаған ортадан трансформация арқылы қабылдай алады, бактериофагтар арқылы трансдукция жолымен гендер алады немесе конъюгация арқылы тікелей ДНҚ алмасады. Бұл процесс бактерияларға вируленттік гендерді, антибиотиктерге төзімділік детерминанттарын және жаңа метаболикалық функцияларды иеленуге мүмкіндік береді, соның нәтижесінде олар тез арада патогенді штамдарға айнала алады [2].

Қозғалмалы генетикалық элементтер геномдық пластикалықтықта орталық рөл атқарады. Плазмидтер вируленттік гендерді, антибиотиктерге төзімділік гендерін немесе белгілі бір жағдайларда тіршілік етуге көмектесетін гендерді тасымалдайды. Транспозондар, яғни «секірмелі гендер», геном ішінде орын ауыстырып, кейде вируленттік гендерді де бірге тасымалдай алады. Патогендік аралшықтар - геномның ірі бөліктері, олар вируленттік гендерге бай және көбінесе тРНҚ гендеріне кірістіріледі, бұл бактерияларға жаңа патогендік қасиеттерді иеленуге мүмкіндік береді.

Геномның қайта ұйымдасуы, соның ішінде инверсиялар, дупликациялар, делециялар және рекомбинациялар да пластикалықтыққа ықпал етеді. Бұл өзгерістер ген экспрессиясын өзгертіп, жаңа генетикалық бірігулерді түзуі және кейде иесі танитын антигендерді инактивациялауы мүмкін, осылайша иммундық жауаптан қашуға көмектеседі. Мутациялар мен табиғи сұрыпталу бактерия популяцияларында қосымша әртүрлілік туғызады. Нүктелік мутациялар, кірістірулер және делециялар бейімделу үшін материал береді, ал антибиотиктер немесе иесінің иммундық

реакциялары сияқты селективті қысымдар пайдалы өзгерістердің сақталуын қамтамасыз етеді [3].

Геномдық пластикалылық патогендікке айтарлықтай әсер етеді. Вируленттік факторларды иелену бактерияларға токсиндер, адгезиндер және иесінің тіндерін бұзатын ферменттер синтездеуге мүмкіндік береді. Мысалы, энтерогеморрагиялық *Escherichia coli*-дегі ЭТЛ патогендік аралшығы ішекті колонизациялау үшін қажет III типті секреция жүйесін кодтайтын гендерді қамтиды. Пластикалы геномдар иесіне бейімделуге де ықпал етеді, патогендерге белгілі бір иелерге немесе экологиялық нишаларға мамандануға мүмкіндік береді. Жасушаішілік патогендер, мысалы *Mycobacterium leprae*, геномының айтарлықтай қысқаруын көрсетеді, бұл олардың иесінің жасушалары ішінде тіршілік етуіне бейімделуін жеңілдетеді. Мұндай бейімделу бактерияларға организмде сақталып, иммундық жауаптан қашуға мүмкіндік береді [4].

Антибиотиктерге төзімділік - геномдық пластикалылықтың тағы бір салдары. Бактериялар төзімділік гендерін плазмидтер немесе интегрондар арқылы иелене алады, бұл оларға антибиотиктермен емдеу кезінде тірі қалуға мүмкіндік береді. Геномдық пластикалылық бұл белгілердің популяциялар арасында тез таралуын жеделдетеді, соның салдарынан инфекцияларды емдеу қиындайды. Сонымен қатар, пластикалы геномдар иммундық жүйеден жасырынуға да көмектеседі. Геномдық қайта ұйымдасулар мен мутациялар беткі ақуыздарды өзгертіп, бактерияларға антиденелер арқылы танылудан қашуға мүмкіндік береді. Мысалы, *Neisseria gonorrhoeae* жиі өз пилилері мен мембраналық ақуыздарын гендік конверсия және рекомбинация арқылы өзгертіп, тұрақты инфекцияны қамтамасыз етеді.

Көптеген бактериялық патогендер жоғары геномдық пластикалылықты көрсетеді. *Escherichia coli* штамдары, әсіресе энтерогеморрагиялық және энтеропатогендік түрлері, патогенді емес штамдармен салыстырғанда геном құрамының айтарлықтай өзгермелілігін көрсетеді, оның ішінде вируленттік кластерлерді иелену бар. *Helicobacter pylori* геномының кең ауқымды қайта құрылуларын көрсетеді, бұл оған асқазанды ұзақ уақыт колонизациялауға мүмкіндік береді. *Staphylococcus aureus* плазмидтер мен мутациялар арқылы вируленттілік пен антибиотиктерге төзімділікті арттыратын гендерді иеленеді. *Neisseria gonorrhoeae* иммундық жүйеден қашу үшін антигендік вариацияны қолданады, ал *Klebsiella pneumoniae* плазмидтер мен интегрондар арқылы көпдәрілік төзімділікті таратады [5].

Бактериялардың геномдық пластикалылығын түсінудің практикалық маңызы зор. Геномның тұрақты және өзгермелі аймақтарын анықтау дәрілер мен вакциналарды жасауға көмектеседі, әсіресе консервативті антигендерге бағытталған жағдайда. Вируленттік және төзімділік гендерін анықтау қауіпті штамдарды жылдам диагностикалауға мүмкіндік береді.

Геномдарды секвенирлеу эпидемиологиялық бақылауды қолдайды, патогендердің эволюциясын қадағалауға және індеттердің таралуын болжауға мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, геномдық пластикалылық бактериялардың патогенділігінің негізгі факторы болып табылады, ол вируленттік факторларды иеленуге, иеге бейімделуге, иммундық жауаптан қашуға және антибиотиктерге төзімділікке әсер етеді. Бұл процестерді зерттеу жұқпалы аурулармен күресте тиімді стратегияларды әзірлеу үшін аса маңызды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Dobrindt, U., & Hacker, J. (2001). Whole genome plasticity in pathogenic bacteria. *Current opinion in microbiology*, 4(5), 550-557.
2. Ahmed, N., Dobrindt, U., Hacker, J., & Hasnain, S. E. (2008). Genomic fluidity and pathogenic bacteria: applications in diagnostics, epidemiology and intervention. *Nature reviews microbiology*, 6(5), 387-394.
3. Dobrindt, U., Hochhut, B., Hentschel, U., & Hacker, J. (2004). Genomic islands in pathogenic and environmental microorganisms. *Nature Reviews Microbiology*, 2(5), 414-424.
4. Patel, S. (2016). Drivers of bacterial genomes plasticity and roles they play in pathogen virulence, persistence and drug resistance. *Infection, genetics and evolution*, 45, 151-164.
5. Gomes, T. A., Elias, W. P., Scaletsky, I. C., Guth, B. E., Rodrigues, J. F., Piazza, R. M., ... & Martinez, M. B. (2016). Diarrheagenic *escherichia coli*. *Brazilian journal of microbiology*, 47, 3-30.

Тулёуов Б.И. (Караганда, «НПЦ Фитохимия»)
Кинаятон М.А. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинава)
Айтымов А.К. (Караганда, КарТУ им. А. Сагинава)

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЛИСТА И КОРНЯ *CATALPA SPECIOSA* КАК МАРКЕРЫ МЕЗОКСЕРОФИТНОЙ АДАПТАЦИИ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ

Catalpa speciosa (катальпа прекрасная) – декоративное древесное растение, широко используемое в озеленении. При интродукции в аридные (засушливые) регионы растение испытывает водный стресс, что приводит к формированию адаптивных анатомо-гистологических изменений. Эти изменения отражают мезоксерофитный тип адаптации — промежуточный между мезофитами и ксерофитами.

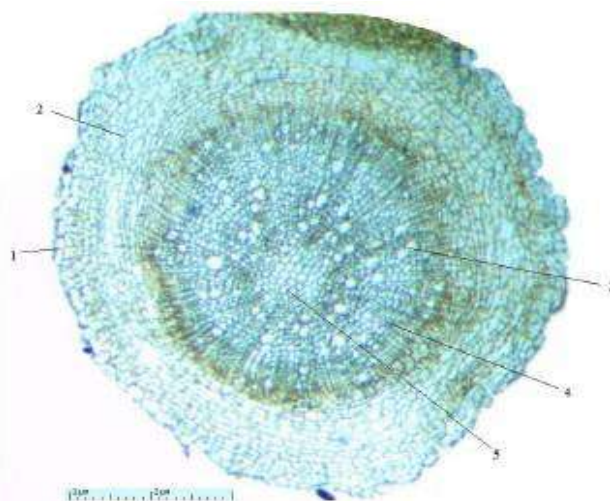
Успешность интродукции древесных растений в регионах с дефицитом влаги определяется прежде всего степенью соответствия их морфофизиологической организации местным эдафоклиматическим условиям. Гистологические характеристики листа и корня служат надёжными индикаторами экологической специализации вида: они отражают способность растения регулировать водный баланс, поглощать питательные вещества и противостоять температурному стрессу. Изучение этих параметров у катальпы прекрасной (*Catalpa speciosa* (Warder) Engelm.) в первый год онтогенеза даёт возможность объективно оценить её потенциал как интродуцента для озеленения городов Центрального Казахстана [1].

Цель работы — охарактеризовать микроструктурную организацию листовой пластинки и годичного корня однолетних растений *C. speciosa* и дать оценку выявленных признаков с позиции экологической адаптации вида.

Материал и методы. Для листа срезы изготавливали из центральной зоны пластинки с захватом срединной жилки; для корня — из верхнего участка в 5 см от корневой шейки. Фиксацию проводили в смеси глицерина, спирта и дистиллированной воды (1:1:1), просветление — глицерином. Препараты фотографировали на микроскопе Альтами (×64, ×160, синий светофильтр) с последующей обработкой в Altami Studio [2].

Листовая пластинка *C. speciosa* относится к дорсовентральному структурному типу. Верхний эпидермис несёт многочисленные диацитные устьица при умеренно извилистых клеточных стенках; нижний эпидермис характеризуется сильно извилистыми стенками и значительно меньшей плотностью устьиц. Оба эпидермальных слоя покрыты кутикулой. На поверхности листа рассеяны единичные многоклеточные трихомы; вдоль

жилок небольшими группами располагаются эфиромасличные железы на короткой ножке с многоклеточной головкой — характерный секреторный признак семейства Bignoniaceae.



1 — остатки ризодермы; 2 — коровая паренхима; 3 — ксилема; 4 — флоэма; 5 — сердцевина

Мезофилл отчётливо дифференцирован: двурядный столбчатый слой с вытянутыми прямоугольными клетками переходит в рыхлый губчатый мезофилл с крупными межклетниками, особенно развитыми в зоне главной жилки. Проводящие пучки коллатерального закрытого типа, армированные склеренхимой.

Совокупность признаков — преобладание устьиц на верхней стороне листа, выраженная кутикула, двурядный палисад и эфиромасличные железы — соответствует световому типу листа с мезоксерофитными чертами. Это означает, что при достаточном освещении и умеренном поливе *C. speciosa* способна поддерживать активный газообмен; в условиях затенения эффективность фотосинтеза и устойчивость растения будут снижаться [3].

Гистологические признаки листа

1.1. Эпидермис

- Утолщённая кутикула — снижает транспирацию.
- Клетки эпидермиса плотные, с утолщёнными стенками.
- Наличие трихом (волосков), уменьшающих испарение и защищающих от перегрева.

1.2. Устьичный аппарат

- Устьица чаще расположены на нижней стороне листа (гипостоматичность).
- Уменьшенная плотность устьиц.
- Возможна частичная криптозоофилия (углубление устьиц), что снижает потерю влаги.

Годичный корень снаружи покрыт остатками ризодермы; под ней хорошо развита коровая паренхима. На периферии коры фиксируется

инициация феллогена — закладка вторичной покровной ткани, что свидетельствует об активных процессах вторичного утолщения уже в первый вегетационный сезон. В составе центрального цилиндра вторичная флоэма занимает периферическую позицию, вторичная ксилема формирует основную массу цилиндра, в центре расположена паренхимная сердцевина. Развитая корневая система с ранним опробковением обеспечивает эффективное поглощение воды и минеральных веществ в условиях неравномерного увлажнения почвы [4,5].

Интеграция данных по листу и корню позволяет охарактеризовать *C. speciosa* как мезоксерофит: вид способен переживать умеренный водный дефицит за счёт структурных барьеров, ограничивающих транспирацию, и развитой корневой системы, однако для формирования полноценного габитуса нуждается в регулярном орошении в критические летние месяцы.

Заключение. Гистологический анализ листа и корня однолетних растений *C. speciosa* выявил комплекс структурных признаков, характерных для мезоксерофитной экологической группы. Световой тип листовой пластинки обуславливает необходимость размещения посадок на открытых, хорошо освещённых участках. Раннее формирование вторичных тканей корня свидетельствует о высоком адаптивном потенциале вида в условиях аридного климата. Полученные результаты служат морфологическим обоснованием для включения катальпы прекрасной в региональный ассортимент озеленения Центрального Казахстана.

Гистологические особенности листа и корня *Catalpa speciosa* при интродукции в аридные условия демонстрируют выраженную мезоксерофитную адаптацию. Эти изменения служат надёжными маркерами устойчивости растения к засухе и могут использоваться при оценке перспектив интродукции и селекции устойчивых форм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Лотова Л.И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений. М.: КомКнига, 2017. 512 с.
2. Castro-Díez P., Vaz A.S. Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services // *Biological Reviews*. 2019. Vol. 94. P. 1477–1501.
3. Тлеукунова С.У., Гаврилькова Е.А. и др. Исследование вододерживающей способности *Catalpa speciosa* в условиях городов Караганды и Жезказгана // *Вестник Карагандинского университета*. 2022. № 4 (108). С. 132–139.
4. Бабич Н.А., Залывская О.С., Травникова Г.И. Интродуценты в зелёном строительстве северных городов. Архангельск: АГТУ, 2008. 144 с.
5. Kurbaniyazov B. et al. Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 258. Article 03026.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ (1-((4-(4-(БЕНЗИЛОКСИ)-3-МЕТОКСИФЕНИЛ)-1Н-1,2,3-ТРИАЗОЛ-1-ИЛ)МЕТИЛ)ОКТАГИДРО-1Н-ХИНОЛИЗИНА

С целью уточнения пространственного строения молекулы (1-((4-(4-(бензилокси)-3-метоксифенил)-1Н-1,2,3-триазол-1-ил)метил)октагидро-1Н-хинолизина (**1**), нами был проведен рентгенодифракционное исследование данной молекулы. Строение соединения **1** представлено на рисунке.

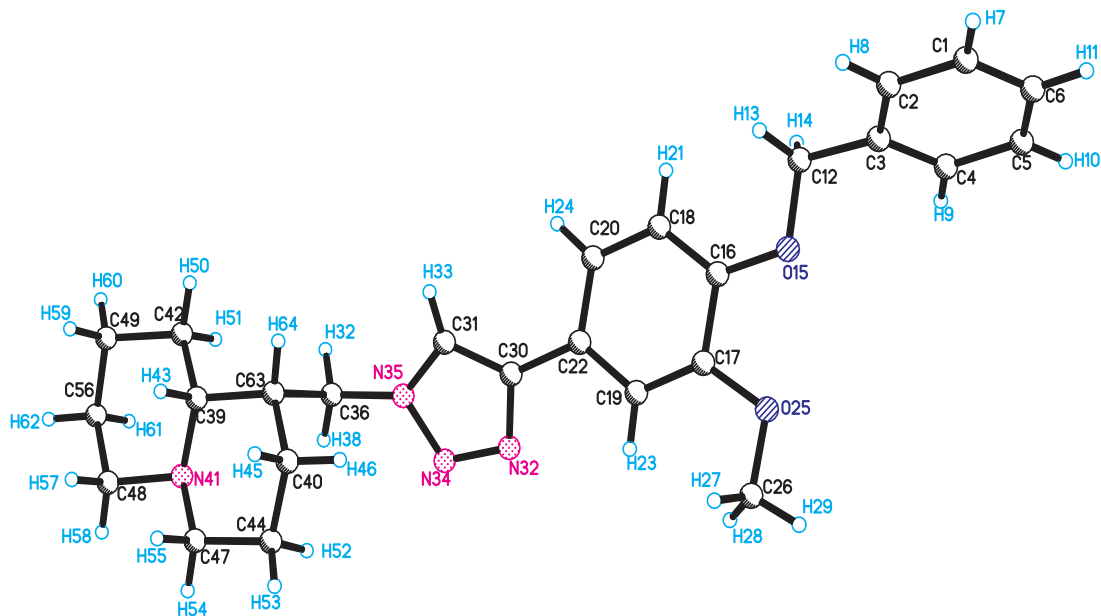


Рисунок – Строение молекулы **1**

Конфигурации хиральных центров C39 и C63 коррелируют с абсолютной в кристаллической структуре хлорида лупинина [1]. Из полученных данных следует, что длины связей и валентные углы в соединении (**1**), близки к обычным [2]. Конформации шестичленных циклов N41, C48... C39 (A) и N41, C47... C39 (B) в хинолизидиновом каркасе молекулы (**1**) близки к таковым в кристаллической структуре лупинина [1, 2]. Циклы A и B в молекуле (**1**) находятся в конформации, близкой к несколько искаженному креслу (параметр асимметрии $\Delta C_2^{42,39}=0.09$, $\Delta C_s^{39}=0.74$, $\Delta C_2^{40,44}=0.51$, $\Delta C_s^{63}=0.73$). Торсионные углы приведены в таблице. Ориентация 1,2,3-триазольного кольца экваториальная, торсионный угол C63-C36-N35-N34 составляет 116.35°. 1,2,3-Триазольное и фенильные кольца плоские с точностью 0.007Å, 0.01Å и 0.004Å соответственно. Метоксигруппа расположена экваториально в плоскости фенильного кольца C22...C19 (торсионный угол C19C17O25C26= -16.63°). Бензилокси группа

ориентровано экваториально относительно фенильного цикла (торсионный угол C15O15C12C3=175.63°) с разворотом бензольного кольца на 65.26°.

Рентгеноструктурный эксперимент. Параметры ячейки и интенсивности 19750 отражений (4216 независимых, $R_{\text{int}} = 0.1282$) измерены на монокристалльном дифрактометре Bruker KAPPA APEX2 CCD (MoK_α) (Bruker, Karlsruhe), графитовый монохроматор, φ, θ -сканирование, $2.42^\circ < \theta < 21.31^\circ$) при температуре 297 К.

Кристаллы 5 моноклинные, пространственная группа C2, $a = 20.817(7)$ Å, $b = 5.6194(16)$ Å, $c = 20.774(7)$ Å, $\beta = 101.937(12)^\circ$, $V = 2377.6(14)$ Å³, $Z = 4$ ($\text{C}_{26}\text{H}_{32}\text{N}_4\text{O}_2$), $M = 432.55$ г/моль, $d_{\text{выч}} = 1.208$ г/см³. Обработку исходного массива измеренных интенсивностей и учет поглощения проводили по программам SAINT и SADABS, включенным в программный пакет APEX2 [3] (multiscan, $T_{\text{min}} = 0.937$, $T_{\text{max}} = 0.991$).

Структура расшифрована прямым методом SHELXS [4]. Позиции неводородных атомов уточнены в анизотропном приближении полноматричным МНК по программе SHELXL-2018/3 [5]. Атомы водорода помещали в геометрически рассчитанные положения и их позиции уточняли в изотропном приближении с фиксированными позиционными и тепловыми параметрами (модель «наездника»). В расчетах использовано 4216 независимых отражения с $I > 2\sigma(I)$, число уточняемых параметров 290. Окончательные факторы расхожимости $R_1 = 0.1142$, $wR_2 = 0.3043$ по отражениям с $I > 2\sigma(I)$, $R_1 = 0.1845$, $wR_2 = 0.3542$ по всем отражениям.

Данные PCA в виде CIF файла депонированы в Кембриджском банке кристаллографических данных (CCDC 2405750).

Таблица - Торсионные углы (τ , град) в структуре (1)

Угол	τ	Угол	τ
O(1)-C(1)-C(2)-C(3)	-175.9(7)	C(7)-C(8)-C(11)-N(2)	55.6(4)
N(1)-C(1)-C(2)-C(3)	4.9(9)	C(20)-O(3)-C(21)-O(4)	-177.2(2)
C(1)-C(2)-C(3)-C(4)	-1.4(9)	C(20)-O(3)-C(21)-C(13)	3.2(3)
C(2)-C(3)-C(4)-C(5)	-1.7(7)	C(10)-N(2)-C(12)-O(2)	179.2(3)
C(3)-C(4)-C(5)-N(1)	0.8(5)	C(11)-N(2)-C(12)-O(2)	2.4(5)
C(3)-C(4)-C(5)-C(6)	-176.4(4)	C(10)-N(2)-C(12)-C(13)	1.2(4)
C(4)-C(5)-C(6)-C(7)	-152.9(3)	C(11)-N(2)-C(12)-C(13)	-175.5(3)
N(1)-C(5)-C(6)-C(7)	29.8(4)	O(4)-C(21)-C(13)-C(14)	177.5(3)
C(4)-C(5)-C(6)-C(10)	85.1(4)	O(3)-C(21)-C(13)-C(14)	-2.9(4)
N(1)-C(5)-C(6)-C(10)	-92.1(3)	O(4)-C(21)-C(13)-C(12)	-0.4(4)
C(5)-C(6)-C(7)-C(8)	-59.2(3)	O(3)-C(21)-C(13)-C(12)	179.2(2)
C(10)-C(6)-C(7)-C(8)	62.4(3)	O(2)-C(12)-C(13)-C(14)	-64.9(4)
C(6)-C(7)-C(8)-C(9)	66.0(3)	N(2)-C(12)-C(13)-C(14)	113.1(3)
C(6)-C(7)-C(8)-C(11)	-60.3(4)	O(2)-C(12)-C(13)-C(21)	113.1(3)

C(4)-C(5)-N(1)-C(1)	3.1(5)	N(2)-C(12)-C(13)-C(21)	-68.9(3)
C(6)-C(5)-N(1)-C(1)	-179.6(4)	C(21)-C(13)-C(14)-C(15)	1.9(4)
C(4)-C(5)-N(1)-C(9)	175.9(3)	C(12)-C(13)-C(14)-C(15)	179.8(3)
C(6)-C(5)-N(1)-C(9)	-6.8(5)	C(13)-C(14)-C(15)-C(20)	-1.2(4)
O(1)-C(1)-N(1)-C(5)	174.9(5)	C(13)-C(14)-C(15)-C(16)	179.6(3)
C(2)-C(1)-N(1)-C(5)	-5.8(7)	C(20)-C(15)-C(16)-C(17)	-0.2(4)
O(1)-C(1)-N(1)-C(9)	1.6(7)	C(14)-C(15)-C(16)-C(17)	179.0(3)
C(2)-C(1)-N(1)-C(9)	-179.1(5)	C(15)-C(16)-C(17)-C(18)	-1.0(5)
C(5)-N(1)-C(9)-C(8)	14.6(5)	C(16)-C(17)-C(18)-C(19)	1.2(5)
C(1)-N(1)-C(9)-C(8)	-172.1(4)	C(17)-C(18)-C(19)-C(20)	0.0(5)
C(7)-C(8)-C(9)-N(1)	-44.3(4)	C(18)-C(19)-C(20)-C(15)	-1.3(5)
C(11)-C(8)-C(9)-N(1)	79.4(4)	C(18)-C(19)-C(20)-O(3)	179.4(3)
C(5)-C(6)-C(10)-N(2)	63.9(3)	C(16)-C(15)-C(20)-C(19)	1.4(4)
C(7)-C(6)-C(10)-N(2)	-59.5(3)	C(14)-C(15)-C(20)-C(19)	-177.9(3)
C(6)-C(10)-N(2)-C(12)	-122.8(3)	C(16)-C(15)-C(20)-O(3)	-179.3(3)
C(6)-C(10)-N(2)-C(11)	54.1(3)	C(14)-C(15)-C(20)-O(3)	1.4(4)
C(12)-N(2)-C(11)-C(8)	124.5(3)	C(21)-O(3)-C(20)-C(19)	176.8(3)
C(10)-N(2)-C(11)-C(8)	-52.6(4)	C(21)-O(3)-C(20)-C(15)	-2.6(4)
C(9)-C(8)-C(11)-N(2)	-67.1(4)		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Koziol A.E. Structure of (-)-lupinine / A.E. Koziol, M. Gdaniec, Z. Kosturkiewicz // *Acta Crystallogr.* — 1980. — V. 36. — P. 980–981.
2. Allen F.H. Tables of bond lengths determined by X-ray and neutron diffraction / F.H. Allen, O. Kennard, D.G. Watson, L. Brammer, A.G. Orpen, R. Taylor // *J. Chem. Soc. Perkin Trans.* — 1987. — V. 2. — P. 1–19.
3. APEX2. Software Suite for Crystallographic Programs. Madison, WI, USA: Bruker AXS, 2009.
4. Sheldrick, G.M. A short history of SHELX. *Acta Crystallogr., Sect. A: Found. Crystallogr.* **2008**, 64, 112–122, doi: 10.1107/S0108767307043930.
5. Sheldrick, G.M. Crystal structure refinement with SHELXL. *Acta Crystallogr., Sect. C: Structural Chemistry.* **2015**, 714, 3–8, doi: 10.1107/S2053229614024218.

БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРДЫ ӘЗІРЛЕУ ҮШІН ТРИТЕРПЕНОИД ТУЫНДЫЛАРЫН СИНТЕЗДЕУ

Тритерпеноидтар изопреноидтар қатарына жататын табиғи органикалық қосылыстардың ең кең таралған және құрылымдық жағынан алуан түрлі топтарының бірі болып табылады. Бұл заттар құрамында 30 көміртек атомынан тұратын күрделі көміртек қаңқасымен сипатталады және өсімдік пен жануарлар тектес әртүрлі табиғи көздерде кездеседі.

Тритерпеноидты қосылыстарға деген ерекше қызығушылық олардың биологиялық белсенділігінің кең спектрімен байланысты. Оларға қабынуға қарсы, ісікке қарсы, микробқа қарсы, вирусқа қарсы және антиоксиданттық әсерлер жатады. Осы қасиеттерінің арқасында тритерпеноидтар және олардың туындылары жаңа фармацевтикалық препараттар мен биологиялық белсенді қоспаларды әзірлеу үшін перспективалы бастапқы шикізат ретінде қарастырылады [1].

Органикалық синтез саласындағы қазіргі заманғы зерттеулер фармакологиялық қасиеттері күшейтілген жаңа тритерпеноид туындыларын алуға бағытталған. Табиғи қосылыстар химиясындағы өзекті мәселелердің бірі тритерпендердің құрылымдық модификациясы болып табылады, оның мақсаты олардың ерігіштігін, биожетімділігін және жасушалық нысандарға әсер ету селективтілігін арттыру болып табылады.

Соңғы жылдары тритерпеноидтарды алудың жартылай синтетикалық және биотехнологиялық әдістерін дамытуға деген қызығушылық айтарлықтай артты. Бұл үрдіс көбіне табиғи көздерден алынатын қосылыстардың мөлшері шектеулі болуына байланысты, ал химиялық синтез молекулалық құрылымды мақсатты түрде өзгертуге мүмкіндік береді.

Осы зерттеудің мақсаты – жаңа биологиялық белсенді заттарды әзірлеу үшін тритерпеноид туындыларын алу жолдарын ғылыми тұрғыдан негіздеу, сондай-ақ олардың қасиеттерін, синтез әдістерін және медицина мен фармацевтикадағы әлеуетті қолданылуын талдау болып табылады.

Тритерпеноидтар табиғатта бос күйінде де, сондай-ақ гликозидтер, эфирлер және қышқылдар түрінде де кездеседі. Бұл класқа жататын классикалық өкілдерге олеанол, урсол, бетулин және лупеол қышқылдары, сондай-ақ олардың туындылары жатады. Тритерпеноидтардың негізгі табиғи көздері Lamiaceae, Rosaceae, Betulaceae және Leguminosae тұқымдастарына жататын өсімдік түрлері болып табылады. Өсімдік ұлпаларында бұл қосылыстар қорғаныш метаболиттері, балауыз қабатының компоненттері және өсімдіктің өсуі мен дамуын реттеушілер ретінде қызмет атқарады [2].

Тритерпеноид туындыларын синтездеу үшін бастапқы қосылыстар ретінде өсімдік шикізатынан бөлінген олеанол және урсол қышқылдары қолданылды. Оларды бөліп алу этанолдық экстракция және кейіннен қайта кристалдандыру арқылы жүргізілді.

Модификация реакциялары сусыз жағдайда пиридин, ацетилхлорид, тионилхлорид және басқа реагенттер қатысында жүзеге асырылды. Олеанол қышқылының ацетатын алу үшін ацетилхлоридпен ацилдеу реакциясы жүргізілді. Нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 - Синтезделген тритерпеноид туындыларының биологиялық белсенділігі

№	Қосылыс	Модификация түрі	E. coli қарсы белсенділігі	S. aureus қарсы белсенділігі	Антиоксиданттық белсенділік (%)
1	Олеанол қышқылы	Бастапқы	35	40	60
2	Олеанол қышқылы ацетаты	Ацилдеу	58	62	80
3	Урсол қышқылы амиді	Амидтену	65	70	85
4	Бетулин қышқылы сульфозфирі	Сульфонация	72	68	87
5	Олеанол қышқылы метил эфирі	Этерификация	48	52	70
6	Лупеол ацетаты	Ацилдеу	54	60	75

Реакция пиридин ортасында 50–60 °C температурада 4 сағат бойы жүргізілді. Реакция аяқталғаннан кейін қоспа бейтараптандырылып, өнім суға тұндыру арқылы бөлініп алынды. Ацетаттың шығымы 85 % болды.

Құрылымы инфрақызыл спектроскопия арқылы расталды (1735 см^{-1} аймағындағы сипаттамалық жолақ карбонил тобының валенттік тербелісіне сәйкес келеді).

Амид туындылары тритерпен қышқылдарының метил эфирлеріне аминдердің әсері арқылы алынды. Реакция 80–90 °C температурада диметилформамид катализаторының қатысында жүргізілді. Нысаналы өнімнің шығымы 72–78 % болды.

Алынған қосылыстар суда және полярлы еріткіштерде жоғары ерігіштік көрсетті, бұл фармакологиялық зерттеулер үшін маңызды.

Жүргізілген тәжірибелер барысында сегіз жаңа тритерпеноид туындысы синтезделді. Олардың қатарында ацетаттар, амидтер және сульфозфирлер бар. Әрбір қосылыс биологиялық белсенділігі бойынша зерттелді: микробқа қарсы, қабынуға қарсы және антиоксиданттық әсерлері анықталды.

Бұл жұмыс табиғи тритерпеноидтарды басқарылатын химиялық модификациялау олардың физика-химиялық және биологиялық қасиеттерін мақсатты түрде өзгертуге мүмкіндік беретін тиімді тәсіл екенін көрсетеді. Ацил, амид және сульфэфир функционалдық топтары бар тритерпеноид туындыларының бірқатар сериясы синтезделіп, олардың құрылымы спектроскопиялық әдістер арқылы расталды. Алынған нәтижелер функционалдық топтардың орынбасуы қосылыстардың биологиялық белсенділігіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті.

Атап айтқанда, ацилденген және амидтенген туындылар бастапқы қышқылдармен салыстырғанда жоғары антиоксиданттық және микробқа қарсы белсенділік көрсетті. Бұл өзгерістер құрылымдық модификация нәтижесінде ерігіштік пен мембраналық өтімділіктің өзгеруімен түсіндіріледі.

Зерттеу барысында липофильділік пен биологиялық белсенділік арасында белгілі бір байланыс бар екені анықталды, бұл тиімді биологиялық өзара әрекеттесу үшін гидрофобтылықтың оңтайлы диапазоны бар екенін көрсетеді. Сонымен қатар липофильділіктің артуы әрдайым белсенділіктің пропорционалды өсуіне әкелмейтіні байқалды, бұл молекулалық дизайнның теңгерімді болу қажеттігін көрсетеді. Кейбір туындылар дәстүрлі бактерияға қарсы препараттармен бірге қолданылғанда белсенділіктің артуын көрсетті, бұл қосымша терапиялық стратегияларды әзірлеу үшін маңызды болуы мүмкін.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер жартылай синтетикалық тритерпеноид туындыларының фармацевтикалық зерттеулер үшін перспективалы негіз бола алатынын растайды. Осы жұмыста сипатталған синтетикалық жолдар жаңа биологиялық белсенді қосылыстарды әзірлеу үшін платформа ретінде қызмет ете алады.

Алдағы зерттеулер реакция жағдайларын оңтайландыруға, реакция механизмдерін терең зерттеуге және синтезделген қосылыстардың фармакологиялық қасиеттерін күрделі биологиялық модельдерде бағалауға бағытталуы тиіс.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ:

1. Иванов И.В., Петрова Е.А., Ким А.С. Биосинтез и функциональные свойства тритерпеноидов растительного происхождения. Журнал органической химии, 2021. Т. 57, №3. С. 412–428.
2. Сидоров А.Н., Ермакова Л.Ю. Модификация структуры тритерпенов как способ повышения биологической активности. Химия природных соединений, 2020. Т. 56, №5. С. 835–847.

Тұрақказы А.А. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазТБҰ)

Хамит А.Ж. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазТБҰ)

Иварай А. (Астана, Қ.Құлажанов атындағы ҚазТБҰ)

САУДА КӘСІПОРНЫНДАҒЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ

Аннотация: Мақалада салмақ өлшеу жабдықтарын саудалаушы кәсіпорындардағы қалдықтарды басқару жүйесі және «Жасыл офис» бағдарламасы қарастырылады, ол қалдық көлемін азайтуға және экологиялық мәдениетті қалыптастыруға бағытталған. Бағдарлама арқылы қайта өңделген материалдарды пайдалану және табиғи ресурстарды сақтау нәтижелері көрсетілген.

Түйінді сөздер: қалдықтарды басқару, экологиялық қауіпсіздік, қайта өңделген материалдар, Жасыл офис, қалдықтарды жинау, экологиялық мәдениет, кәсіпорын, тұрақты даму.

Қалдықтардың экожүйеге тигізетін кері әсері экологиялық қауіпсіздік деңгейінің төмендеуіне әкелетін маңызды факторлардың бірі болып табылады. Қоршаған ортаның ластануы табиғи ресурстардың сарқылуына, биоалуантүрліліктің азаюына және адам денсаулығына қауіп төндіретін жағдайлардың қалыптасуына себеп болады. Соның нәтижесінде қалдықтардың түзілуін азайтуға және олардың жиналуын болдырмауға бағытталған алдын алу шаралары тиісті деңгейде жүзеге асырылмай отыр.

Салмақ өлшеу жабдықтарын саудалаумен айналысатын кәсіпорындар да бұл мәселеден тыс қалмайды. Мұндай ұйымдардың қызметі негізінен кеңселік сипатта болғанымен, олардың жұмыс процесі барысында әртүрлі қалдық түрлері түзіледі. Атап айтқанда, қағаз және картон қалдықтары, баспа өнімдерінің жарамсыз қалдықтары, сондай-ақ тұрмыстық үй-жайлардан шығатын қоқыс пайда болады.

Қалдықтарды басқару – қалдықтарды жинауды ұйымдастыруды, оларды кәдеге жаратуды (қайта өңдеу, жағу, көму және басқа да тәсілдер), сондай-ақ олардың көлемін азайтуға бағытталған іс-шараларды қамтитын кешенді үдеріс болып табылады. Бұл жүйе қалдықтардың қоршаған ортаға тигізетін кері әсерін төмендетуге және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге бағытталады.

Қалдықтардың көптеген түрлері арнайы тәсілдермен өндеуді талап етеді. Әсіресе қауіпті және құрамы күрделі қалдықтарды басқару барысында белгіленген экологиялық талаптар мен санитарлық-нормаларды сақтау маңызды. Осыған байланысты оларды қайта өңдеу және кәдеге жарату жұмыстарын тиісті лицензиясы мен рұқсаты бар мамандандырылған ұйымдар жүзеге асырады.

Қалдықтардың түзілуіне жол беретін кәсіпорындар оларды жинауды ұйымдастырумен қатар, қалдық көлемін азайтуға бағытталған шараларды да жүйелі түрде жүзеге асыруы тиіс. Бұл – кәсіпорындардың экологиялық жауапкершілігінің маңызды құрамдас бөлігі.

Осындай тәжірибені жүзеге асырып отырған кәсіпорындардың бірі ретінде «Мир Весов» компаниясын атап өтуге болады. Аталған ұйым қызметінде «Жасыл офис» тұжырымдамасы енгізілген. Бағдарламаның негізгі мақсаты – қызметкерлер арасында табиғаттың дамуы туралы тұтас көзқарас қалыптастыру және адамның ондағы орнын саналы түрде ұғындыру.

«Жасыл офис» бағдарламасы бірқатар кешенді іс-шараларды қамтиды. Атап айтқанда, қызметкерлерді бағдарлама мазмұны мен мақсаттары туралы үздіксіз ақпараттандыру жүзеге асырылады. Бірреттік батареяларды кезең-кезеңімен аккумуляторларға алмастыру да қалдық көлемін азайтуға бағытталған тиімді шаралардың бірі болып табылады.

Бағдарлама аясында макулатураны бөлек жинау және оны қайта өңдеуге жіберу жүйесі жолға қойылған. Бұдан бөлек, қайта өңделген қағаздан дайындалған экологиялық сувенирлік өнімдер желісі әзірленіп, олар кәсіпорын клиенттері арасында таратылуда (1-сурет).

Экологиялық сувенирлік өнімдер клиенттер мен серіктестерді экологиялық қауіпсіздік деңгейін арттырудың маңыздылығы мен мүмкіндіктері туралы ақпараттандыруға бағытталған. Сонымен қатар, қазіргі заманғы бағдарламалық қамтамасыз ету құралдары құжат айналымын электрондық форматта жүргізуге мүмкіндік береді. Қағаз тасымалдағыштардан біртіндеп бас тарту қағаз қалдықтарының көлемін едәуір қысқартуға және табиғи ресурстарды, атап айтқанда ұзақ жылдар бойы өсірілетін ағаш шикізатын үнемдеуге жағдай жасайды.



1-сурет – Қайта өңделген қағаздан жасалған экологиялық сувенирлік өнімдер желісі

Аталған бағдарлама компанияда 2013 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін табысты жүзеге асырылып келеді. Қысқа мерзім ішінде бірқатар нақты нәтижелерге қол жеткізілді:

1. Мамандандырылған кәсіпорындарға қайта өңдеуге тапсыру мақсатында 1000 данадан астам пайдаланылған батарея жиналды. Бұл шамамен 15 кг экологиялық қауіпті қалдықты құрайды. Әдеби дереккөздерге сәйкес, кәдеге жаратуға тапсырылған 500 батарея шамамен 250 мың м² топырақты немесе 5 миллион литрге жуық ауыз суды ластанудан сақтауға мүмкіндік береді.

2. Қайта өңдеу үшін арнайы кәсіпорындарға 600 кг-нан астам макулатура өткізілді. Бұл қалдықтарды қайталама материалдық ресурс ретінде пайдалануға және бастапқы шикізатты қолдануды азайтуға мүмкіндік береді. Зерттеу мәліметтеріне сүйенсек, қайта өңдеуге жіберілген 300 кг макулатура шамамен 300 ағашты сақтап қалуға ықпал етеді.

Осы нәтижелер «Жасыл офис» бағдарламасының экологиялық тиімділігін көрсетіп, кәсіпорын деңгейінде жүйелі түрде ұйымдастырылған қалдықтарды басқару шараларының қоршаған ортаны қорғауда маңызды рөл атқаратынын дәлелдейді.

Салмақ өлшеу жабдықтарын саудалаумен айналысатын кәсіпорындағы қолданыстағы қалдықтарды басқару жүйесі тұрмыстық және өндірістік қызметтен туындайтын қалдықтардың жалпы көлемін азайтуға, сондай-ақ нақты өңірдің экологиялық қауіпсіздік деңгейін арттыруға бағытталған.

Экологиялық қауіпсіздікті арттыру екі негізгі бағыт арқылы қамтамасыз етіледі: біріншіден, қалдықтардың түзілу көлемін қысқарту арқылы; екіншіден, қайталама материалдық ресурстарды пайдалану негізінде экологиялық өнімдер өндіру арқылы, соның ішінде қаптама материалдарын дайындау барысында.

Осылайша, қалдықтарды басқарудың тиімді жүйесі тек қалдықтарды жоюмен шектелмей, оларды ресурстық әлеует ретінде қарастыруға мүмкіндік береді және өңірдің тұрақты экологиялық дамуына үлес қосады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Акимова, Т. А. Экология. Природа – Человек – Техника [Текст]: учебник для студентов вузов /Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ, 2009. – 556 с.
2. Бойчук, Л. Д. Экология и охрана окружающей среды [Текст]: учебн. пособие / Л. Д. Бойчук, Э. М. Соломенно, О. В. Бугай. – М.: Университетская книга, 2003. – 284 с.
3. Серебряков, В. В. Основы экологии [Текст]: учебник / В. В. Серебряков. – М.: Знание-Пресс, 2002. – 300 с.
4. Стольберг, Ф. В. Экология города [Текст]: учебник / Ф. В. Стольберг. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
5. Экология [Текст]: учебник для студентов высш. и сред. учебн. заведений /Л. И. Цветкова, М. И. Алексеев, Ф. В. Карамзинов и др. – М.: АСБВ; СПб.: Химиздат, 2007. – 550 с.

РАЗВИТИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ

С исторических времен человека окружал богатый и разнообразный мир растений. Беспомощный перед грозными силами природы первобытный человек старался отыскать в близко растущих от жилища растениях средства против многочисленных болезней. При археологических раскопках обнаруживают все новые данные о применении древнейшими народами мира разнообразных растений с лечебными целями.

Сведения об использовании целебных свойств растений можно найти в памятниках древнейшей культуры — санскритской, европейской, китайской, греческой, латинской. Обширный материал о применении лекарственных растений, например, был обнаружен при изучении папируса («Книга приготовления лекарств для всех частей тела»), найденного Георгом Эберсом. В записях, сделанных на папирусе, содержались рецепты, которые применяли древние египтяне для лечения многих заболеваний.

После расшифровки древнеегипетских иероглифов были обнаружены записи о применении растений с лечебными целями древними египтянами. Они применяли различные мази, примочки, микстуры довольно сложного состава. В Египте широко использовались душистые масла, бальзамы, смолы. Уже в то время были хорошо известны целебные свойства алоэ, подорожника, можжевельника и многих других растений.

В древней медицине Китая также можно найти упоминания о многих заболеваниях человека. Большое место в медикаментозной терапии китайские медики уделяли женьшеню и пантам из оленьих рогов. Первая китайская книга о лечебных травах была написана в 2600 г. до н. э. Известный в то время врач Ли Ши-чжень (1522—15%) в труде «Основы фармакологии» дал подробную характеристику более 1500 средств из лекарственных растений. Эта книга и до настоящего времени не утратила своего значения и переведена на многие языки мира.

В древней Индии медицина имела религиозно-кастовый характер. Врачи считали, что большинство заболеваний происходит от порчи «соков организма». Для лечения рекомендовались кровопускания, рвотные средства и др. Древнеиндийские врачи использовали около 750 лекарств, большая часть из которых была растительного происхождения. Многие

индийские растения (особенно пряности) ввозили в свое время в Римскую империю. Нет в мире вещества, которое не годилось бы в качестве лекарства» — гласит одна из заповедей древнебуддийской медицины.

«Канон врачебной науки» в пяти томах, написанный выдающимся представителем арабской медицинской школы таджикским ученым и врачом Абу Али Ибн Синой, переведен на многие языки мира и в свое время был настольной книгой не только арабских, но и европейских врачей. Автор описал в книге около 900 видов лекарственных растений и способов их употребления.

Научная медицина начинает свое развитие со времен знаменитого врача Древней Греции Гиппократ (460—377 гг. до н. э.). В своей врачебной деятельности Гиппократ широко использовал многочисленные растительные препараты. Ряд из них был, по-видимому, заимствован из египетской практики. Им описано более 200 видов растений, признанных древнегреческой медициной в качестве лечебных средств.

Первое медицинское сочинение в виде энциклопедии, или лечебника, принадлежит древнеримскому врачу Авлу Корнелию Цельсу (конец I века до н. э. и начало I века н. э.).

В середине первого столетия н. э. врач римской армии Диоскорид составил обширнейший травник, включавший в себя большинство известных к тому времени лекарственных растений (около 500 видов). Эта книга явилась не только травником, но и своеобразным сводом фармации и фармакологии того времени.

Автором нового учения о лекарственных растениях был знаменитый врач и фармацевт древности Клавдий Гален (131 — 210 гг. н. э.). Им написано около 200 трудов по медицине.

В IV веке появился наиболее известный из латинских травников, составленный Апулеем, о личности которого почти ничего не известно. Этот травник был настолько популярным, что при изобретении книгопечатания оказался одним из первых печатных изданий.

В IX и X веках появляются первые переводы травников Диоскорида, Галена и Апулея на европейские языки — итальянский, старофранцузский, староанглийский, старонемецкий. Оригинальные европейские травники появляются позднее — в XV и XVI веках, причем приводимые в них сведения в значительной степени заимствованы из греческих и латинских травников.

В Древней Руси использованию лекарственных растений уделялось большое внимание, что нашло отражение в замечательном памятнике древнерусской культуры «Изборнике Великого князя Святослава Ярославовича» (1073). В этой рукописи приводится описание растений, которые в то время на Руси использовались для получения лекарственных средств.

Для лечения наружных и внутренних заболеваний на Руси «лечцы» рекомендовали прикладывать свежие растения к пораженному участку или употреблять их внутрь (например, использовали капусту, лен, горчицу, орешник, подорожник или их соки). Наряду с растительными лекарственными препаратами русский народ с давних времен использовал в лечебной практике мед. Назначали его в чистом виде или в смесях с отваром трав, с маслом, уксусом, салом, пивом, водкой, печеным луком и другими ингредиентами. Благодаря развитию и распространению письменности позже в России появились печатные травники и лечебники. В основном это были переводы с итальянского, немецкого, польского языка. Одним из них является травник Фалимиржа «О травах и их действии». При сравнении этой работы с русскими рукописными травниками и лечебниками было найдено много общего.

Широко распространены были переводные рукописные травники, так называемые вертограды («вертоград»—сад, цветник, огород), с многочисленными описаниями растений и приготовленных из них лекарственных препаратов. К числу переводных медицинских рукописей XVII—XVIII веков относятся «Прохладные вертограды», которые содержат более краткие, чем обычно в вертограде, сведения о растениях.

Заготовку растительного лекарственного сырья проводили по всей России, в том числе в Сибири, на Украине, в Белоруссии. Однако русская лекарственная флора в эти годы изучалась недостаточно активно. Были организованы лишь единичные слаборазвитые фармакохимические лаборатории. Лишь значительно позже изучение флоры и растительных ресурсов России получило большое развитие. С углублением врачебных знаний расширялись представления об отечественных лекарственных растениях, их сборе, выращивании и практическом применении. Академией наук был организован ряд научных экспедиций в различные уголки России.

Успешное изучение лекарственного растительного сырья позволило получить и внедрить в медицинскую практику ряд таких высокоэффективных лечебных препаратов, как секуре-нин из секуринегии ветвистой, лютенурин из кубышки желтой, сапарал из аралии маньчжурской, гиндарин и стефаглабрин из стефании гладкой, сангвиритрин из маклеи мелкоплодной, фловерин из вздутоплодника мохнатого и многие другие.

Вековая практика применения растений для лечения болезней не утратила своей силы: многие из этих природных средств актуальны и в наше время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mirzaeva Sh. U., Muxamadiev B. T., *Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact*, 2024, IntechOpen.
2. Khalilov, F. Abdullayeva, N. Xodjiyeva, Sh.U. Mirzayeva, *Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material*, BIO Web of Conferences 141, 01030 (2024) Agricultural Science 2024.

ИЗУЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОЛОДКИ (GLYCYRRHIZA GLABRA) И ИЗОЛЯЦИЯ АССОЦИИРОВАННЫХ ЭНДОФИТНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Получение и анализ биологически активных соединений из эндофитов корня солодки (*Glycyrrhiza glabra* L.) требует систематического подхода. Ключевыми этапами являются стерильный отбор корней, поверхностная дезинфекция, мацерация тканей, культивирование микробов, выделение чистых культур, идентификация видов и последующая оценка биоактивности микробов и метаболитов.

В данной работе проведено исследование биологически активных веществ солодки (*Glycyrrhiza glabra*), произрастающей на территории Узбекистана, а также выделение эндофитных микроорганизмов из её корневой системы. Определён количественный состав основных групп БАВ, включая сапонины, флавоноиды и фенольные соединения. Проведена изоляция эндофитов с последующим изучением их биологической активности. Выявлены штаммы, обладающие антиоксидантными и антимикробными свойствами. Полученные результаты могут быть использованы в фармацевтической и пищевой промышленности Республики Узбекистан.

Лекарственные растения занимают важное место в развитии фармацевтической и пищевой промышленности Республики Узбекистан. Одним из перспективных видов является *Glycyrrhiza glabra*, широко распространённая в природных условиях Центральной Азии.

Корни данного растения содержат комплекс биологически активных веществ, среди которых наибольшее значение имеют глицирризиновая кислота, флавоноиды и фенольные соединения. Эти компоненты проявляют выраженные антиоксидантные, противовоспалительные и антимикробные свойства.

В последние годы в научной среде активно изучаются эндофитные микроорганизмы, обитающие внутри тканей растений. Установлено, что они способны синтезировать вещества, сходные с метаболитами растения-хозяина, что открывает перспективы их использования в биотехнологии.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска новых источников БАВ и разработки ресурсосберегающих технологий их получения.

Цель работы: исследовать состав БАВ солодки и выделить эффективные штаммы эндофитных микроорганизмов.

Образцы корней солодки были собраны в регионах Республики Узбекистан (Хорезмская область Каракалпакстан).

Экстракция проводилась с использованием 70% этанола при контролируемой температуре.

Определение состава включало:

- спектрофотометрический метод (общие фенолы),
- хроматографический анализ (ВЭЖХ),
- тонкослойную хроматографию.

Для получения эндофитных микроорганизмов использовалась методика поверхностной стерилизации с последующим высевом на питательные среды.

Этапы:

1. Обработка этанолом
2. Стерилизация раствором HgCl_2
3. Промывание стерильной водой
4. Культивирование на агаризованных средах

Проводились исследования:

- антиоксидантной активности (метод DPPH),
- антимикробной активности,
- способности синтеза вторичных метаболитов.

Содержание БАВ в солодке

Показатель	Значение
Глицирризиновая кислота	6,6 – 8,2 %
Флавоноиды	2,1 – 3,4 %
Общие фенолы	5,0 – 7,8 %

Установлено, что наибольшая концентрация БАВ наблюдается в корневой системе растения.

Способность эндофитов синтезировать биологически активные вещества:

Методами ВЭЖХ установлено, что некоторые эндофиты продуцируют соединения, близкие по структуре к:

- глицирризиновой кислоте,
- флавоноидам.

Это подтверждает гипотезу о метаболическом взаимодействии растения и эндофитов.

Анализ показал, что корни солодки содержат значительное количество активных соединений:

- глицирризиновая кислота — 6,8–8,0 %
- флавоноиды — 2,3–3,1 %
- фенольные соединения — до 7,5 мг/г

Наибольшее накопление БАВ наблюдается в зрелых корнях.

В ходе исследования было выделено более 15 штаммов микроорганизмов, включая:

- бактерии рода *Bacillus*
- бактерии рода *Pseudomonas*
- грибы рода *Aspergillus*
- грибы рода *Penicillium*

Наиболее активные штаммы показали:

- антиоксидантная активность — до 78 %
- выраженная антимикробная активность

Особый интерес представляют штаммы *Bacillus* sp. и *Aspergillus* sp., обладающие высокой метаболической активностью.

Полученные данные подтверждают, что солодка, произрастающая в условиях Узбекистана, является ценным источником биологически активных веществ.

Выделенные эндофиты демонстрируют способность синтезировать соединения, аналогичные метаболитам растения, что позволяет рассматривать их как альтернативный биотехнологический ресурс.

В результате проведённого исследования:

- определён состав БАВ солодки
- выделены эндофитные микроорганизмы
- выявлены наиболее активные штаммы

Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых биопрепаратов и функциональных продуктов.

Практическая значимость работы имеет прикладное значение для:

- фармацевтической промышленности Узбекистана
- пищевой биотехнологии
- разработки антиоксидантных добавок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mirzaeva Sh. U., Muxamadiev B. T., *Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact*, 2024, IntechOpen.
2. Sh.U. Mirzaeva, L.T. Yuldoshov, N.T. Xodjiyeva. (2024). CO₂ - extraction of glycyrrhizic acid from licorice root: optimization of extraction conditions using RSM, *BIO Web of Conferences* 113, 01004 (2024) Interagromash
3. Khalilov, F. Abdullayeva, N. Xodjiyeva, Sh.U. Mirzaeva, *Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material*, *BIO Web of Conferences* 141, 01030 (2024) *Agricultural Science* 2024.
4. Sh.U. Mirzaeva, (2025). *Theory and practice of production and application of CO₂ extracts*, Publishing house "Durdona" Bukhara.
5. K. Gafurov, B. Muhammadiev, Sh. Mirzaeva, F. Kuldosheva. (2020). *Chemistry of food products and materials* 14(1), 47-53.

Хамит А.Ж. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Тұраққазы А.А. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Иварай А. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)

ҚҰРАМЫНДА ЦЕЛЛЮЛОЗАСЫ БАР АРАЛАС МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚҰРҒАҚ ӘДІСПЕН ҚАЙТА ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Материалдық өндіріс пен қызметтердің жедел өсуі қатты тұрмыстық қалдықтардың көбеюіне әкеледі. ҚТҚ көлемінің шамамен 50-60% және массасының 30% құнды қайталама шикізат болып табылатын қаптама қалдықтарынан тұрады [1].

Қаптама адам өмірінде, әсіресе тауар айналымын дамытуда маңызды рөл атқарады. Алайда, пайдаланылған қаптама қоршаған ортаға үлкен қауіп төндіреді [2].

Қазіргі уақытта өндірушілердің көпшілігі целлюлоза бар материалдарды - қағаз бен картонды жақсы көреді. Салыстырмалы арзандығы мен көпфункционалдылығына байланысты орауыш қағаздар әр түрлі салаларда және қызмет көрсету саласында қолданылады.

Дегенмен, қазіргі уақытта беріктігі және басқа сипаттамалары бойынша өзінен бұрынғылардан айтарлықтай асып түсетін, бірақ сонымен бірге қайта өңдеуді қиындататын біріктірілген орауыш материалдардың көп саны бар. Олардың ішінде ерекше қызығушылық қашталған фольга.

Каштан фольга-алюминий фольга, негізгі қағаз, полиэтилен пленка және материалдарға қосымша икемділік, тосқауыл қасиеттерін беретін басқа компоненттер сияқты компоненттерден тұратын көп қабатты материал.

Қазіргі уақытта ресурстарды және материалдарды үнемдеу мақсатында орауыш қалдықтарды іріктеп жинау, оларды қайта өңдеу және қайта пайдалану өзекті болып табылады [3]. Каширленген фольганың негізгі компоненттері екі – талшықты фракция және алюминий фольга болғандықтан, жарма фольгасын осы фракцияларға бөліп, оларды сәйкесінше целлюлоза-қағаз және алюминий өнеркәсібінде қолданған жөн.

Шын мәнінде таза алюминий қаптама өндірісінде аз қолданылады, негізінен әр түрлі қорытпалар қолданылады (мысалы, алюминий фольга), бұл орауыш материалды бір реттік тазарту кезінде беріктігін арттыруға мүмкіндік береді.

Каштан фольга-қағаз бен пергаменттен әлдеқайда озып, тауарларды орауға арналған ең танымал материалдардың бірі. Кашталған фольга мен қағазды арнайы желіммен, микровоскамен немесе балқытылған полиэтиленмен берік байланыстырудан тұрады. Алынған материал

тығыздығы, икемділігі, ыстыққа төзімділігі, өткізбейтіндігі, ультракүлгін сәулеленуге және ылғалға төзімділігі бар [4].

Алайда, фольгаға осындай ерекше қасиеттер беру олардың қалдықтарын қайта пайдалануға қайтару мақсатында (қолданғаннан кейін) қайта өңдеуді қиындатады.

Қазіргі уақытта көп қабатты материалдан жасалған пайдаланылған қаптамаларды қайта өңдеу, мысалы,

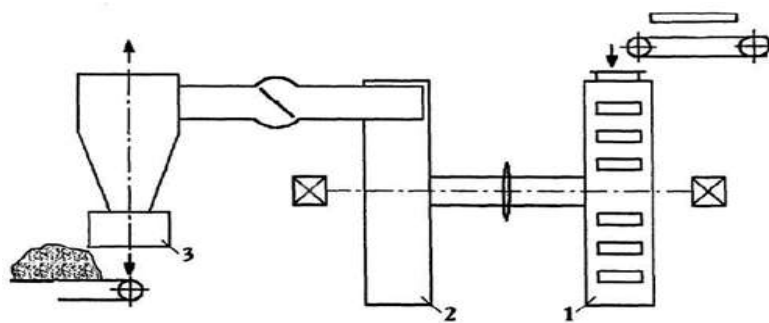
"Tetra Pak" тек аз мөлшерде жүзеге асырылады, бұл материалдарды қайта өңдеудің күрделілігімен түсіндіріледі.

Аналитикалық шолу Tetra Pak мысалында көп қабатты қаптаманы қайта өңдеу нәтижелерін ұсынады. Жұмыста қолданылған Tetra Pak қаптамасы қайта өңделетін материал екендігі көрсетілген. Tetra Pak қаптамасын қайта өңдеудің екі әдісі бар екені белгілі – дымқыл және құрғақ. Ылғал әдіс көп сатылы, ал құрғақ әдіспен, судың қатысуынсыз ашу технологиясы кеңінен талқыланады.

Алайда, қазіргі уақытта тек алюминий фракциясын ғана емес, сонымен қатар қайта пайдалануға арналған талшықты өнімді алу үшін өңделген фольганы өңдейтін кәсіпорындар жоқ. Сондай - ақ, оның талшықты фракциясын қайта пайдалану мақсатымен өңделген фольганы қайта өңдеу туралы жарияланымдар жоқ.

Каширленген фольгаға арналған негіз қағазы жоғары сапалы сульфатты бүтін лулозадан жасалған [5].

Бұл мақалада өнертапқышы және әзірлеушісі Р. Х. Хакимовты – каширленген фольганы құрғақ күйінде фракцияның екі негізгі құрамдас бөлігіне-талшықты және алюминийге бөлетін аэродинамикалық диспергатор бірегей көпфункционалды аппаратын қолдану арқылы ұсынылады (сурет. 1).



Сурет. 1. Талшықты материалдарды (диспергаторды) таратуға арналған құрылғының схемасы: 1-диспергатор, 2 –желдеткіш, 3-циклон

Диспергатор - материалдың тығыздығы бойынша фракцияларға бөлінумен ұнтақтау және бір мезгілде сұрыптау процесі жүретін аппарат. Радиалды иық пышақтары бар айналмалы ротор құрылғыда ауаның құйынды қозғалысын жасайды. Дайын өнімді іріктеу ұсақталған массаны

іріктеу арнасына қосылатын вакуумның әсерінен аппараттың бағасынан жүзеге асырылады.

Ауа ағыны құрылғыдан тек бір талшықтар шығарылатындай етіп реттеледі. Еріту аймағындағы макулатураға механикалық әсер ету ұзақтығы 40-60 с құрайды, макулатура бөліктері мен талшықтар шоғыры Аппаратта жеке талшықтарға дейін ерігенше айналады.

Бұл құрылғыны газет макулатурасын құрғақ өңдеуде қолданған алынған макулатура массасын қайта пайдалануға қайтарумен. Аппаратта таратылғаннан және сұрыпталғаннан кейін құрғақ ерітудің макулатуралық массасы дымқыл еріту массасынан талшықтың аз шығынымен ерекшеленеді, өйткені одан әрі жетілдірген кезде макулатуралық массаны сулы ортада әртүрлі сипаттағы қоспалардан бірнеше сатыда сұрыптау және тазарту қажет емес, өйткені бұл барлық операциялар аппаратта барлық қоспалардың негізгі ағынынан бөлініп, құрғақ түрде орындалады және қосу.

Құрғақ еріту макулатурасы сонымен қатар рационалды фракциялық құрамымен және механикалық беріктіктің тең көрсеткіштерімен талшықтардың ұзындығы бойынша оптимальды таралуымен ерекшеленеді.

Негізгі құрамдас бөліктерге - алюминий және талшықты фракцияларға бөле отырып, көп қабатты және көп компонентті қаптаманы (өндіріс қалдықтарын) қайта өңдеу әдісі мен технологиясын әзірлеу, оның біріншісі ұнтақ металлургияда қолданылады, екіншісі қағаз бен картонға арналған талшықты жартылай фабрикат алу мүмкіндігі бойынша зерттеулер жүргізуді талап етеді.

Аэро - динамикалық диспергаторда құрғақ өңдеу процесінде бөлінген фольганың талшықты бөлігінен, қағаз бен картон өндіруге арналған талшықты жартылай фабрикаттан сәулелену мүмкіндігі мен орындылығын алдын-ала зерттеу жасалған

Қорытындылай келе, әмбебап және көпфункционалды аппарат – аэродинамикалық диспергатор қолданылды, ол екі негізгі компонентке – талшықты және алюминийге бөле отырып, каширленген фольганы (құрғақ әдіспен) тарату және сұрыптау бойынша жұмысты сәтті және тиімді орындайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Шайбакова Ю.А. Кашированная фольга как современный упаковочный материал // Молодой ученый. 2015. №5(85). С. 201–204.
2. Гончаренко В.Л., Боравский Б.В. Современное состояние и перспективы развития обращения упаковки и упаковочных отходов: отечественный и зарубежный опыт // Обзор информ. ВИНТИ. Серия. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2002. №8. С. 16–30.
3. Куприн В.И. Бумага. Картон. Краткий терминологический словарь. М., 1996. 48 с.
4. Губанов Л.Н., Зверева А.Ю., Зверева В.И. Переработка и утилизация отходов упаковочных материалов: учебное пособие. Н. Новгород, 2015. 117 с.
5. Ганиева Н.М., Филенко Н.И., Эпштейн М. Оптимизация структуры кашированного продукта // Полиграфия: технология, оборудование, материалы: материалы XII Международной научно-практической конференции. Омск, 2021. С. 186–192.

Хамит А.Ж. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Өнерхан Г. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)
Жунусова Ә.Б. (Астана, «Қ.Құлажанов атындағы
Қазақ технология және бизнес университеті)

ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК КЕШЕНДЕРДІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МАҚСАТТАРДА ҚОЛДАНУ

Интерполимерлік кешендер (ИПК) полимер-полимерлі қосылыстардың кең класы болып табылады. ИПК комплементарлы макромолекулалар, яғни функционалдық топтары бір-біріне жақындығы бар полимерлер арасында түзіледі.

Бұл жағдайда макромолекулалар арасында сутегі, ван-дер-Ваальс, донор - акцептор және иондық (электростатикалық) байланыстар пайда болуы мүмкін. Электростатикалық өзара әрекеттесу арқылы қарама-қарсы зарядталған полиэлектролиттер арасында түзілген ИПК интерполиэлектролит кешендері (ИПЭК) деп аталады [1].

ИПК зерттеу объектісі ретінде айқын перспективаға және осы саладағы іргелі білімнің жоғары дәрежесіне қарамастан, тақырып бойынша қосымша жұмыстар салыстырмалы түрде аз жарияланды.

ИПК-ді экологиялық мақсаттарда қолдану бірқатар жұмыстарда көрсетілген. ИПК-ді қолданудың жаңа салаларын 1-кесте түрінде ұсынуға болады.

Кесте-1. ИПК пайдалану

Интерполимерлік кешендерді	
Топырақ экологиясы	Су экологиясы
Жел мен су эрозиясының алдын алу	Беттік-белсенді заттарды алу
Топырақтың агрохимиялық көрсеткіштерін төмендету	Флокулянттар
Ремедиация	Биологиялық ластаушы заттарды алу

Осы бойынша топырақ экологиясында ИПК қолдану салалары қарастырылған.

Топырақ экологиясы. Экологиялық мәселелерді шешуге арналған ИПК зерттеулерінің көпшілігі топырақтың экологиялық мәселелерін шешуге бағытталған [2].

Су мен жел эрозиясының алдын алып, күресудің негізгі әдістері:

1. Орман екпелерін отырғызуды, жел мен судан қорғайтын орман тосқауылдарын жасауды, көгалдандыруды және басқаларды қамтитын биологиялық. Әдістердің бұл тобының бір маңызды кемшілігі бар - бұл қалыптастыру үшін айтарлықтай уақытты қажет етеді, әсіресе бұл үшін қолайсыз аймақтарда.

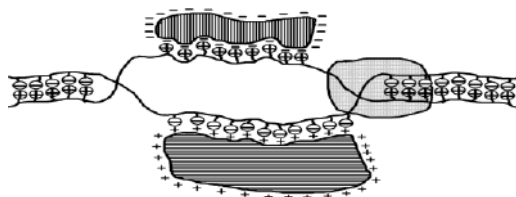
2. Ауыл шаруашылығы техникасын қарқынды пайдалануды және топырақты терең жыртуды болдырмайтын ұтымды егіншілік әдістері. Алайда, бұл әдістер кеңінен қолданылмайды.

3. Топырақ бетін сабан төсеніштерімен, сымдарымен, полимерлі пленкалармен және торлармен жабуды қамтитын механикалық әдістер, бірақ мұндай құрылымдар оңай бұзылады, ал полимерлі пленкалар ауаны бұзады және ылғал алмасуы және өнуді тежейді.

4. Инженерлік әдістер-энергияны көп қажет ететін технологияларды қолдана отырып, жасанды суару, суару жүйелерін салу және т. б.

5. Химиялық әдістер-топырақты тұрақтандыру үшін әртүрлі заттарды қолдану, мұнай өңдеудің тұтқыр компоненттері, пластикалық мульча (ұнтақ, чиптер), силикаттар мен полимерлер, соның ішінде полиэлектролиттер мен полимерлі латекстер, поликомплексер. Тұтқыр мұнай өнімдерін пайдалану қоршаған ортаға, топыраққа және жер асты суларына зиянды әсер етеді.

Силикат композициялары топырақтың қышқылдануына және оның биологиялық өнімділігінің төмендеуіне ықпал етуі мүмкін. Суда еритін полимерлі байланыстырғыштар топырақтан жаңбыр суымен тез жойылады, бұл қалыпты жауын-шашын кезінде де тұрақтандырушы әсердің жоғалуына әкеледі. Гидрофобты байланыстырғыштарды топырақта біркелкі тарату мүмкін емес және көп ұзамай топырақ бетіне шоғырланып, су өткізбейтін жабын түзеді [3]. ИПК бір - бірімен алмасуға болатын гидрофобты және гидрофильді аймақтардан тұрады-поликомплексер құрылымының бұл ерекшеліктері олардың әртүрлі сипаттағы беттерге адсорбциялануына және байланыс аймағындағы өзгертін сыртқы жағдайларға бейімделуіне мүмкіндік береді (1-сурет). Осылайша, ИПК гидрофильді және гидрофобты кез келген түрдегі беттерге жақындықты көрсетеді.



1 – сурет-гидрофобты және гидрофильді беттердің өзара әрекеттесу схемасы

Мысалы, тұзды құмның дисперсиясына әк композициясын қосқанда, қатты агрегаттардың 88% - ы алынды, оның 55% - ы 2 мм фракцияны құрайды.

Осылайша, ИПК құрылымының ерекшелігі әртүрлі сипаттағы беттермен, демек, әртүрлі коллоидты және дисперсті бөлшектермен өзара әрекеттесудің бірегей мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Бұл қосылыстар әртүрлі дисперсиялар үшін өте тиімді және әмбебап байланыстырушы агенттер болып табылады, нәтижесінде топырақтың су және жел эрозиясын болдырмайды [4].

ИПК кез-келген дисперсті жүйелердің, тек топырақ пен топырақтың ғана емес, сонымен қатар жартылай өткізгіш мембраналардың, жабындардың, Медициналық және биотехнологиялық мақсаттағы материалдардың және т. б. құрылымдаушы ретінде практикалық қолдануды табады.

Барлық пайдаланылған ИПК жоғары термостабильділікке ие, олардың тұтану температурасы 370-тен 395-ке дейінгі диапазонда болады. Химиялық құрамы мен ерекше құрылымына байланысты сутектік байланыстармен тұрақтандырылған интерполимерлік кешендер композициялық полимерлі материалдардың жанғыштығын төмендету үшін модификациялық қоспалар ретінде пайдаланылуы мүмкін [5].

Ауыр металдар мен радионуклидтерге қатысты ИПК-нің Жоғары сорбциялық белсенділігін растайды. Кешендердің гидрогель формалары климаттың өзгеруі жағдайында ауыл шаруашылығының тұрақтылығын арттырудың маңызды әлеуетін көрсетеді. Негізгі бағыттарына сорбцияның селективтілігін арттыру, өндіріс құнын төмендету және толық биологиялық ыдырайтын жүйелерді дамыту кіреді. Осылайша, интерполимер кешендерін қазіргі Экологиялық химия мен табиғатты тұрақты пайдаланудың негізгі құралдарының бірі ретінде қарастыруға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бектуров Е.А., Бимендина Л.А. Интерполимерные комплексы. – Алма-Ата: Наука, 1977. – 264 с.
2. Бимендина Л. А., Яшкарлова М.Г., Құдайбергенов С.Е., Бектуров Е.А. Полимерные комплексы. – Семипалатинск: СГУ, 2003. – 285 с.
3. Кабанов В.А., Зезин А.Б., Касаикин В.А., Ярославов А.А., Топчиев Д.А. Полиэлектrolиты в решении экологических проблем // Успехи химии. – 1991. – Т. 60, № 3. – С. 595-601.
4. Новак Б., Кетц И., Зезин А.Б., Желтоножская Т.Б., Соколов Н., Бимендина Л.А., Яшкарлова М.Г., Құдайбергенов С.Е. Структурирование почв СИП, загрязненных радионуклидами с помощью полиэлектролитных, интери интраполимерных комплексов // Материалы 2-ой Межд. научно-практич. конф. «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения», Курчатова, 6-9 сентября 2005. – С. 221-228.
5. Мухамедов Г.И., Хафизов М.М., Инагамов С.Я. Интерполимерные комплексы. Структура, свойства, применение // LAP Lambert Academic Publishing, 2017. – 276 с.

МАЗМҰН

МЕТАЛЛУРГИЯ ЖӘНЕ МАТЕРИАЛТАНУ САЛАСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ghandili A., Makasheva A.M.

ON THE ANOMALOUS HEAT CAPACITY OF LIQUID LITHIUM 4

Kazhikenova S.Sh., Shaltakov S.N., Usarov U.T., Belomestny D.A.

MODEL TO OPTIMIZE PRODUCT QUALITY OF THE METALLURGICAL
PROCESSES.....6

Reshotkina Y., Naboko Y.

ACTUAL RECYCLING DIRECTIONS IN METALLURGY 8

Абдужаппаров Ш.С., Курбанбеков Ш.Р., Камбарбеков.С.Х.,

Қалдар.Б.С. HVOF БҮРКУ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ Zr_2CN ЖАБЫНЫНЫҢ
ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ 11

Абильдина А.Р., Квон Св.С., Куликов В.Ю., Окишев К.Ю.

ОЦЕНКА ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПЛАВЛЕННОГО И
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КВАРЦА ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК
ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ..... 14

Алмагамбет Ш.Н., Бузауова Т.М.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРЫЛЬЧАТОК
СМЕСИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ..... 17

Антонов А.С., Рискулов А.А., Ключко П.В., Струк В.А.

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ МАТРИЦ .. 19

Арыстанова Д.М., Ковалев П.В., Жолдубаева Ж.Д.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ: ПОСЛЕ ПРОКАЛИВАНИЯ И
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ 22

Ахметова С.С.

ЖҮКТЕМЕ КЕЗІНДЕГІ ДИСПЕРСТІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ
РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІ МЕН
ҚОНДЫРҒЫСЫ 23

Әбдімүтәліп А.Н., Құрбанбеков Ш.Р., Мұсахан Н.П. HVOF-ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН Al-Cu-Fe КВАЗИКРИСТАЛДЫ ЖАБЫНЫНЫҢ ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІ МЕН МИКРОҚАТТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ	26
Байсеитова Е.А., Ковалев П.В., Куликов В.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БРИКЕТОВ ИЗ ПЫЛЕВИДНОЙ СТРУЖКИ СТАЛИ ШХ15	29
Балтабаева Д.Ә., Курбанбеков Ш.Р., Амангельдиева Ю.О. HVOF ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ ЖАБЫНЫНЫҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ	31
Гаврилова В.В., Мусафирова Г.Я. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	34
Джашибекова А.Н., Доспаев М.М., Султангазиев Р.Б. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ РУД МЕДИ	37
Жарылқасын Н. О., Аринова С. К. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА НА СВОЙСТВА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ	39
Жұмашев Қ.Ж., Нарембекова А.К., Катренов Б.Б. МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫН АЛУ.....	41
Заякин О.В., Штеер Е.В., Султангазиев Р.Б., Абдилдина М.М. ҚҰРАМЫНДА БОР БАР МОДИФИКАТОРЛАРДЫҢ ЖОҒАРЫ БЕРІКТІ ШОЙЫННЫҢ МИКРОСТРУКТУРАСЫ МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	44
Ибрахимова Ж.А., Байсанов А.С., Аубакиров Д.Р. ПОЛИМЕТАЛЛ КЕНДЕРІНЕН ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЙДІ БАЛҚЫТУ КЕЗІНДЕ КҮЛІ ЖОҒАРЫ КӨМІРДІҢ ЭЛЕКТРЛІК ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ	46

Ибрахимова Ж.А., Исагулова Д.А., Воробкало Н.Р. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИЦИЯ КАРБОТЕРМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ Fe-Si-Zn-C-O.....	49
Квон Св.С., Окишев К.Ю., Ержан А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БРИКЕТОВ ИЗ ОТХОДОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ РАСКИСЛЕНИЯ И ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ СТАЛЕЙ	52
Кенгирбай А.Б., Саркенов Б.Б. ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕР АРҚЫЛЫ ЖЕЗҚАЗҒАН КЕН ОРНЫНДАҒЫ БАЙЫТЫЛУЫ ҚИЫН МЫС КЕНДЕРІНІҢ СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН АРТТЫРУ	54
Кенжебек С.М. ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕТАЛЛУРГИЮ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ВЕКТОР ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КАЗАХСТАНА	56
Копабаев А.С., Исагулов А.З., Есенгалиев Д.А. ӘЛЕМДЕГІ ФЕРРОМАРГАНЕЦ, ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЕЦ НАРЫҒЫ МЕН ӨНДІРІСТІҢ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АХУАЛЫ	59
Кочегина Е.В., Морозова А.В., Осадченко В., Ли Р., Акишева Т. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЯЖЕЛОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ОБЖИГА ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КОК-БУЛАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	61
Кравчук Т.О. МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ НАНОЧАСТИЦ SiC В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА	63
Куликов В.Ю., Ковалев П.В., Қордашева А.А. ГАЗДАНДЫРЫЛАТЫН ҮЛГІЛЕР ӘДІСІМЕН БОЛАТ ҚҰЙМАЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ИНОКУЛЯТОР ФРАКЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	66

Куликов В.Ю., Десницкая Л.В., Матвеев И.А., Ковалев П.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН В ОТЛИВКАХ ИЗ ХРОМОНИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ	68
Куликов В.Ю., Исагулов А.З., Квон Св.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ	70
Куликов В.Ю., Ковалев П.В., Байбеков Ш.С., Достоева А.М. ВАРИАТИВТІ ҚЫСЫМДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАБЫҚТЫ ҚАЛЫПТАРДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ	73
Макашева А.М., Нускабеков Ж.С., Оспанов Е.А. КҮКІРТТІ МЫС КОНЦЕНТРАТТАРЫН АВТОГЕНДІ БАЛҚЫТУ КЕЗІНДЕ ШИХТАЛАУДЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ТӘСІЛДЕРІ.....	75
Макишева Ж.Т., Ахметов А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩЕГО ФЕРРОХРОМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ, ДИСПЕРСНО- УПРОЧНЕННОЙ НИТРИДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ	77
Мейрханова А.Б., Жолдубаева Ж.Д. БОЛАТ БӨЛШЕКТЕРІН ҚОРҒАУҒА АРНАЛҒАН БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	80
Патчаханов Д.Р., Курбанбеков Ш.Р., Абдужаппаров Ш.С. HVOF ТЕХНОЛОГИЯСЫ АРҚЫЛЫ E110 ЦИРКОНИЙ ҚОРЫТПАСЫ БЕТІНЕ БҮРКІЛГЕН Cr ₃ C ₂ -NiCr КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ	82
Пыжик Т. Н. СПОСОБ СИНТЕЗА N-ПАЛЬМИТОИЛМЕТФОРМИНА – НОВОГО ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ.....	85
Салина В.А., Байсанов С.О., Толоконникова В.В., Алексеенко А.А. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ФЕРРОСПЛАВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ СТАЛИ	88

Салкынбаев Б.Ж., Исагулов А.З., Аубакиров Д.Р., Салихов С.П. ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОКСОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	91
Салкынбаев Б.Ж., Исагулов А.З., Махамбетов Е.Н. ВЛИЯНИЕ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩЕЙ МОДИФИКАЦИИ НА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОКСА	94
Салькеева А.К., Кусенова А.С. ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ	96
Сапиянова А. М. ГАЗОТЕРМИЯЛЫҚ ӨДІСПЕН ҚАЛЫПТАСТЫРЫЛАТЫН ФУНКЦИОНАЛДЫ-ГРАДИЕНТТІ ЕКІ ҚАБАТТЫ ЖАБЫНДАР НЕГІЗІНДЕ БӨЛШЕКТЕРДІҢ ПАЙДАЛАНУ ҚАСИЕТТЕРІН ЖОҒАРЫЛАТУ	98
Сержан А.Ж. ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ЭКЗОГЕННОГО И ЭНДОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАСПЛАВ	100
Сәулебек Ж.Қ., Махамбетов Е.Н., Исагулов А.З., Онуралп Ю. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРЕДВОССТАНОВЛЕНИЮ ХРОМОВОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫМИ УГЛЕРОДИСТЫМИ ВОССТАНОВИТЕЛЯМИ.....	103
Туысхан К., Ахметова Г.Е., Ульева Г.А. ТЕХНОГЕНДІК МИКРОСИЛИКАНЫҢ ФРАКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ	106
Улмаганбетов Н.А., Исагулова Д.А., Алмагамбетов М.С., Махамбетов Е.Н. ПОДБОР СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭКСТРУЗИИ ХРОМОВОЙ МЕЛОЧИ	109

Уразов Т.К., Мусаев М.М.
 СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА
 ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
 МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 110Г13Л..... 112

Шаихова Г.С., Тулеутаева Ж.М.
 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ АҚПАРАТТЫҚ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫНЫҢ
 ОНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ 115

Юдакова В.А., Платонова Е.С.
 ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
 ЦЕМЕНТУЕМЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
 ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ 117

МАШИНА ЖАСАУДЫҢ ДАМУ БОЛАШАҒЫ

Sailaubek E.D., Bekbolatov Sh.B., Rakishev A.K.
 A STUDY OF THE INFLUENCE OF 3D PRINTING PARAMETERS ON
 THE SURFACE QUALITY OF POLYMER PARTS 120

Sarsembayev D.Zh., Kelisbekov A.K., Sargulzhina A.A.
 TECHNICAL MONITORING CAPABILITIES OF MINE DUMP TRUCKS
 BASED ON CAN-BUS AND WIRELESS NETWORKS..... 122

Айдосұлы С., Матешов А.К., Иогансон А.А.
 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ,
 ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ 124

Аллаяров И.С., Жаркевич О.М.
 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
 ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШТОКОВ МЕТОДОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО
 НАПЫЛЕНИЯ 126

Аманбек Н.Т.
 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА РЕМОНТА
 ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 128

Ансатбаева Ж., Оқасов Е.А.
 ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР АРҚЫЛЫ МАШИНА ЖАСАУ
 САЛАСЫН ЖЕТІЛДІРУ 130

Бейбіт Ш.Ғ. ТІСТІ ДОҢАЛАҚ ТІСІНІҢ ЭВОЛЬВЕНТАЛЫҚ ПРОФИЛІН СТАТИСТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ	132
Валанчус Д.А., Бартенев И.А. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ	134
Жакишев У.М., Нуржанова О.А. ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ.....	136
Иванов Г. А., Нуржанова О.А. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ГИДРОЦИЛИНДРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	138
Капаева К. Т., Жаркевич О.М. ПРЕОДОЛЕНИЕ ДЕФФЕКТОВ ТЕРМООБРАБОТКИ: ВЛИЯНИЕ МНОГОЧАСТНОЙ ТВЧ-ЗАКАЛКИ НА ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И РЕСУРС ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ВНУТРЕННИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ.....	140
Кожухметова И.Е., Жетесова Г.С. МЕТОД ФМЕА В РАМКАХ ВНЕДРЕНИЯ УЧАСТКА ЧПУ ГИБКИ ТРУБ	143
Кондратков Р. А., Рожкова А.А., Рожков А.В. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ АСПЕКТОВ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	146
Корнеев К.В., Берг А.С. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ БАЛКИ КОНСОЛЬНО – ПОРТАЛЬНОГО СТАНКА С ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ	149
Круподёр Д.В., Матешов А.К. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.	152
Куринный Д.В. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	154

Маздубай А.В., Доненбаев Б.С., Қуанов И.С. ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ФРЕЗЕРЛЕУ ЖАҒДАЙЫНДА HARDОХ БОЛАТЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ӨНДЕУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ	157
Мұрат Ә.Т., Ракишев А.К. ФУНКЦИОНАЛДЫ-ГРАДИЕНТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУДАҒЫ АДДИТИВТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	160
Нжамбаев А.Т., Матешов А.К., Бекболатов Ш.Б. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ	162
Оразбеков А.Б., Жетесова Г. С. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	164
Решетникова О.С., Ильязов Р.И. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ГОРНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ТОО «KAZMINERALS VOZSHAKOL».....	166
Рубенков В.П., Нуржанова О.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ГИДРОЦИЛИНДРА.....	168
Сансызбай Д.Қ., Ким А.С., Совет Н.Ә. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ	170
Сафарьян А.В., Нуржанова О.А. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАНИПУЛЯТОРОВ В ЗОНАХ СИНГУЛЯРНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ.....	172
Седов Н.С., Ракишев А.К., Абеков У.Е. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ 3D ПЕЧАТИ	174
Серикбаев И.Е., Берг А.С. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	176

СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС

Karipov E.S., Zhakylna A.A.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO REDUCE
OPERATIONAL COSTS OF BUILDINGS AND STRUCTURES 180

Karamanova N.A., Tokanov D.T.

MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH VOIDED
SLABS UNDER DIGITALIZATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE. 183

Kayumov A.D., Muhammadjonov M.R.

ENSURING THE STABILITY OF THE ROADBED IN SECTIONS OF
HIGHWAY WIDENING 185

Savchuk R.E., Ryabkova M.P.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ANALYSIS AND
FORECASTING OF GEOTECHNICAL PROCESSES IN THE
CONSTRUCTION OF FAST-ERECTED PREFABRICATED MONOLITHIC
INDUSTRIAL BUILDINGS 188

Tokanov D. T., Shermukhamedov U. Z., Tuspekov B. T.

METHODS FOR CONNECTING COLUMNS TO BEAMS IN CIVIL
BUILDINGS 190

Tokanov D.T., Adilxodjayev A.I., Abildin Zh.K.

INSTALLATION TECHNOLOGIES FOR MAIN REINFORCEMENT IN
MONOLITHIC FLOOR SLABS 192

Tokanov D.T., Ujma A., Zhakibekov M.E.

PLASTIC VOID FORMER FOR CAST-IN-PLACE REINFORCED
CONCRETE STRUCTURES 194

Абдильдина Г.А.

МОНУМЕНТТИ НЕМЕСЕ ДЕКОРАЦИЯЛЫҚ КЕСКІНДЕМЕ
ҚАБЫЛДАУЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ 196

Абишева А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МРАМОРНОЙ КРОШКИ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ. 199

Авилова Е.К. НАЦИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ В АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ТРАДИЦИЙ К СОВРЕМЕННОСТИ.....	202
Ахметбеков Е.Е., Рожкова А.А., Рожков А.В. ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ЭКОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА.....	205
Ашимов Т.М., Касимов А.Т., Дуанбеков А.Б., Несіпбай А.Р. АЗАМАТТЫҚ ҒИММАРАТТАРДЫ МОДЕРНИЗАЦИЯЛАУ КЕЗІНІНДЕ ЖӨНДЕУ ӨНДІРІС ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	208
Базыл Ә. Д., Абдрахманова К. А. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ОПЫТА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН.....	211
Бауыржанқызы Р., Рахимова Г.М. БЕЛСЕНДІРІЛГЕН МИНЕРАЛДЫ ҰНТАҚТАРДЫ ӨНДІРУ ҮШІН ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ӨНЕРКӘСІПТІК ҚАЛДЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫ ТАЛДАУ: ШОЛУ	214
Баянбек Р. Б. ҒАЛАМДЫҚ НАВИГАЦИЯЛЫҚ СПУТНИКТІК ЖҮЙЕЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ДИНАМИКАЛЫҚ ОБЪЕКТІЛЕРДІ МОНИТОРИНГТЕУ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ.....	217
Бекурина Д.А., Овчинников И.Г. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ТЕНСЕГРИТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	220
Борисевич Ю.А., Герман Ю.А. НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ МЫШЛЕНИЯ И ОСВОЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ	222
Ғабдулағлан З.М., Ахметжанов Т.Б., Бакирова Д.Г. ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ ТОПЫРАҚТАРДАН АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫНЫҢ ТӨСЕМДЕРІН САЛУ САЛАСЫНДАҒЫ ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР	225

Герман Ю.А, Герман Р.А. ИЗМЕНЕНИЕ БАЛАНСА НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ-АРХИТЕКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	228
Гулямкадирова М.А., Агзамова И.А., Каюмов А.Д. УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	231
Есенбаева Г.А., Касимов А.Т., Шарипов К.Т., Гусейнов А. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЛОИСТЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ УТОЧНЕННОЙ ТЕОРИИ	233
Ескендиоров Н.М. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ	236
Жоламанова А.Ш., Ахметжанов Т.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ	239
Какенов К.С., Марал Н. Ж., Ахметов Б.Б. ШӨГІНДІ ТОПЫРАҚТАРДАҒЫ ҒИМАРАТТАРДЫҢ НЕГІЗДЕРІ МЕН ІРГЕТАСТАРЫН ЕСЕПТЕУДІҢ ИНЖЕНЕРЛІК ӘДІСТЕРІ	242
Калмагамбетова А.Ш., Тайшикова А.М. ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ СОСТАВОВ.....	245
Канагатов А.С., Рахимов А.М. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ	247
Капаев А.Т., Ахметжанов Т.Б., Шведов А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ...	250
Картобаева Р.Х. АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК В ЖИЛОЙ СРЕДЕ КАЗАХСТАНА.....	252

Касимов А.Т., Несіпбай А.Р., Дуанбеков А.Б., Шарипов К.Т. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭТАПЕ МОДЕРНИЗАЦИИ.....	254
Касимов А.Т., Шарипов К.Т., Несіпбай А.Р., Садыкова А.Н. ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДАМУ БАҒЫТТАРЫ.	257
Касимов А.Т., Ахажанов С.Б., Касенова А.Н., Калданова Б.О., Сакенова Ж.К. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ БАЛКИ НА ДВУХПРАМЕТРИЧЕСКОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ.....	260
Кикнадзе С. В., Хан М.А. ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ ДОРОГ И МОСТОВ: ПРИЧИНЫ И МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ....	263
Киреева А.О., Мукатаева М.С. САУДА ОРТАЛЫҒЫ ҒИМАРАТЫНЫҢ КӨТЕРГІШ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ СЕНІМДІЛІГІ МЕН ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ	266
Копелюх Я.С., Токанов Д.Т., Токанова А.К. ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕФЕКТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И МОНТАЖА ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФАСАДА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ УГРОЗУ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА.....	269
Лукпанов К.Т., Рахимов А.М. ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ СРОКА СЛУЖБЫ НЕСУЩИХ И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	272
Мальчихин М.Е. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА В ПРОЦЕССЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ДЕТСКОЙ ШКОЛЫ ИСКУССТВ.	275
Маринин А.Н., Коротаев А.А. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ	278

Мухамедьяров Д.З. ҚАДАЛАРДЫ ҚАҒУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ МЕХАНИКАСЫ	281
Ожигин Д.С., Алтайбаева К.А. ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫ	284
Олейникова Е.А., Махонин Е.А. МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ.....	286
Омертаев А.А., Кропачев П.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАСЧЁТЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ.....	289
Очилов В.Ш. КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ И ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГА В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ.....	292
Пульников А.А., Овчинников И.Г. АРМОГРУНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ «МАКВОЛЛ».....	295
Ракижанова Ж.К., Рахимова Г.М. МЫС БАЛҚЫТУ ҚОЖЫН ЖОҒАРЫ БЕРІКТІКТЕГІ БЕТОНҒА АРНАЛҒАН ІРІ ТОЛТЫРҒЫШ РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУДЫҢ БОЛАШАҒЫ.....	298
Рахимов А.М., Мукатаева М.С. ҚОҒАМДЫҚ ҒИМАРАТТАРДЫҢ ТІРЕК ҚҰРЫЛЫМДАРЫНА ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУДЫҢ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ.....	301
Рахимова Г.М., Адыханова А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ И АДАПТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	304
Рожкова Е. А., Рожкова А. А., Рожков А. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБ С РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ.....	307

Рожкова Е. А., Рожкова А. А., Рожков А. В. НОРМАТИВНЫЕ ПОТЕРИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ТРУБОПРОВОДАМИ НА УЧАСТКЕ СЕТИ	310
Романенко И.А. РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА	313
Руссу О.С. ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ.....	315
Сайдулин В., Рахимбеков Б., Кутгубаев К.Б. АРХИТЕКТУРА СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ: ФОРМА, ФУНКЦИИ И ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА	318
Сайфуллин К.И., Кропачев П.А. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	321
Самойлова А.И., Овчинников И.И. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОЛГОВЕЧНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	324
Самойлова А.И., Овчинников И.И. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	326
Сарбасова К.Ж., Абдрахманова К.А. ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ	329
Сарбасова К.Ж., Утемуратова Б.К. РОЛЬ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ	332

Свяженин Н.П., Кужахметов С.Б. ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	334
Сиротинин Н.С. АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	336
Стасилович Е.А. ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ	339
Стафеева Э.Д., Рожкова А. А., Рожков А. В. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИИ БАССЕЙНОВ: РОЛЬ ОСУШИТЕЛЕЙ И НАКРЫВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	342
Сүйіндіков Е.Т., Гомарова Б.М. ҚАЛАЛЫҚ ОРТАНЫ ІЗГІЛЕНДІРУДЕГІ ЛАНДШАФТЫҚ СӘУЛЕТ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МАҢЫЗЫ.....	345
Темир Б., Ахметов Б.Б. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОМПЛЕКСНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	347
Турарова А.Қ. ВІМ-МОДЕЛЬ ҒИМАРАТТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ: ЖОБАЛЫҚ АҚПАРАТТАН ӨМІРЛІК ЦИКЛДІ ЦИФРЛЫҚ БАСҚАРУҒА КӨШУ	349
Утемуратова Б.К., Ермеков А.А., Нурпеисова С.К. ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛЕКСИКИ И ЕЁ ПРОИСХОЖДЕНИЕ	352
Утемуратова Б.К., Оспанов Н.Ж. РОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЯЗЫКА В УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ РИСКАМИ	355

Утемуратова Б.К., Ыдырысов Д.Е. ЯЗЫКОВАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ.....	357
Утемуратова Б.К., Ыдырысов Д.Е. ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ФАКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	360
Утибаев А.В. ДЕКОРАТИВНАЯ ЛЕПНИНА ФАСАДОВ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА КАЗАХСТАНА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ	362
Шакуров Р.Р., Овчинников И.Г. РОЛЬ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ В СОХРАНЕНИИ ЦЕЛОСТНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	365
Шапуров В.Д., Овчинников И.Г. ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ	368
Шомпиева Э.Е. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СОВРЕМЕННУЮ АРХИТЕКТУРУ И СТРОИТЕЛЬСТВО	371
Шомпиева Э.Е. АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ КАРАГАНДЫ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОГО ОБЛИКА ГОРОДА	374
Ыдырысов Д.Е., Абдрахманова К.А. ШҰҒЫЛ КОНТИНЕНТТІК КЛИМАТ ЖАҒДАЙЫНДА ҒИМАРАТТАРДЫҢ ҚОРШАУ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАУЫН ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ МОНТАЖДАУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ	376

КӨЛІК ЖӘНЕ ЛОГИСТИКА

Khusenov U.U., Nurmukhamedov J.T., Makhmudov M.G. DETERMINING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INCREASING THE CAPACITY OF SINGLE-TRACK RAILWAY SECTIONS USING AN AUTOMATIC BLOCK POST SYSTEM.....	380
Kudaibergenova A.B., Zhakupova Sh.S. STANDARDIZATION OF LOGISTICS PROCESSES AS A FACTOR IN INCREASING THE EFFICIENCY OF URBAN TRANSPORT INFRASTRUCTURE.....	383
Sadullaev B.A. IMPROVING FREIGHT TARIFFS IN RAILWAY TRANSPORT: AN ECONOMIC MATHEMATICAL MODEL BASED ON INCENTIVE- EFFECTIVENESS	386
Sadullaeva G.T. THE IMPORTANCE OF LANGUAGE PLAY IN LINGUOPOETICS: HISTORICAL DEVELOPMENT AND TYPOLOGY	388
Sadullaev B.A., Norkobilov S.A., Askarov B.Sh. IMPROVING FREIGHT TARIFFS IN RAILWAY TRANSPORT: AN ECONOMIC MATHEMATICAL MODEL BASED ON INCENTIVE- EFFECTIVENESS	390
Sekebayeva A.U., Zhakupova Sh.S. JUSTIFICATION OF OPERATING MODES OF AN AUTONOMOUS EXCAVATOR IN SOIL EXCAVATION	392
Sekebayeva A.U., Kurmasheva B.K. JUSTIFICATION OF THE OPERATING MODES OF AN AUTONOMOUS EXCAVATOR IN THE DEVELOPMENT OF SOIL	394
Ulbrich D., Кадыров А.С., Жунусбекова Ж.Ж., Кешубаева А.М. КОМПЛЕКТОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	396
Абдуллаев И. Я. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ВЫХЛОПНЫХ ГАЗАХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	399

Абдыгалиева С.Ж., Маратов А.М. ТЕМІРЖОЛДАҒЫ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ.....	401
Абишов К. А. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА ЛИНИИ С АВТОМОБИЛЕМ.....	404
Акимбеков М. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ.....	407
Акимбеков М.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ.....	409
Аманжолов А.Ш., Привалова О.А. ЗЕЛЁНАЯ ЛОГИСТИКА И ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК.....	411
Аскарлов Б.Ш., Галиуллина Р.Р., Нуршинов С.Р. АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА СТАНЦИИ «КАРАГАНДА».....	414
Аскарлов Б.Ш., Калиакпаров А.А., Аман Д.Н. АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА СТАНЦИИ «ПРОКАТ».....	416
Аскарлов Б.Ш., Суюнбаев Ш.М., Косбармаков С.Ж. БОЛАТ ТРОСТАРДЫҢ ОРНАЛАСУЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ АРҚЫЛЫ РЕЗЕҢКЕТРОСТЫ КОНВЕЙЕР ТАСПАЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....	418
Аскарлов Б.Ш., Норкобилов С.А., Рустамжонов Б.Э. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПРЯМЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО ПУТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ	420
Аскарлов Б.Ш., Теплов В.С., Чурилов С.С. АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ СТАНЦИИ «ЖАНА КАРАГАНДА».....	423

Аубекерова Ж.Н., Солод А. И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДЕРЖЕК НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЁСТКАХ И КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ	425
Ахметова А.Ж., Кукешева А.Б., Кадыров А.С., Lukasz W. ЖОЛ ЖӨНДЕУ ЖҰМЫСТАРЫ КЕЗІНДЕ КӨЛІК ШЫҒЫНДАРЫН АЗАЙТУ ҮШІН ЖЫЛЖЫМАЛЫ ЖОЛ ӨТПЕСІН ҚОЛДАНУДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ НЕГІЗДЕУ.....	427
Әдікенұлы Е. ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІН ЦИФРЛЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗДЕРІ	430
Әликәрімова Ж.Н., Курмашева Б.К. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	433
Әскербек А. Д., Баймуханбетова Э. Е. ЖЕТКІЗУ ТІЗБЕКТЕРІН БАСҚАРУДА ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	436
Байгожина П.У., Bartosz W. ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНДЕ ҚОСАЛҚЫ БӨЛШЕКТЕРДІ БӨЛУДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ТӘСІЛДЕРІНЕ ШОЛУ	439
Бақытов Е.С., Кадыров А.С., Нурахметов С.Ж. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ТЕХНИКИ.....	441
Балабаев О.Т., Аманкулов Н.А., Шайхымов Ж.Е. АНАЛИЗ ВАГОНООБОРОТА НА ПОДЪЕЗДНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПУТИ ТОО «KAZ-METIZ»	444
Физик Р. М., Томилова Н.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР RNN И LSTM ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЛОГИСТИКЕ	446
Балабаев О.Т., Михайлов В.Ф., Малиев В.В. АППРОКСИМАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА АВТОТРАНСПОРТА, ПРИНАДЛЕЖАЩЕГО ГРАЖДАНАМ ГОРОДА КАРАГАНДА	449

Батырбек М.Б., Оразалина А.Б., Карсакова А.Ж. ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ПЕРЕУВЛАЖНЁННЫХ УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КАЗАХСТАНА.....	451
Бекмағанбет И.Б., Сулеев Б.Д. ДОҒЛАҚ ЖҰПТАРЫНЫҢ КОНСТРУКТИВТІ АҚАУЛАРЫН ТАЛДАУ.....	454
Гулый С.В., Рожков А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗНОСА РОЛИКООПОР ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЫЛИ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ.....	457
Дәрібжан М.С., Кукешева А.Б., Айдралиев А. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕЖРЕМОНТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ АГРЕГАТОВ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ	460
Жумабеков А.Т., Сахапов Р.Л., Синельников К.А. ЖОЛ ЖҰМЫСТАРЫ КЕЗІНДЕ ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ҮЗДІКСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН МОБИЛЬДІ ЖОЛ ӨТПЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ НЕГІЗДЕМЕСІ	462
Ибрагимова Г.Р., Хусанова Е.Т., Каршибоев А.А. УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПОДСИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ.....	465
Игнатов Д.В., Карсакова А.Ж. АНАЛИЗ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ОСАДКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	468
Ильясов А.М., Коробейников А.С. ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОВЕРКИ ДАТЧИКОВ УРОВНЯ ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА	471

Исабаев М.С., Сарсембеков Б.К. УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ-ЛАЗЕРЛІК ӘСЕР АРҚЫЛЫ ІЖҚ ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРЫН ӨНДЕУ: ҚАЗАҚСТАН ҚАЛАЛЫҚ КӨЛІГІНІҢ УЫТТЫЛЫҒЫ МЕН КӨМІРТЕК ІЗІН АЗАЙТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	473
Исина Б.М., Бекжанова С.Е. ҚАРАҒАНДЫ-СҰРЫПТАУ СТАНЦИЯСЫНДА ВАГОНДАРДЫ ЖИНАҚТАУДА ТҰРУ УАҚЫТЫН АНЫҚТАУ	476
Кадыров А.С., Привалова О.А., Карсакова А.Ж., Калинин А.Б. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТАЛЫХ И СНЕЖНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ ...	479
Карсакова А.Ж., Оразалина А.Б., Сахапов Р.Л. ТЕМІРЖОЛ ЖОЛЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН БОЛЖАУ НЕГІЗІНДЕ ЖОЛ ТЕХНИКАСЫНА ҚАЖЕТТІЛІКТІ ЖОСПАРЛАУ: ЭЛБ-4С МЫСАЛЫНДА.....	482
Каюмов Ш.Ш., Мейлиев Ю.Ю., Кличбаев Д.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПРОФЕССИИ РАБОТНИКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	485
Кенжекеева А.Р., Дәулетова А.Р. ҚАРАЖАЛ СТАНЦИЯСЫ КІРМЕ ЖОЛДАРЫНДА ТИЕУ-ТҮСІРУ ЖҰМЫСЫН ЖАҚСARTУ	488
Копать В.В., Назарук А.Д. ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ХАБЫ В СИСТЕМЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	491
Кошмаганбетова А.С., Кабикенов С.Ж., Лукаш Г. ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДЕРДІҢ ЖҮРІС ҚОРЫН АРТТЫРУҒА БАҒЫТТАЛҒАН ТИІМДІ ІС-ШАРАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ	494
Қасымжанова А.Д., Музыка М.В., Маркенов Д.А. АППРОКСИМАЦИЯ ВАГОНООБОРОТА СТАНЦИИ «РАДИОУЗЕЛ»	496
Лотц А.А., Мажитова С.К. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК.....	498
КОНТЕЙНЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ.....	501

Мақсұтова Ж.Қ., Қасымжанова А.Д., Суюнбаев Ш.М. КОНТЕЙНЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ.....	500
Мануйленко А.Н., Рожков А.В. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СТАНЦИИ «РАСПОРЯДИТЕЛЬНАЯ»	503
Махашева И.С., Панков А.А. ЛОГИСТИКАДАҒЫ РОБОТТАНДЫРУ ЖӘНЕ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ РӨЛІ	506
Мырзатай А.С., Исаков У.К. ЦИФРОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	509
Назарук А.Д., Копать В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛОГИСТИКЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	512
Нурмухамедов Ж.Т., Умрзокова Ш.А. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ НА ОСНОВЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.....	515
Нусупова Н.К., Долонова Т.А. ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА В КЫРГЫЗСТАНЕ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	518
Омарова Т.Ж., Халықов Н.Д. «ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛЫ» ҰК» АҚ «ҚАРАЖАЛ» СТАНЦИЯСЫ КІРМЕ ЖОЛДАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ	521
Пак И.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ГЛУШИТЕЛЕМ	524
Привалова О.А., Карсакова А.Ж. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТАЛЫХ И СНЕЖНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ ...	526

Русак А.М., Станевская А.А. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ БИРЖИ: ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	529
Сайлаухан Ж.Қ., Пенкин С.А. ЖҮК ПОЙЫЗДАРЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҚҰРЫЛҒЫСЫН ӨЗІРЛЕУ	532
Сәрсемхан С.М. КӘСІПОРЫНДАҒЫ ЖАБДЫҚТАУ ЛОГИСТИКАСЫН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ ЗАМАНАУИ МОДЕЛЬДЕРІ.....	534
Ситакова А.Н., Кабикенов С.Ж. ЭЛЕКТРОМОБИЛИ И СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРЯДНЫЕ СИСТЕМЫ: НАДЕЖНОСТЬ, УПРАВЛЕНИЕ И АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	537
Сотченко Д.Н. АДАПТАЦИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ЗИМНИМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	540
Станевская А.А., Русак А.М. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ СКЛАДА	543
Суюнбаев Ш.М., Қасымжанова А.Д., Мақсұтова Ж.Қ. ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ КОНТЕЙНЕРЛІК ТЕМІРЖОЛ ТАСЫМАЛДАРЫ: ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ МЕН ДАМУ ҮРДІСТЕРІ.....	546
Суюнбаев Ш.М., Бейсембаев Д.М. ҰЗЫН ӨЛШЕМДІ РЕЛЬСТІК ПЛЕТТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУ: ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ДАМУ БАҒЫТТАРЫ.....	548
Таласпаева А.А., Кабикенов С.Ж. АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ГРУЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН: СРАВНЕНИЕ 2024 И 2025 ГОДОВ.....	550
Тимоховец В.Д. АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МЕГАПОЛИСОВ ТРЕБОВАНИЯМ ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	553

Тохтар Л.М. ҚАЗАҚСТАННЫҢ КӨЛІК-ЛОГИСТИКАЛЫҚ ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫН ДАМУ: ТРАНЗИТТІК ӘЛЕУЕТТІ АРТТЫРУДЫҢ ЗАМАНАУИ ҮРДІСТЕРІ.....	555

Шаукенов А.Н., Умбетжанова А.Т. СКЛАДСКАЯ ЛОГИСТИКА И РОБОТИЗАЦИЯ.....	558

Шора А.Қ. КӘСПОРЫНДА КӨЛІКТІК-ЭКСПЕДИТОРЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУДІ ҰЙЫМДАСТЫРУДА ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ	560

ХИМИЯ - БИОЛОГИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ

Akimbekova B.B., Zhorabek A.A. CATALYTIC DEPARAFINIZATION	564

Aldabergen B., Dargirkhan N., Abulyaissova L.K. CONFORMATIONAL PROPERTIES OF THE SCHIFF BASE.....	567

Alikina-Zanyauskene E.D., Takibayeva A.T., Karilkhan A. SULFUR-CONTAINING MONOTERPENE DERIVATIVES (THE CASE OF CAMPHOR THIOSEMICARBAZONE): COMPUTATIONAL ASSESSMENT OF THE ADMET PROFILE, METABOLISM, AND TOXICOLOGICAL RISKS AS A STAGE OF RATIONAL SELECTION OF POTENTIALLY BIOACTIVE COMPOUNDS	569

Buriyev S.B., Jalolov E.B., Buriyeva D.I. MOST COMMONLY USED CLASSIC NUTRIENT MEDIA FOR CULTIVATING AND PROPAGATING CHLORELLA VULGARIS AND OTHER GREEN ALGAE CELLS UNDER LABORATORY CONDITIONS	571

Buriyev S.B., Jalolov E.B. BIOTECHNOLOGY FOR OPTIMIZING THE DIET OF <i>Ctenopharyngodon</i> <i>idella</i> (VALENCIENNES, 1844) JUVENILES THROUGH THE SYNERGY OF MACROPHYTES AND MICROALGAE, BASED ON NUTRIGENOMICS AND “PRECISION NUTRITION” PRINCIPLES.....	574

Jabbarova S. K. RESEARCH OF THE INFLUENCE OF SHELK FRUIT POWDER ON THE QUALITY OF FLOUR CONDIMERY PRODUCTS.....	577
Jalolov E.B. SCIENTIFIC AND BIOTECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF INTEGRATING HIGHER AQUATIC PLANTS AND MICROALGAE TO INCREASE TROPHIC EFFICIENCY AND STRESS TOLERANCE IN.....	580
Jamolitdinova Y.Sh. PRODUCTION TECHNOLOGY OF BREAD AND CONFECTIONERY PRODUCTS USING STEVIA PLANT.....	583
Khalilov I.M., Mukhamadiev B.T., Mirzaeva Sh.U., Isomova I.P. ENDOPHYTIC MICROORGANISMS OF PLANT	586
Korabayev A.S., Amirkhan A.A. CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGIES FOR PROCESSING REFRACTORY PRIMARY GOLD-QUARTZ ORES	589
Kozhakulova A., Aldabergen B., Abulyaissova L.K. MOLECULAR ASSOCIATION OF SUBSTITUTED ANILINES	591
Minayeva Ye.V., Salkeyeva L.K., Sugralina L.M., Poyarkova D.R., Peremitin V.V. <i>IN SILICO</i> ASSESSMENT OF BIOACTIVITY AND ADME PROPERTIES OF NOVEL PHOSPHORYLATED AMINOTHIADIAZOLE COMPOUNDS	594
Nosirova E.M. DEVELOPING OPTIMAL OPTIONS FOR DRYING COOKED CABBAGE ANNOTATION.....	597
Omarova N.K., Sherembaeva R.T. SELECTIVE FLOTATION OF SULFIDE ZINC ORE.....	599
Rakhimberlinova Zh.B., Demets O.V., Zgardan V.V. ANALYSIS OF THE AMINO ACID PROFILE OF THE BARK OF THE ENDEMIC SPECIES BETULA KIRGHISORUM BY CHROMATOGRAPHY AND SPECTROPHOTOMETRY	601
Tagayeva M.B., Karimova. S.N. TECHNOLOGY OF APPLICATION OF MICROWATERALS IN COSMETOLOGY.....	603

Tagayeva M.B., Samandarova Ch. S., Xaydarov R.G. THE IMPORTANCE OF PHYTOHORMONES IN BIOTECHNOLOGY	605
Togaibay N.N., Takibaeva A.T. APPLICATION OF AI METHODS TO PREDICT HETEROCYCLIZATION REACTIONS IN CHEMICAL ENGINEERING	608
Umurova M.M., Isabaev I. B. MEASUREMENT OF THE EXTENT OF FAT OXIDATION DURING THE PREPARATION OF GRILLED CHICKEN	610
Yarmuhammedov J.M., Shodmonov F.Q. PHYTOCHEMICAL PROFILE AND PHARMACOLOGICAL SIGNIFICANCE OF MOMORDICA CHARANTIA L. IN CONTEMPORARY MEDICINE	612
Zgardan V.V., Rakhimberlinova Zh.B. COMPARATIVE EVALUATION OF BAS EXTRACTION METHODS FROM REPRESENTATIVES OF THE FABACEAE FAMILY: FROM CLASSICS TO INNOVATIONS	614
Zhussupova L.A., Sagynbayeva M.D. THE ROLE OF FORMATIVE ASSESSMENT AND RESEARCH EXPERIENCE IN BIOCHEMISTRY LEARNING.....	617
Абдуохапова А.К. SHINE MUSCAT ЖҮЗІМІНІҢ БИОАКТИВТІ МОЛЕКУЛАЛАРЫ: ВИРУСҚА ҚАРСЫ ЖАҢА ТАБИҒИ АГЕНТ РЕТІНДЕ	619
Акимбекова Б.Б., Жорабек А.А. ТАС КӨМІР ШАЙЫРЫН КАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨҢДЕУГЕ АРНАЛҒАН ҚАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚОСПАЛАР.....	622
Ауелбекова А.Ж. ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЯДА АМИНОКИСЛОТ И АФЛАТОКСИНОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ И БАДах	625
Ашурова М.З., Сулайманова Г.Х., Ганиева Н.Х., Халикова Н.С. ПОКАЗАТЕЛЬ «АКТИВНОСТЬ ВОДЫ» ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ.....	627

Әбдірәсіл Б.Н., Әбдірәсіл З.Н., Ертаев С.Н., Резникова Т.В. Умирзаков Б.З АНАЛИЗ ЛЕГКОПЛАВКИХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ LIBS С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОМЕРНОЙ РЕГРЕССИИ.....	630
Бафоева Г.Н., Махмудова З.К., Юлдашова М.Р. АНАЛИЗ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЗАМЕНИТЕЛЯ МАСЛА КАКАО....	633
Бахтияров С.Б., Ешмуратов М. Т., Балтабаев К.Ж. РОЛЬ ФИЛЬТРАЦИИ ПРЕССОВОГО ХЛОПКОВОГО МАСЛА	636
Гусляков А.Н., Бефус Е.А., Бакибаев А.А. ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПАРОВ ВОДЫ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ КАРБОМИДСОДЕРЖАЩИХ МАКРОЦИКЛОВ	639
Дербуш С.Н., Акимжанова К.Т., Байұзақ Е. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БОРЬБЫ С ВОЗБУДИТЕЛЯМИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ	641
Ержан А.Е., Данақызы Д., Даргирхан Н., Исина Ж.А., Сарсенбекова А.Ж. MM-GBSA ЖӘНЕ DFT КӨМЕГІМЕН ДӘРІЛІК ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ БОС БАЙЛАНЫС ЭНЕРГИЯСЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ КВАНТТЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ	644
Ержан А.Е., Жолдасбекова А.Ж., Ерланұлы А., Сарсенбекова А.Ж. ТГ-ТАЛДАУ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ ЖОЙЫЛУЫНЫҢ КИНЕТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМА ӘЗІРЛЕУ	647
Еркинбек А.К. RHULAE АНАНАСЫНЫҢ БИОАКТИВТІ КОМПОНЕНТТЕРІ: АНТИОКСИДАНТТЫҚ ЖӘНЕ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ШОЛУ	650
Жаксыбаева М.Е. МИКРООРГАНИЗМДЕРДЕН ПРЕПАРАТТАР ДАЙЫНДАУ ӘДІСТЕРІ	653

Жумаев Т.Г. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УРОВЕНЬ ПРОДУКТИВНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ: ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ПОЛИВА	656
Жумаев Т.Г., Хайитова М.Д. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА И ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ	659
Жумаев Т.Г., Садуллаева Д.Р. МЕТОДОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ	661
Иварай А., Хамит А.Ж., Тұракқазы А.А. "САЯҚ" КЕНШІНЕН АҚ ТОТЫҚҚАН МЫСТЫ, КҮКІРТ ҚЫШҚЫЛЫМЕН ШАЙМАЛАУ АРҚЫЛЫ АЛУ	663
Иварай А., Өнерхан Г., Жумабекова А.К. ЦЕОЛИТ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДАҒЫ ІЛЕСПЕ МҰНАЙ ГАЗДАРЫНЫҢ C ₃ -C ₄ ТӨМЕН АЛКАНДАРЫНЫҢ ҚОСПАСЫН КОНВЕРСИЯЛАУ.....	666
Исина Ж.А., Даргирхан Н. МИКРОПЛАСТИК В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ: ИСТОЧНИКИ, ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА	669
Искандаров Б.К. РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДСТВАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	672
Кабылбекова Г.К., Акимжанова К.Т. ТЕХНОГЕНДІ ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚ ЖӘНЕ ОНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІ	674
Какенова М.Ж., Самбаева Д.А. ҚТҚ ПОЛИГОНДАРЫНДА БИОГАЗДЫ КӘДЕГЕ ЖАРАТУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ	677

Камалова М.Б. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ НА КАЧЕСТВО НАЦИОНАЛЬНЫХ СОРТОВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	680
Касенов Р.З., Буйенбаева Ж.Р., Бақытжанқызы А., Тілектес Б.А. ГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН ВОЛЬТАМПЕРМЕТРЛІК ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ	682
Кәрімжанова С.Е., Құрбанқұл А.А., Тәжібай А.М. АНАБАЗИН АЛКАЛОИДЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	684
Кокибасова Г.Т., Жасталапқызы Ә. ХИМИЯ ПӘНІН ОҚЫТУДА “FLIPPED CLASSROOM” ӘДІСТЕМЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ	687
Копбалина Қ.Б., Камбарова Ж.Т. N-(2-ОКСО-2Н-ХРОМЕН-3-КАРБОНИЛ)ЦИТИЗИННІҢ ЕРІТІНДІДЕГІ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ	690
Кулиев Н.Ш. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЕНООБРАЗНОЙ СТРУКТУРЫ ЯИЧНОГО БЕЛКА.....	693
Кулиев Н.Ш. УЧАСТИЕ ПЕКТИНА ФРУКТОВЫХ СОКОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПЕННЫХ И ЭМУЛЬСИОННЫХ СТРУКТУР	696
Құрымбай А.Д., Кеңес Д.Д., Тәжібай А.М. АЛҚЫЗЫЛ ДОЛАНА ЖЕМІСІНІҢ МИКРОЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ	699
Мукархан К., Жақсыбаева М.Е., Бодеева Р.Т. ҚИЯР ТҰҚЫМДАРЫН ЕГУ АЛДЫНДА ӨНДЕУ	702
Нуркенов О.А., Карилхан А.К., Ерланова К.Е. (+)- КАМФОРА НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА ГИДРАЗОНДАРДЫҢ СИНТЕЗІ.....	704
Нұрғазы Г.Н., Септесін Е.Е., Әбдірәсіл З.Н., Оспанова А.С. ҮШ КОМПОНЕНТТІ ЛИТИЙ-СИЛИКАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІ ТРИАНГУЛЯЦИЯЛАУДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ АЛГОРИТМДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІ	706

Оралова А.Т., Цой Н.К., Цешковская Е.А. СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД МЕТОДОМ КОАГУЛЯЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ (III).....	708
Өнерхан Г., Аканова А.А. «КӨКШЕТАУ» МҰТП АУМАҒЫНДАҒЫ СІРЕК ӨСІМДІК ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚОРҒАУДЫҒЫ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ.....	710
Өнерхан Г., Хамит А.Ж., Иварай А. ИМАНТАУ КӨЛІНІҒ АЛЬГОФЛОРАСЫ ЖӘНЕ СУ САПАСЫН САПРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН БАҒАЛАУ	713
Рузиева Г.Ф., Абдималикова Г.И. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЁНОЙ ЭКОНОМИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ «VARNET»)	716
Рузиева Г.Ф., Хамдамова М. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕСТОРАНА ВЫСШЕЙ КАТЕГОРИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	718
Салькеева А.К. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТОМА ВОДОРОДА С ДЕФЕКТАМИ В ЩЕЛОЧНЫХ СУЛЬФАТАХ	720
Серікбай М.А., Богоявленский А.П. БАКТЕРИЯЛАРДЫҒЫ ГЕНОМДЫҚ ПЛАСТИКАЛЫҒЫ ЖӘНЕ ОНЫҒЫ ПАТОГЕНДІК ҚАСИЕТТЕРДІҒЫ ҚАЛЫПТАСУЫНДАҒЫ РӨЛІ.....	723
Түлеуов Б.И., Кинятов М.А., Айтымов А.К. ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЛИСТА И КОРНЯ САТАЛРА SPECIOSA КАК МАРКЕРЫ МЕЗОКСЕРОФИТНОЙ АДАПТАЦИИ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ.....	726
Турдыбеков Д.М. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ (1-((4-(4-(БЕНЗИЛОКСИ)-3- МЕТОКСИФЕНИЛ)-1Н-1,2,3-ТРИАЗОЛ-1-ИЛ)МЕТИЛ)ОКТАГИДРО-1Н- ХИНОЛИЗИНА	729

Түйтебай Г.М., Такибаева А.Т. БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРДЫ ӨЗІРЛЕУ ҮШІН ТРИТЕРПЕНОИД ТУЫНДЫЛАРЫН СИНТЕЗДЕУ	732
Тұрақказы А.А., Хамит А.Ж., Иварай А. САУДА КӘСПОРНЫНДАҒЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ	735
Халилов И.М., Мирзаева Ш.У., Мухамадиев Б.Т., Исомова И.П. РАЗВИТИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ	738
Халилов И.М., Мухамадиев Б.Т., Мирзаева Ш.У., Исомова И.П. ИЗУЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОЛОДКИ (GLYCYRRHIZA GLABRA) И ИЗОЛЯЦИЯ АССОЦИИРОВАННЫХ ЭНДОФИТНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ	741
Хамит А.Ж., Тұрақказы А.А., Иварай А. ҚҰРАМЫНДА ЦЕЛЛЮЛОЗАСЫ БАР АРАЛАС МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚҰРҒАҚ ӨДІСПЕН ҚАЙТА ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	744
Хамит А.Ж., Өнерхан Г., Жунусова Э.Б. ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК КЕШЕНДЕРДІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МАҚСАТТАРДА ҚОЛДАНУ	747

Ғылыми басылым

**«XVIII Сағынов оқулары.
Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық
конференциясының
ЕҢБЕКТЕРІ
29-30 сәуір 2026 ж.
3 – бөлім**