

SCIENCE
JOURNAL

MODERN

ENGINEERING AND
INNOVATIVE
TECHNOLOGIES

'2024

ISSUE №31

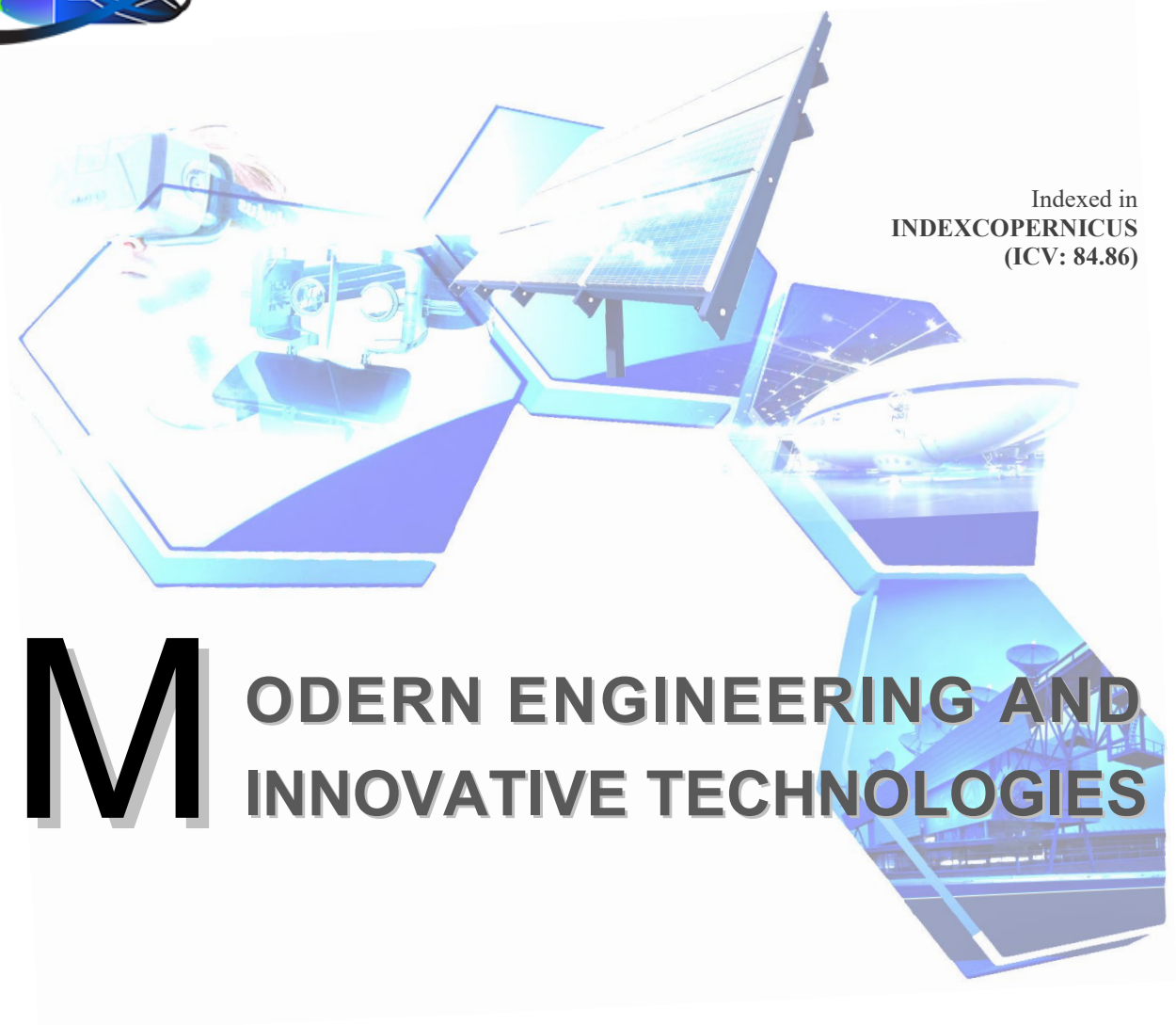
Part №1



International periodic scientific journal

—ONLINE

www.moderntechno.de



Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 84.86)

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Issue №31
Part 1
February 2024

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

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

Editorial board: More than 350 doctors of science. Full list on page:
<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/about/editorialTeam>

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

The International Scientific Periodical Journal "**Modern engineering and innovative technologies**" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

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

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English.

The journal is registered in IndexCopernicus, GoogleScholar.

UDC 08
LBC 94

Published by:

Sergeieva&Co

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@moderntechno.de

site: www.moderntechno.de

Copyright
© Authors, scientific texts 2024



УДК: 664.6: 62-93

**DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS OF VIBRATING SIFTERS
ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОСІЮВАЧІВ****Fedoriv V.M. / Федорів В.М.***Ph.D in Engineering, Asc. Prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4499-0910

Oleksandrenko V.P. / Олександренко В.П.*d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-2404-2104

Martynyuk A.V. / Мартинюк А.В.*Ph.D in Engineering, Asc. Prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-8277-1308

*Khmelnytskyi National University,**11 Instytutaska St., Khmelnytskyi, 29016**Хмельницький національний університет,
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016*

Abstract. *The aim of the study of the vibration sieving process is to determine the movement of bulk products by inclined vibrating surfaces with the development of new designs of flour sieves.*

It has been found that the presence of an adhesive bond between particles and the contacting sieving surface significantly affects the process of vibration movement of bulk materials.

The graphical dependences of the initial sliding angle on the angle of inclination of a vertically oscillating flat surface for high-grade wheat flour and powdered sugar were determined. The initial phase angle of sliding with increasing angle of inclination of the sifting deck relative to the horizon decreases exclusively for all highly dispersed bulk food products.

The study found that for first-grade potato starch, the initial phase slip angle φ_3 has a maximum value, and for high-grade wheat flour, a minimum value at any angle of inclination of the sieving surface in the range $\alpha = 25^\circ - 45^\circ$. Moreover, for high-grade wheat flour, an increase in the vibration parameter W from 6 to 7 reduces the value of the phase angle φ_3 in the range of $25^\circ - 45^\circ$.

It has been proven that the adhesion coefficient directly affects the value of the initial phase slip angle. The value of the adhesion coefficient largely depends not only on the nature of the highly dispersed product under study, but also on the angle of inclination in the intensity of vertically directed vibrations of the sieving surface. With an increase in the intensity of oscillations W from 4 to 7 at fixed inclination angles α (25° , 30° , 35°), the adhesion coefficient for flour, powdered sugar, and starch increases first in a parabolic fashion and reaches a maximum, and then decreases. For wheat flour of the highest grade with a moisture content of 13.8, fixed angles of inclination of the flat surface of 25° , 30° , and 35° correspond to the maximum values of the adhesion coefficient of 1.07 at $W = 7$, 1.02 at $W = 6$, and 1.06 at $W = 5$.

Key words: *sieve, vibration, sieving, adhesion, vibrating surface, adhesion coefficient, vibrating sifter.*

Introduction. Reducing the negative effects of adhesion and rational use of the forces of adhesive interaction of bulk particles with the contacting working surface makes it possible to intensify sieving. Therefore, the development of a progressive method of sieving on vibrating surfaces based on the adhesive properties of bulk food particles is timely and practically important. The introduction of this innovation in equipment for the production and processing of bulk food products will reduce their energy consumption, increase production volumes and improve the quality of finished bakery, confectionery, pasta and food concentrates [1,3,4,5].



Research methodology.

The main condition for the product to be able to be sieved through a flat sieve is its sliding. The limiting acceleration, at which the inertia force is equal to the friction force, for spherical particles depends on the intensity of the oscillation, the coefficient of friction of the oscillation, the acceleration of free fall, and the radius of the particle.

In the process of vibratory screening, based on the vibration movement, in the simplest case, of two fractions in opposite directions, the movement of particles down an inclined surface, is carried out in a thin permitted layer of the product. Such a layer is represented as a set of separate, non-coupled particles whose interactions with the vibrating plane are approximated by the law of dry friction [2,7,8,11].

Based on the results of the experiments, a new simplified design of a vibrating sifter using a crank mechanism was developed to reduce energy consumption.

Research results.

In the course of the study to determine the adhesion coefficient of highly dispersed particles, it was found that the adhesion coefficient *fad* directly affects the value of the phase slip angle [6,9,10].

The results of the study of the dependence of the coefficient *fad* of highly dispersed food products on the angle of inclination of the sieving plane are shown in Figures 1-2 and in the form of analytical equations.

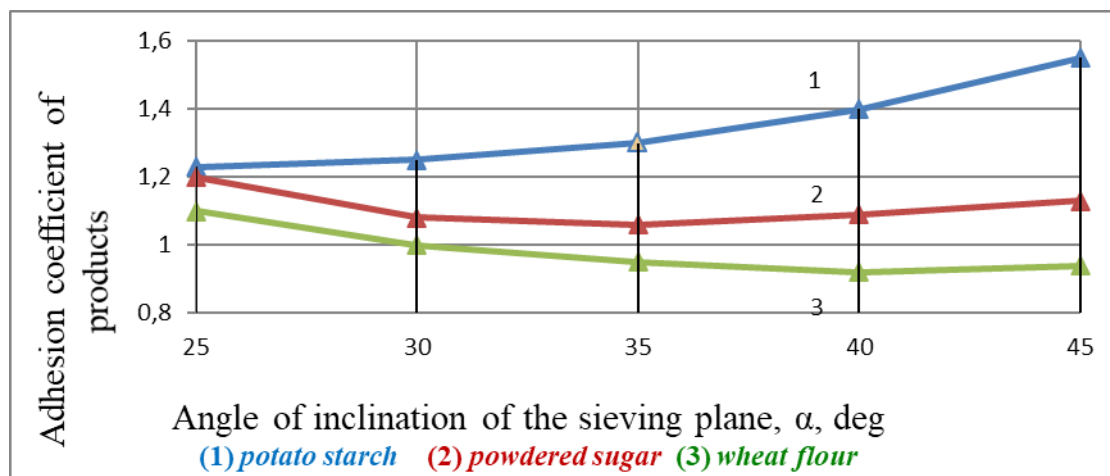


Figure 1 – Adhesion coefficient of highly dispersed products depending on the angle of inclination of the sieve surface

Analysis of these dependencies shows that the value of the adhesion coefficient largely depends not only on the nature of the highly dispersed product under study, but also on the angle of inclination and intensity of vertically directed vibrations of the flat sieving surface $W=4-5$, the adhesion coefficient *fad* for high-grade wheat flour, powdered sugar, and first-grade potato starch increases with an increase in the angle of inclination α in the range from 25° to 40° [14,16,17,19,21,22].

At a vibration intensity of $W=6-7$ for first-grade potato starch, the tendency to increase the adhesion coefficient *fad* with an increase in the angle of inclination of the sieving surface α from 25° to 45° is maintained. However, for higher-grade flour and powdered sugar, at a vibration intensity of $W=6$, with an increase in the angle of



inclination of the surface within $\alpha=25^\circ$ to 45° , the coefficient first decreases and then increases. At the vibration intensity of the inclined sieving surface $W = 7$, the adhesion coefficient f_{ad} decreases for these products with an increase in the adhesion coefficient f_{ad} , which are different for the studied products. For potato starch, the range of variation of f_{ad} is the widest, and for wheat flour, the narrowest. Parabolic curves, graphical dependencies depicting f_{ad} of wheat flour of the highest grade, powdered sugar from potato starch of the first grade on the angle of inclination of the sieving surface α , do not intersect anywhere. The order of their location is preserved in all graphs. For the plot of first-grade potato starch, the coefficient f_{ad} takes the maximum and for the plot of first-grade wheat flour the minimum values of the angle of inclination of the sieving surface at $\alpha = 25^\circ-40^\circ$, and again an increase is observed at $\alpha = 40^\circ-45^\circ$.

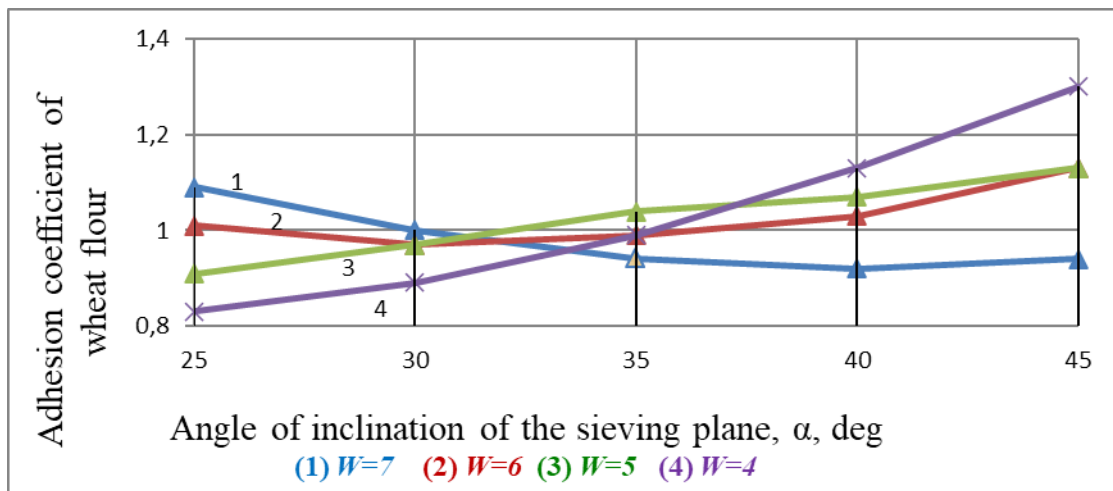


Figure 2 – The adhesion coefficient of high-grade wheat flour depending on the angle of inclination of the sieving surface at different levels of its oscillation intensity

In Fig. 2. shows families of curves depicting graphical dependences of the adhesion coefficient of high-grade wheat flour, powdered sugar, and first-grade potato starch on the angle of inclination of the die at different levels of intensity of its oscillations [12,13,15,18,20,23].

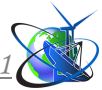
As can be seen from Fig. 2, the value of the coefficient f_{ad} for the highest grade of powdered sugar flour at the intensity of oscillations of the sieving surface $W = 3$ is determined: in the area $\alpha = 25^\circ-35^\circ$ by parabolic functions:

$$f_{ad} = 4,75 \cdot 10^{-4}(\alpha - \alpha_0)^2 + 1,42 \cdot 10^{-2}(\alpha - \alpha_0) + 0,5 \quad (1)$$

$$f_{ad} = 4,6 \cdot 10^{-4}(\alpha - \alpha_0)^2 + 1,53 \cdot 10^{-2}(\alpha - \alpha_0) + 0,59 \quad (2)$$

With an increase in the intensity of oscillations within the range of $W = 4-5$ and $W = 6-7$, the range of determination of the f_{ad} coefficient expands and corresponds to the areas $\alpha = 25^\circ-40^\circ$ and $\alpha = 25^\circ-45^\circ$.

The intersection of the curves corresponding to different levels of oscillation intensity $W = 4-7$ occurs for high-grade wheat flour, powdered sugar, and first-grade potato starch. The equality of the coefficients f_{ad} at the points of intersection of the curves corresponding to the determined angles of inclination of the sieving surface α



indicates a direct proportional dependence of the adhesion force of the layer of highly dispersed particles F_{Nad} on the vibration intensity of the separating surface. For example, the intersection of the curves corresponding to vibration intensities $W = 4$ and $W = 7$ at the point fixed by the surface inclination angle $\alpha = 35,5^\circ$ indicates a direct proportional dependence of the adhesion force of the layer of high-grade flour only for the specific specified levels of vibration intensity, and not $W = 5$ or $W = 6$.

Of particular interest is the family of curves for first-grade potato starch. The point of intersection of the three curves with levels of intensity of oscillations of the sieving surface $W = 4-7$ is the only one and is determined by the coordinates $f_{ad} = 1,32$; $\alpha = 33,6^\circ$. In this case, it can be argued that there is a continuous direct proportional relationship between the adhesion force of the starch layer and the intensity of oscillations of the sieving surface at a fixed angle of its inclination α .

When the range of inclination angle $\alpha = 25^\circ - 45^\circ$ is expanded, the error of the f_{ad} coefficient does not exceed 12% for flour, 15% for powdered sugar, and 20% for starch.

Conclusions.

The analysis of the results of studies to determine the adhesion coefficients of a layer of highly dispersed particles showed that the efficiency of the sieving process is assessed by the ratio of productivity to energy consumption in the relevant means. In the process of vibratory sieving, based on the vibration movement of two fractions in opposite directions, the movement of particles down an inclined surface, is carried out in a thin permitted layer of the product. Such a layer is represented as a set of separate, non-coupled particles, whose interactions with the vibrating plane are approximated by the law of dry friction. The vibration movement of highly dispersed particles connected by autoglue bonds up an inclined surface is carried out in a polylayer. The thickness of the polylayer depends on the vibration intensity and the angle of inclination of the vibrating surface relative to the horizon.

Based on the results obtained, it can be argued that the design of the vibrating sifter can significantly reduce the resistance to material flow, more rationally use the drive energy, and increase the efficiency of sifting bulk materials.

References

1. Kravchenko M., Stadnyk I., Piddubnyi V., Karpyk H., Hidzhelitskyi V. Adhesion effect on environment process injection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2019. – Vol. 13(1). – P. 429-437.
2. Kovalev, O. V., Nikolaev, I. M., Fedorov, V. M. Establishment of optimal operating modes of baking ovens. *Odesa National Academy of Food Technologies Scientific works* 3 (45). – 2014. – P. 61-65.
3. Piddubnyy V., Kahanets-Havrylko L., Fedoriv V., Senchishin V., Stadnyk I. Peculiarities of heat exchange in dough under rotary rollers action. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*. – Vol 109, № 1.). – 2023. – P. 43-53.
4. Samiilenko S., Bondar V., Piddubnyi V., Shutyuk V., Bilyk O., Fedoriv V. Thermodynamic Analysis of the Thermal Manufacturing Complex of Sugar Production: Criteria for Energy Efficiency of an Enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – Vol. 3 (8(111)) – P.6-13.



5. Stadnyk I., Piddubnyy V., Chagaida A., Fedoriv V. Dynamics of interaction of components during mixing. Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU. —2022. — Vol 107. № 3. — P. 86-98.
6. Stadnyk I., Sokolenko A., Piddubnyy V., Vasylykivsky K., Chahaida A., Fedoriv V. Justification of thermodynamic efficiency of the new air heat pump in the system of redistribution of energy resources at the enterprise. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. — 2021. — Vol. 15. — P. 680-693.
7. Stadnyk I., Piddubnyi V., Chahaida A., Fedoriv V., Hushtan T, Kraievskya S., Kahanets-Havrylko L., Okipnyi I. Energy Saving Thermal Systems on the Mobile Platform of the Mini-Bakery. Strojnícky časopis-Journal of Mechanical Engineering.—2023. —Vol. 73(1), P.169-186.
8. Stechyshyn M.S., Martynyuk A.V., Oleksandrenko V.P., Bilyk Yu.M. Cavitation-Erosion Wear Resistance of Fluoroplastics in Model Food Production Media. J. Frict. —2019. —Vol. 40, P.468-474.
9. M. S. Stechyshyn, A. V. Martynyuk, Y. M. Bilyk, V. P. Oleksandrenko, N. M. Stechyshyna. Influence of the ionic nitriding of steels in glow discharge on the structure and properties of the coatings. Fiz.-Khim. Mekh. Mater., 53, No. 3, 49–55 (2017). English translation: Mater. Sci.,53, No. 3, 343–349 (2017).
10. Fedoriv, V.M. (2005), Doslidzhennya protsesu prosiyuvannya sykykh materialiv z metoyu udoskonalennya konstruktsiy prosiyuvachiv i zbil'shennya efektyvnosti yikh roboty [Research of process of sifting of loose materials for the purpose of perfection of designs of sifters and increase of efficiency of their work]. Author's ref. dis. .Cand. Tech. Science: 05.18.12, 19 [in Ukrainian].
11. Fedoriv, V.M., Burlaka, O.M., Koval'ov, O.V., Babko, E.M., & Osaulenko, Y.V.(2006), Shlyakhy udoskonalennya obladnannya dlya prosiyuvannya sykykh materialiv [Ways to improve equipment for sifting bulk materials]. Khlebopekarskoe y kondyterskoe delo, 6, 24–25 [in Ukrainian]
12. Пат. 34107А UA, МПК А21В7/00, В07В1/00. Просіювач. Федорів В.М., Ковальов О.В., Лісовенко О.Т. (UA). Заявл 02.06.1999 – № 99063046; Опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1.
13. Ковальов О.В., Федорів В.М. Визначення критичного прискорення плоских сит для вібраційних просіювачів. Збірник наукових праць. Вип. 10 – Київ: УДУХТ –2001. –С. 112-113.
14. Ковальов О.В., Федорів В.М. Дослідження процесу просіювання сипких матеріалів. ІV Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція. – НУХТ –2015. –С. 62-64.
15. Ковальов О.В., Федорів В.М. Просіювання сипких матеріалів. Харчова і переробна промисловість. –2004. –№ 5. –С. 24-25.
16. Логвінський Р.В., Доломакін Ю.Ю., Ковальов О.В., Федорів В.М. Теоретичні розрахунки і практичні вимірювання параметрів теплообміну в конвективних хлібопекарських печах // Ukrainian Food Journal. – 2012. – № 1. – С. 86-90.
17. Стадник І.Я., Піддубний В. А., Федорів В. М., Хареба О. В. Підгорний В. В. Сучасні технології та енергетичні потоки при формуванні борошнених напівфабрикатів. Монографія. Тернопіль: Ви-тво ТНТУ імені Івана Пулюя,



2021. 372 с.

18. Стечишин М. С. Технологія азотування в тліючому розряді сталей різального комплексу м'ясоподрібнювальних машин / М. С. Стечишин, В. П. Олександренко, М. В. Лук'янюк, В. В. Люховець, М. М. Лук'янюк // Проблеми трибології. – Хмельницький: ХНУ. 2017. – № 2. – С.50-55.

19. Федорів В.М., Ковальов О.В., Лісовенко О.Т. Обладнання для просіювання сипких матеріалів. Харчова промисловість. Міжвідомчий тематичний науковий збірник УДУХТ. –2000. –№ 45. –С. 234-236.

20. Федорів В.М., Стадник І.Я., Бабко Є.М., Миколів І.М., Ковальов О.В. Ефективність процесу просіювання сипких матеріалів. Хранение и переработка зерна. – 2015. – №11-12. – С. 51-54.

21. Федорів В.М., Бурлака О.М., Ковальов О.В., Бабко Є.М., Осауленко Ю.В. Шляхи удосконалення обладнання для просіювання сипких матеріалів. Хлебопекарское и кондитерское дело. –2006. –№ 6. –С. 24-25.

22. Федорів В.М., Ковальов О.В., Осауленко Ю.В., Бабко Є.М. Високоінтенсивні просіювачі борошна // Зерно і хліб. – 2004. – № 3. – С. 47.

23. Шевченко О., Ткачук Н., Стадник І., Деркач А. Реологічний підхід до валкового нагнітання середовища. Наукові праці НУХТ. К.: НУХТ, 2017. Т. 23. № 1. С. 104–112.

Анотація. Метою дослідження процесу вібропросіювання є визначення переміщення сипких продуктів похилими віброуючими поверхнями з розробкою нових конструкцій просіювачів борошна

Виявлено, що наявність адгезійного зв'язку часток з контактуючою просіюючою поверхнею, істотно впливає на процес вібропереміщення сипких матеріалів.

Визначено графічні залежності початкового кута ковзання від кута нахилу вертикально коливної плоскої поверхні для пшеничного борошна вищого сорту і цукрової пудри. Початковий фазовий кут ковзання зі збільшенням кута нахилу площини просіювання деки щодо горизонту зменшується винятково для всіх високодисперсних сипучих харчових продуктів.

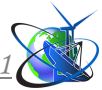
У ході дослідження встановлено, що для картопляного крохмалю першого сорту початковий фазовий кут ковзання φ_3 має максимальне, а для пшеничного борошна вищого сорту - мінімальне значення при будь-якому куті нахилу поверхні просіювання у діапазоні $\alpha = 25^\circ - 45^\circ$. Причому для пшеничного борошна вищого сорту збільшення параметра вібрації W від 6 до 7 знижує величину фазового кута φ_3 в діапазоні - $25-45^\circ$.

Доведено, що коефіцієнт адгезії безпосередньо впливає на величину початкового фазового кута ковзання. Значення коефіцієнта адгезії багато в чому залежить не тільки від природи досліджуваного високодисперсного продукту, але також від кута нахилу в інтенсивності вертикально спрямованих коливань поверхні просіювання. Зі зростанням інтенсивності коливань W від 4 до 7 при фіксованих кутах нахилу α ($25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$) коефіцієнт адгезії для борошна, цукрової пудри і крохмалю росте спочатку по параболічній залежності і досягає максимуму, а потім спадає. Для пшеничного борошна вищого сорту вологістю 13,8 фіксованим кутам нахилу плоскої поверхні $25^\circ, 30^\circ$ і 35° відповідають максимальні значення коефіцієнта адгезії 1,07 при $W = 7$; 1,02 при $W = 6$ і 1,06 при $W = 5$.

Ключові слова: сито, вібрація, просіювання, адгезія, віброуюча поверхня, коефіцієнт адгезії, вібраційний просіювач.

Стаття відправлена: 06.02.2024 р.

© Федорів В.М.



UDC 67.02

ON THE POSSIBILITIES OF USING VARIOUS PLASTICS TYPES FOR 3D PRINTING OF SUBMERGED MARINE DEVICES PARTS**Haisha Olena**

ORCID: 0009-0000-4543-912X

*"Dunarea de Jos" University of Galati, Romania, Galati, str. Domneasca, 47, 800008***Haisha Oleksandr***c.t.s., as.prof.*

ORCID: 0000-0003-3711-547X

Institut de Ciències del Mar, Spain, Barcelona, Pg. Maritim de la Barceloneta, 37, 08003

Abstract. *The possibility of using 3D printing technology for the production of parts for the underwater devices operating in the marine environment is considered. It is substantiated that this technology can be effective for small-sized (about meters) parts of complex geometry, which, for example, are included in low-power (possibly modular) installations for collecting clean marine energy, as well as for a variety of ship devices (such as ship stabilizers, steering devices, other parts with complex geometry), etc. Various types of plastics used today for 3D printing are considered, taking into account the need for their operation in the marine environment. It has been established that the best technical and economic indicators of the production process can be achieved using ASA type plastics, and if not to take into account the price factor, the best solutions will be PC-ABS and HIPS type plastics. In general, the most common ABS plastics can show satisfactory results (while the PLA option is not applicable in this case).*

Keywords: *3D printing, additive technologies, types of plastics, marine environment, strength characteristics, chemical stability.*

Introduction.

Today, it is possible to indicate a variety of industries where parts of complex geometry should be used. For example, one such application is the blades of wind power plants with a turbine with a horizontal axis - Fig. 1, a. However, surface complexity is even more evident in vertical axis wind turbines. For example, in Fig. 1, b is shown an installation with helicoid blades, obviously having an extremely complex geometry. The efficiency of using a turbine is largely determined by the accuracy of the blades surface, and in the case of complex geometry, deviations that are difficult to determine visually during a superficial inspection can lead to a drop in the efficiency coefficient by a percents or more (which can be considered significant due to the fact that the coefficient itself is values about 20%).

Obviously, products of such complexity can hardly be manufactured by simple technological operations such as rolling or other methods of steel bending. In this regard, the traditional manufacturing technology for wind turbine blades is their molding from composite materials, and one of the most serious problems in wind energy is the disposal of these parts of the wind turbines. Thus, there are still no known methods for processing wind turbine blades made from composites that are effective from a technical and economic point of view. Today they are simply buried in the ground until future methods for reliably recycling them become available. Thus, it is advisable to search for alternative materials for the manufacture of turbine blades that allow for simpler recycling and are applicable at least in certain special cases when implementing such installations.

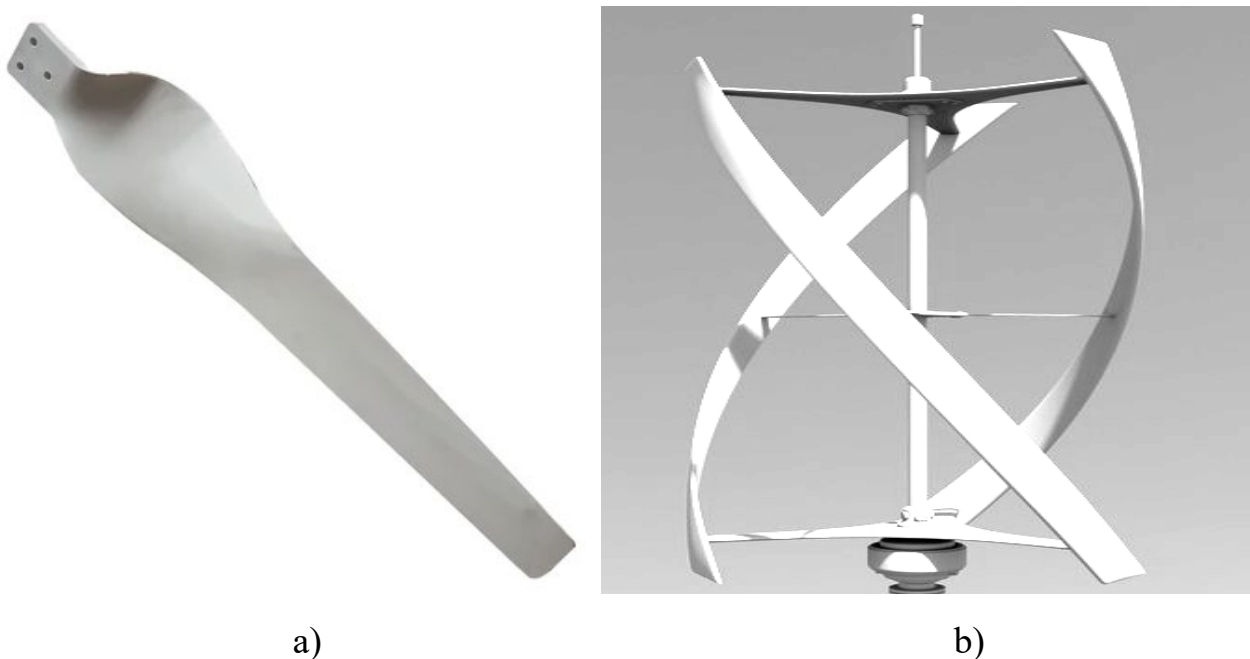


Figure 1 - Elements of wind energy systems with complex geometry:
a – for turbines with a horizontal axis, **b** – for turbines with a vertical axis

Further, it should be noted that a fairly promising way to generate clean energy is to place turbines with horizontal and vertical axis under water, in places where there are noticeable horizontal water flows. These can be river beds, but also sea currents on the shelf or in open sea. A number of research works is currently underway to develop new installations for underwater use [1-5]. However, in this case, the material of their blades and other parts with complex geometries imposes additional requirements related to chemical resistance to sea water, UV sun radiation, vibrations and other dynamic mechanical loads.

It should be noted that parts with complex surface geometry may be necessary not only for power plant turbines, but also for other underwater devices that interact with water flows. For example, these could be ship propellers, rudders and thrusters, stabilizers (passive and active), structures such as floating buoys, etc.

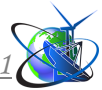
Thus, it is necessary to analyze the possibility of using other technological processes for the production of parts with complex surface geometries, depending on the various features of such parts (primarily their size), as well as operating conditions (the main interest in this work is focused on application in underwater marine devices).

Main text

The main assumption that will be substantiated in this work is the possibility of using 3D printing technology to create parts that operate in underwater marine conditions.

The obvious and main advantage of three-dimensional printing as a technological process is the ability to realize solid bodies of arbitrary, almost any complex shape, subject to sufficiently high accuracy.

From a technological point of view, the creation of parts from composites requires a number of actions, of which the following can be distinguished:



- preliminary preparation of appropriate forms that implement the same complex geometry, which is a difficult task; when 3D printing, no preforms are needed;
- filling forms with reinforcing elements that form the strength frame of the product (in the case of 3D printing, production is carried out in one stage, which is simpler from an organizational point of view);
- filling the remaining volume of the part with a binder mixture.

The last stage is especially difficult to perform, which requires, for example, the vacuum infusion method. The strength of the resulting final product depends on the quality of this process. Obviously, when performing 3D printing, there are no difficult steps to perform, except for heating the plastic above its melting point.

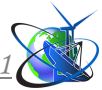
Also, since in comparison with the formation of composite parts, the layer-by-layer production process is much simpler to implement, therefore it can be automated in a much better way. Today 3D printing devices operate in an almost fully automatic mode (with the exception of the possibility of unexpected breakdowns or disruptions in the technological process caused by significant external factors). To the contrary, the share of manual work in the formation of composite objects (especially very large ones) is still quite high.

An important disadvantage of the volumetric plastic printing method is the relatively small overall size of the manufactured products. Thus, it is currently not possible to cheaply produce parts larger than 1-2 meters in size. Typical sizes of parts that can be produced with using printer machines, accessible to a wide range of consumers, are shown in Table. 1 [6].

Table 1 - Parameters of available industrial 3D printers

Brand	Product	Build Size	Country	Price, \$
Modix	BIG-Meter V4	1010x1010x1010 mm	Israel	13,500
CreatBot	F1000	1000x1000x1000 mm	China	29,999
BigRep	BigRep ONE v4	1005x1005x1005 mm	Germany	30,000
3D Platform	400 Series WORKBENCH XTREME	1000x1500x700 mm	United States	49,999
Tractus3D	T3500	1000dx2100mm	Netherlands	59,000
The Industry	MAGNUM	1500x1200x1200 mm	Sweden	135,000
MASSIVit 3D	Massive 10000	1420x1110x1500 mm	Israel	upon request
Modix	MAMA	2000x5000x1000 mm	Israel	upon request

From the above list, the Tractus3D model deserves most attention, which allows to print products with a length of 2.1 m and a radius of 1 m, which is well suited for the case of a shape close to cylindrical (such as, for example, a turbine rotor with a vertical axis - Fig. 1, b). As it is seen, the estimated price of the hardware (59 thousand dollars) is quite affordable in terms of the fixed assets of production (it



is implied that the hardware is used in business processes for the regular production of the blades for energy generators or similar devices).

An important disadvantage, as it may seem, is the small sizes of the products provided by average-cost printers, which are extremely far from the values of hundreds meters, which are necessary, for example, for the production of blades for modern wind turbines. However, in fact, this circumstance only indicates the scope of 3D printing, which is limited to small installations of low (about kilowatts) power. Such installations can meet the energy needs of small business and private households, and can also be united into arrays, collectively delivering quite competitive electrical power.

The small sizes of parts made from plastic also solve the problem of their (probably) insufficient mechanical strength when making products tens of meters long (even without seam joints), and also larger ones obtained by thermal bonding of separately printed blocks. Solid plastic products with sizes of about meters are able to provide the required reliability and endurance in relation to mechanical loads acting integrally on the entire product. At the same time, the overall strength of a 100 m long blade made of plastic can be questionable and requires detailed calculations for an accurate assessment.

An important advantage of plastic products is the ease of disposal – the most important factor that calls into question the overall environmental efficiency of existing wind generators. The shredding of plastic products followed by secondary melting and extrusion of plastic filament is a process that can be carried out on an industrial scale for all types of plastic (although, of course, it should be noted that some types of plastic, such as ABS, are recycled at much more many places compared to PET-G products). It should be remembered that effective processing procedures have not yet been created for composite materials.

Moving to the specific choice of the plastic type, it should be noted that the most suitable for use in marine conditions is ABS (acroleinitrile butadiene styrene), which is also widely available on sale and is one of the standard materials for 3D printing. An important feature of ABS plastic is the strong recommendation for printing in a closed chamber, which reduces thermal deformation in the product, prevents cracking and so-called delamination (when different layers applied over time peel off from one another) during shrinkage. This feature is also observed in plastics such as Nylon and HIPS, which are quite promising (for the purposes of implementing the power elements of the marine devices structures). An important advantage of ASA (acrylonitrile styrene acrylate) plastics is their increased resistance to ultraviolet radiation and aggressive chemical substances, which can be very useful when producing parts for use in aggressive salty marine environments. At the same time, the mechanical characteristics of this type of plastic are not inferior to ABS, but can even exceed it in some applications.

The most widely used, cheap and easy to process, plastic PLA is not suitable for the conditions of the problem under consideration, since it does not have high strength and has a low melting point. This leads to that even at 60 Celsius that is actually achievable in marine conditions (for onsurface elements under tropical sailing conditions) this plastic may be subject to deformation.



Another HIPS (high impact polystyrene) plastic option is positioned as highly durable and suitable for shock loads. It, also like ABS, has good thermal stability, which causes significant shrinkage during the production of the part. Consequently, it requires increased manufacturing process parameters that do not allow significant temperature differences between different points of the product.

PET-G plastics provide high strength along with ease of processing. The characteristics of these types of plastic, as well as several other types, are given in Table 2.

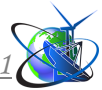
Table 2 - Characteristics of various plastics types for 3D printing of submerged marine devices parts

Type of plastic	PLA	ABS	PET-G	HIPS	ASA.	PC-ABS	Nylon
Mechanical strength	Low	High	Average	Very high	High	Very high	High
Chemical stability	Low	Average	High	Average	High	Average	High
UV stability	Low	Average	Average	Average	High	Average	High
Heat stability	Low	High	High	High	High	High	High
Shrinkage	Small	High	Small	High	High	Average	High
Difficulty in post-processing	High	Low / acetone	Average	Low / limonene	Low / acetone	Low	Low / mechanical
Price	Low	Low	Average	Low	Average	High	High
Applicability for marine device parts	Doesn't fit	Fits good	Fits	Fits good	Fits very good	Fits good	Fits good

Summary and conclusions.

It was established that ASA plastic has the best balanced characteristics (if to include the price factor). In the case when the price factor is not decisive (for example, if it is not considered mass production of the parts, but piece production, for development work), then PC-ABS and HIPS plastic options may be more preferable. These options provide excellent mechanical characteristics of strength, resistance to external factors of the marine environment, and are also easy to process, which also allows them to be manufactured into larger parts (this issue requires additional research, due to the fact that parts of marine devices are periodically exposed to significant external loads). In any case, for the implementation of parts for a variety of small modular installations (about meters in size), the option of 3D printing using the specified types of plastics is extremely promising (for all the material selection factors).

In case of the limited availability of plastics types (for example, due to the limited capabilities of the 3D printer model used), the extremely common ABS plastic can provide quite acceptable characteristics of strength and resistance to various negative environmental factors. This type of plastic, in particular, is successfully used by home users of 3D printers, as well as by small companies to produce the hulls of light boats, which, as practice shows, serve for many years, requiring only occasional minor maintenance (which is easy to carry out due to the



described properties of this type of plastic). All of the above types of plastic are subject to recycling, however, in the case of ABS plastic, the list of organizations that accept it for recycling is much wider than for some other options (for example, PET-G).

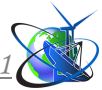
Thus, in general, it is possible to argue that the use of 3D printing for the production of parts for submerged marine devices is quite promising and can be considered as the main technological process for the mass production of relevant products.

References:

1. Submarine Hydrokinetic And Riverine Kilo-megawatt Systems, ARPA-E. Available online: <https://arpa-e.energy.gov/technologies/programs/sharks/> (accessed on 01.08.2023).
2. The AQ Series Turbines, AQUANTIS. Available online: <http://www.aquantistech.com/aquantis-aq-series-turbines/> (accessed on 01.08.2023).
3. A scalable and affordable hydro power solution, BladeRunner Energy. Available online: <https://www.bladerunnerenergy.com/technology/> (accessed on 01.08.2023).
4. SRI's Manta underwater kite system to provide reliable, eco-friendly and cost-effective power from tides, SRI International. Available online: <https://www.sri.com/press/story/sris-manta-underwater-kite-system-to-provide-reliable-eco-friendly-and-cost-effective-power-from-tides/> (accessed on 01.08.2023).
5. Haisha Olena, Haisha Oleksandr. Concept of a grid of small-sized helicoid rotors to collect marine energy. *iScience: Actual Scientific Research in Modern World*, 2021, V6 (74), p.16-20. – ISSN 2524-0986. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46440406_37102944.pdf
6. The marketplace for additive manufacturing hardware, ANIWAA. Available online: www.aniwaa.com (accessed on 01.08.2023).

Article sent: 21.02.2024

© Haisha Olena



УДК 631.372

MEASUREMENT AND ANALYSIS NOISE LEVEL OF THE MINITRACTOR XINGTAI XT 160 DURING TRANSPORT WORK IN THE “HUMAN-MACHINE-FIELD SYSTEM”**ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ РІВНЯ ШУМІВ МІНІТРАКТОРА XINGTAI XT 160 ПІД ЧАС ТРАНСПОРТНИХ РОБІТ У СИСТЕМІ «ЛЮДИНА-МАШИНА-ПОЛЕ»****Berezovetska O.H./ Березовецька О.Г.***Doctor of PhP, as.prof. / доктор філософії., в.о.доц.*

ORCID: 0000-0002-8377-6140

Berezovetskiy S.A./ Березовецький С.А.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6011-3726

Humeniuk R.V./ Гуменюк Р.В.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-7511-3673

Berezovetskiy A.P./ Березовецький А.П.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6454-3520

*Lviv National Environmental University, Dublyany, V.VelykoHo, 1, 80382**Львівський національний університет природокористування, Дубляни, В.Великого, 1, 80382*

Анотація. Мінітрактори Xingtai XT 160 використовуються багатьма фермерськими господарствами для польових та транспортних робіт в різних варіантах його виконання (переважно цей трактор експлуатується без кабіни) і є одним з найбільш поширеніших мінітракторів в Україні. Незважаючи на проблеми, спричинені шумом від тракторів, і всі його негативні наслідки для користувачів і спостерігачів, жодних комплексних досліджень щодо них не проводилися. Результати дослідження показують, що рівень шуму під час роботи мінітрактора Xingtai XT 160 за частоти обертання вала двигуна 2250 об/хв становить 90 дБ(А), що у порівнянні зі нормативним значенням 85 дБ(А) є небезпечним для слуху оператора. Також, результати показали, що частота обертання вала двигуна відіграє ключову роль у створенні шуму, і її слід досліджувати на різноманітних сільськогосподарських операціях.

Ключові слова: мінітрактор, шум, рівень звукового тиску, ергономіка.

Вступ.

Разом з розвитком технологій застосування машин у процесах механізації сільськогосподарського виробництва призвело до появи таких факторів, як шум, вібрація, викиди газів тощо, які впливають на тракториста на робочому місці. Щоб підвищити ефективність роботи машин і забезпечити безпеку та комфорт для користувачів, ці машини повинні бути розроблені з урахуванням людських факторів, в іншому випадку це спричиняє збільшення професійних захворювань і нещасних випадків, а з іншого боку, недосягнення очікуваного успіху в роботі [17].

Шум є одним із найважливіших факторів навколишнього середовища, який впливає на здоров'я та працездатність працівників. Шум може збільшити загальне навантаження на операторів під час виконання конкретного завдання та може вплинути на продуктивність. Як наслідок, шум впливає на здоров'я працівників прямо чи опосередковано [1]. Серед негативних наслідків – втома,



біль у спині, нервозність, нудота, необережність тощо. Темі шуму та його впливу на сільське господарство приділяється багато уваги з 1960-х років [2], і дослідження тривають у різних вимірах сьогодні. Miyakita, T., і A.Ueda [3] зібрали великий обсяг інформації про природу та джерело шуму і його вплив на працівників. У наш час широке використання сільськогосподарських тракторів і машин для польових робіт, незважаючи на їх переваги, спричинило певні проблеми з гігієною та безпекою праці для операторів цих машин, прикладом яких є надмірний шум [4-12]. Проте слід продовжити дослідження, щоб визначити, при яких рівнях звукового тиску може виникнути втрата слуху. За даними [13], відомо, що люди, які працюють на сільськогосподарських підприємствах, піддаються впливу деяких джерел шуму, але в останні роки була оцінена проблема шуму сільськогосподарських машин на транспортних роботах [14].

Через те, що чутливість вуха для кожної частоти різна, розподіл частоти повинен бути відомий для вивчення впливу шуму. Вивчаючи отриманий частотний розподіл і рівні чутливості вуха, можна оцінити вплив шуму на організм людини. Тривалість впливу також враховується, а також частотний вміст і А-вагова крива використовується в практичних застосуваннях, позначається дБ(А), а 85–90 дБ(А) були запропоновані як граничні значення для 8 годинного впливу [1]. Зниження чутливості слуху зазвичай починається в районі 4 кГц, і якщо стан стає важким, вухо стає чутливим до ширшого діапазону частот, включаючи також набагато нижчі та набагато вищі частоти [1]. Частоти, що викликають втрату слуху, не опускаються нижче 1 кГц. Було показано, що спричинена шумом втрата слуху зростає до 7 дБ протягом перших 10 років при 1000 Гц і 100 дБ(А), а потім поступово збільшується до 12 дБ протягом 40 років впливу [20]. Втрата слуху становить близько 30 дБ за перші десять років впливу на 4 кГц і 100 дБ(А). Зрозуміло, що при 100 дБ(А) вухо набагато чутливіше до 4 кГц порівняно з 1 кГц. Прийнято, що максимальний SPL для впливу протягом 8 годин на день становить 85 дБ(А) на частотах вище 1000 Гц. На рівнях, нижчих за це значення, ризик шуму стає найменшим. Міжнародна організація праці приймає 85 дБ(А) як межу попередження та 90 дБ(А) як межу небезпеки для безперервної роботи протягом 8 годин. А-зважений еквівалент SPL 85 дБ(А) призводить до тимчасової втрати слуху, а 90 дБ(А) підвищує артеріальний тиск, прискорює пульс і дихання, знижує тиск мозкової рідини, викликає напругу в м'язах і відтік крові від шкіри. Однак немає жодного розширеного дослідження рівнів звукового тиску, що виникають у сільськогосподарських машинах.

Основний текст

У цьому експерименті було досліджено шум трактора Xingtai XT 160, який є одним із найбільш часто використовуваних в Україні, і зазвичай, він використовується без кабіни [19]. Це є причиною вибору саме такого типу мінітракторів для даного дослідження. Перед випробуванням на тракторі були проведені всі необхідні технічні огляди. Для чистоти експерименту до трактора був прикріплений причіп (рисунок 1). Вантажопідйомність і вага причепа становили 3000 кг і 820 кг відповідно [22].



Майданчик для проведення досліджень був підготовлений відповідно стандартам вимірювання звуку ISO (ISO1992; ISO1996). Випробувальна зона складалася з відкритого майданчика, вільного від перешкод і шкідливого впливу вивісок, будівель і схилів на відстані щонайменше 20 м від зони вимірювання [15, 16].

Під час вимірювань враховували запропоновану швидкість вітру та інші кліматичні обмеження. Рівень фонового шуму був принаймні на 30 дБ(А) нижчим, ніж у трактора [21].



Рисунок 1 – Причіп 7CX-3, який використовувався в експерименті.

Джерело: [22]

На рисунку 2 показано розміри ділянки, на якій проводилося вимірювання шуму трактора. Відтак, мінімальні значення R - відстані від перешкод до зони вимірювання; L - довжини зони вимірювання; W - ширини зони вимірювання становили 40 м, 20 м і 20 м відповідно.

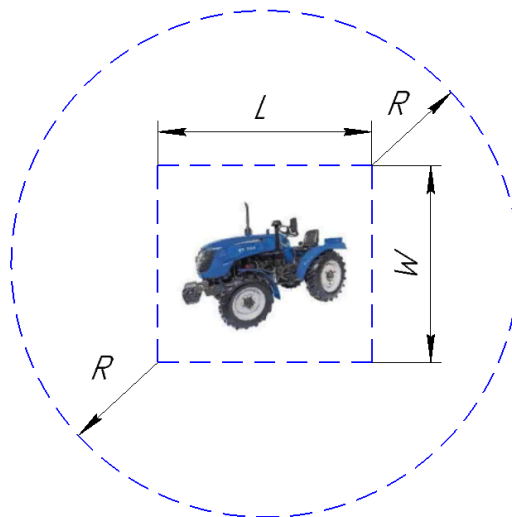
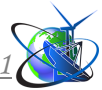


Рисунок 2 – Схема розмірів дослідного майданчика

Авторська розробка

Важливо правильно підібрати вимірювальне обладнання для контролю та вимірювання звукових властивостей. У базовій ситуації, коли необхідно оцінити рівень шуму в навколишньому середовищі, можливо, знадобиться виміряти лише загальний SPL або А-зважений рівень, використовуючи простий



шумомір. У цьому дослідженні SLM (шумомір рівня TES-52) був встановлений на висоті 1,5 м над поверхнею землі та на відстані 7,5 м від центру траєкторії трактора в горизонтальному положенні та спрямований у напрямку руху.

Для вимірювання шуму біля вух оператора до одягу оператора кріпили мікрофон дозиметра (модель TEC-1354/1355). Калібрування SLM і дозиметра проводилося за допомогою калібратора рівня звуку TEC-1356 безпосередньо перед збором даних. Більшість шумомірів мають три «зважувальні» мережі, які називаються шкалами А, В і С. Шкала А широко використовується як єдиний показник можливого пошкодження слуху, роздратування, спричинене шумом, і дотримання різних норм щодо шуму. Рівні звуку, визначені за шкалою А, позначаються LA, а одиниці позначаються дБ(А). Нам необхідно було вибрати діапазон змінних, перш ніж спробувати виконати тести, тобто частоти обертання двигуна, передачі КПП та розташування мікрофона. Діапазони змінних були обрані для дотримання більшості умов роботи трактора Xingtai XT 160. Після визначення діапазону змінних було розроблено табличний тест на основі повністю рандомізованого факторного тесту розділеної ділянки (таблиця 1). Усі тести проводились з трикратним повторюванням.

Таблиця 1. Матриця експерименту

Параметри	Рівні параметрів		
	1	2	3
Оберти двигуна, об/хв	1500	2000	2250
Передача КПП	IV	III	II
Положення мікрофона	Дозиметр	SLM	-

Авторська розробка

Дані, отримані в цьому дослідженні, були проаналізовані за допомогою програмного забезпечення Statistics 19.0. Аналіз дисперсії для SPL (дБ) при А-зваженому еквіваленті SPL (дБ(А)) проводився для кожної з умов роботи. Для багаторазового порівняння середніх значень рівня звукового тиску використовувався тест Дункана.

Таблиця 2. Дисперсійний аналіз рівня звуку дозиметра

Джерело	Середнє квадратичне відхилення σ	df	Сума квадратів	F
Передача КПП	48,652	2	24,326	48,619**
Частота обертання двигуна, об/хв	119,24	2	59,620	119,153**
Частота обертання двигуна на передачі, об/хв	0,912	4	0,228	0,912*
Похибка	9,72	18	0,540	-
Разом	178,524	26	-	-

Примітка: ** - статистично значущий; * - статистично не значущий

Авторська розробка



Таблиця 3. Дисперсійний аналіз рівня звуку SLM

Джерело	Середнє квадратичне відхилення	df	Сума квадратів	F
Передача КПП	37,831	2	18,916	14,6**
Частота обертання двигуна, об/хв	95,138	2	47,569	35,558**
Частота обертання двигуна на передачі, об/хв	2,811	4	0,703	0,586*
Похибка	25,182	18	1,399	-
Разом	160,962	26	-	-

Примітка: ** - статистично значущий; * - статистично не значущий

Авторська розробка

Дисперсійний аналіз загального шуму трактора Xingtai XT 160 наведено в таблиці 2 і таблиці 3. Як видно, дисперсійний аналіз показав, що частота обертання двигуна на значення загального рівня шуму для трактора були статистично значущими, але взаємодія частоти обертання двигуна та передачі КПП для рівнів звукового тиску не була статистично значущою.

Вплив взаємодії частоти обертання двигуна та положення мікрофона на значення рівня звуку наведено у таблиці 4. Збільшуючи середнє значення частоти обертання двигуна, було збільшено середнє значення рівня звуку в положеннях дозиметра та SLM. Крім того, відмінності між трьома рівнями частоти обертання двигуна були статистично значущими ($P < 0,01$), за винятком середнього значення, пов'язаного з частотою обертання двигуна 1500 і 2000 об/хв у положенні SLM. Крім того, максимальне значущє збільшення загального SPL через збільшення частоти обертання двигуна (з 1500 до 2250 об/хв) для дозиметра та SLM становило 5,23 дБ(А) та 4,00 дБ(А), відповідно.

Передача КПП та положення мікрофона наведено у таблиці 5 з якої видно, що різниця між середнім SPL трактора Xingtai XT 160 для II і III передачі КПП, а також III і IV не є статистично значущою, тоді як різниця, пов'язана з передачами II і IV, є статистично значущою.

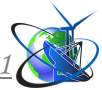
Таблиця 4 Результати випробування щодо впливу положення мікрофона та частоти обертання двигуна на загальний рівень звуку в дБ(А)

Параметри	Частота обертання двигуна, об/хв		
	1500	2000	2250
Дозиметр	83,19(c)	85,93(b)	88,42(a)
SLM	78,82(b)	81,55(a)	82,82(a)

Примітка: значення з однаковою буквою не мають статистично значущої різниці.

Авторська розробка

Різниця між середнім рівнем звуку SLM, пов'язаного з III і IV передачами КПП, не є статистично значущою ($P < 0,01$). При цьому існує статистично



значуща різниця між середніми значеннями рівня звуку передачі II з іншими передачами. Дані в таблиці 5 показують, що максимальні відмінності середнього значення SPL для положень дозиметра та SLM для різних передачах КПП становили 3,74 дБ(А) та 1,81 дБ(А) відповідно.

Таблиця 5. Результати випробування щодо впливу положення мікрофона та передачі КПП на загальний рівень звуку в дБ(А)

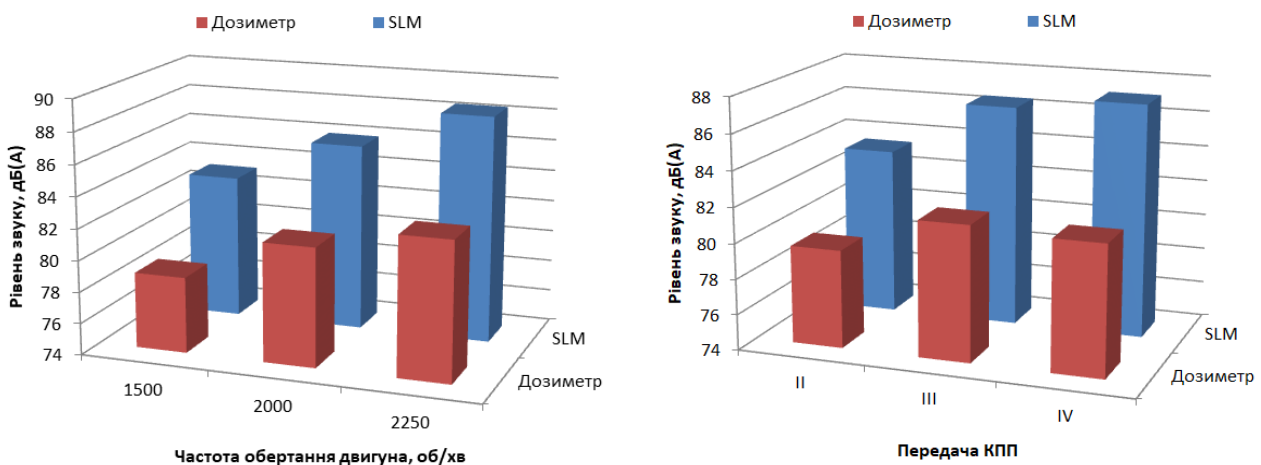
Параметри	Передача КПП		
	II	III	IV
Дозиметр	83,42(b)	86,49(ab)	87,16(a)
SLM	79,52(b)	81,63(a)	81,33(a)

Примітка: значення з однаковою буквою не мають статистично значущої різниці.

Авторська розробка

Загалом можна констатувати, що зміна положення мікрофона призвела до зниження рівня звуку на всіх рівнях частот обертання двигуна та передач КПП. Це може бути пов'язано зі збільшенням відстані від джерела шуму до мікрофона та демпфуючим ефектом навколишнього середовища та дороги.

Зі збільшенням частоти обертання двигуна було отримано статистично значущий рівень шуму трактора Xingtai XT 160 (рисунок 3, а).



а) на різній частоті обертання двигуна (на II передачі)

б) на різних передачах КПП (при 2250 об/хв)

Рисунок 1 – Рівень загального шуму

Авторська розробка

Незважаючи на те, що загальний рівень шуму зростає з вибором передач КПП (рисунок 3, б), вплив передачі на рівень звуку не був статистично значущим. Значення загального рівня шуму, виміряні в цьому дослідженні, показали, що рівень звуку в положенні вуха тракториста на всіх передачах КПП та частотах обертання двигуна вищий за стандартний рівень звуку 85 дБ(А) [15, 16]. Тому трактористу рекомендується використовувати засоби захисту органів слуху. Крім того, дослідження показали, що рівень звуку з позиції спостерігача



на всіх рівнях частоти обертання двигуна та передач КПП часто нижчий за 85 дБ(А). Тому рекомендується, щоб працівники фермерських господарств, прилеглих до сільських доріг, які не користуються засобами захисту органів слуху, а також тим, хто проходить повз трактор Xingtai XT 160, знаходилися принаймні на відстані 5 м від даного трактора.

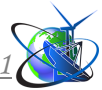
Висновки

Були проведено дисперсійний аналіз звукових частот для визначення впливу частоти обертання двигуна на відповідних передачах КПП на рівні звукового тиску та еквівалентні рівні звукового тиску, виміряні за шкалою А.

Отримано наступні результати: SPL збільшився зі збільшенням частоти обертання двигуна; Низькі оберти двигуна слід використовувати якомога частіше, щоб уникнути високого рівня шуму та шум, особливо під час роботи на тракторах без використання засобів захисту органів слуху; Для захисту від шуму на тракторах Xingtai XT 160 без кабін слід використовувати засоби індивідуального захисту, такі як беруші чи навушники.

Перелік літератури

1. Parsons, K.C. Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. *Applied Ergonomics*, 31(6): 2000. 581–594. DOI: 10.1016/S0003-6870(00)00044-2.
2. Matthews, J. Measurements of environmental noise in agriculture. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 13 (2): 1968. 157–167. DOI: 10.1016/0021-8634(68)90092-9.
3. Miyakita, T., A. Ueda. Estimates of workers with noise-induced hearing loss and population at risk. *Journal of Sound and Vibration*, 205 (4), 1997. 441–449. DOI: 10.1006/JSVI.1997.1010
4. Sieswerda, V., J.C. Dekker. Deafness caused by tractor noise. *Landbouwmecanisatie*, 29: 1978, 1001–1003.
5. Maring, J. Tractor Noise, Field Measurements of Noise at Ear Level, Research Report of Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. 1979.
6. Talamo, J.D.C. Noise problems in the agricultural industry. In *Proc. the Institute of Acoustics*, 9: 1987. 399–402.
7. Suggs, C.W. Noise Characteristics of Field Equipment, ASAE Paper No. 87-1598. St. Joseph, Mich, ASAE, 1987.
8. Brown, R.H. *Handbook of Engineering in Agriculture*, Vol. 2: 1st ed. London: Prentice – Hall, Inc. 1988.
9. Crocker, M.J. *Handbook of acoustics*. 1st ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.
10. Solecki, L. Occupational hearing loss among selected farm tractor operators employed on large multi-production farm in Poland. *Int. J. Occup. Med. Env. Health*, 11(1): 1998. 69–80.
11. Solecki, L. Duration of exposure to noise among farmers as an important factor of occupational risk. *Agric. Env. Med.*, 7(2): 2000, 89–93.
12. Aybek. A, H. Kamer, S. Arslan. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. *Applied Ergonomics*, 41(2): 2010, 274–281.



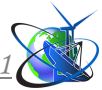
13. McBride, D.I., H.M. Firth, G.P. Herbison. Noise exposure and hearing loss in agriculture: a survey of farmers and farm workers in the southland region of New Zealand. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45 (12): 2003. 1281–1288.
14. Hassan-Beygi S.R., B. Ghobadian, M.H. Kianmehr, R.A Chayjan. Prediction of a Power Tiller Sound Pressure Levels in Octave Frequency Bands Using Artificial Neural Networks. *Int J Agric & Biol Eng*, 9(3): 2007. 494–498.
15. Санітарні правила по обладнанню та влаштуванню тракторів і сільськогосподарських машин. Державні санітарні правила. ДСП 3.3.2.041-99/<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0041588-99#Text>
16. Трактори сільськогосподарські, причеи та напівпричеи тракторні. Експлуатаційні вимоги до технічного стану ДСТУ 7324:2013. Національний стандарт України. Київ, Мінекономрозвитку України, 2014.
17. Белоконь Я. Умови ефективної роботи тракторів-універсалів. Практичний посібник. Видавництво "Ранок", 2004. - 128 с. ISBN: 966-8185-10-2
18. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Ліра-К, 2017. – 288 с. ISBN: 978-617-7320-72-1
19. Иллюстрированный каталог запчастей серии колесных тракторов марки Xingtai XT-120/160, XT-180/200, XT-220HG, XT-220KT. Тата AGRO-MOTO.
20. Белый И.Ф., Богданова И.А. Шум в кабине гусеничного сельскохозяйственного трактора // Тракторы и сельхозмашины. - 2016. - Т. 83. - №10. - С. 50-52. doi: 10.17816/0321-4443-66245
21. <https://agrotimes.ua/tehnika/ukrayinski-naukovczi-doslidyly-riven-shumu-vid-htz-z-dvygunom-volvo/>
22. https://gardenshop.ua/ukr/prichep_7cx_3.html

***Abstract:** Minitractors have been used for transportation on roads by many farmers in addition to use in the field operations. Xingtai XT 160 minitractor is the popular kind of minitractor in Ukraine and almost this minitractor has been used without cabin. Despite the problems caused by noise from the tractors and all its adverse effects on users and observers, no comprehensive research has been done on them. The result of this research indicate that the noise level of Xingtai XT 160 minitractor, in 2250 r/min engine speed, will be 90 dB(A) which in comparison with the standard value, 85 dB(A), is dangerous for operator's ears. Also, result showed the speed of engine has a pivotal role in the production of noise and should be investigated in different operations.*

***Key words:** minitractor, noise, sound pressure level, ergonomics*

Стаття відправлена: 24.02.2024 р.

© Березовецька О.Г.



УДК 62-9

DETERMINATION OF CONDITIONS OF STABILITY OF ELECTRONIC FLOWS IN SEMICONDUCTOR DEVICES AS PART OF PULSE GENERATORS**ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПОТОКІВ В НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИСТРОЯХ У СКЛАДІ ІМПУЛЬСНИХ ГЕНЕРАТОРІВ****Mardziavko V.A. / Мардзявко В.А.***Postgraduate / аспірант*

ORCID: 0000-0001-7327-9215

Rudenko A.Y. / Руденко А.Ю.*Postgraduate / аспірант*

ORCID: 0000-0002-5103-6412

*State Biotechnological University, Kharkiv, 61000, str. Alchevsky, 44**Державний біотехнологічний університет, м. Харків, 61000, вул. Алчевських, 44*

Анотація. У цій статті виконано дослідження частотної стійкості та стану струмового електронного потоку під час роботи діодної системи для імпульсного генератора у складі незаражуючої установки. У дослідженні використовувалися рівняння для одномірного електронного потоку в плоскому діоді, де параметри нормалізовані шляхом приведення до безрозмірних значень. В результаті формулювання, перетворення та розв'язання системи рівнянь було отримано рівняння спектра коливань, для кожного режиму роботи системи були певні межі приросту або зменшення стійкості. Аналіз стійкості системи в режимі, що вивчається надає нам важливі відомості про динаміку системи, що може бути значущим для генерації імпульсів.

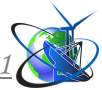
Ключові слова: напівпровідниковий діод, імпульсний генератор, НВЧ випромінювання, стійкість потоку, інкремент нестійкості, декремент стійкості.

Вступ.

Конструювання та проектування електромеханічних засобів для незараження зернової маси в елеваторному комплексі, що базуються на використанні надвисоких частот (НВЧ), можна пов'язати з використанням напівпровідникових генераторів та діодних підсилювачів. Використання даних елементів дозволяє отримувати значення потрібних для використання параметрів потужності та частоти від 1 Вт з частотними показниками від 20 до 50 ГГц, або навпаки. Як результат дослідження удосконалення напівпровідникової техніки дозволяє активно працювати над розробкою імпульсних генераторів.

Генератори випромінювання НВЧ діапазону, що використовують як робочий елемент - діод, відомі з кінця 50-х років [1]. Такого роду розмикачі на основі SOS-діодів (рис. 1) і FIP-пристроїв дуже часто використовуються в генераторах різного типу [2].

Лавинно-пролітні діоди (ЛПД) та їх модифікації, такі як лавинно-ключові діоди (ЛКД), стали дуже популярними пристроями для генерації НВЧ коливань у широкому діапазоні частот, починаючи від кількох гігагерц і закінчуючи десятками гігагерц [3]. Принцип функціонування цих генераторів ґрунтується на іонізаційному пробію напівпровідника, який виникає під дією сильного електричного поля і призводить до різниці у фазі між струмом і напругою під



час руху носіїв заряду в прямому напрямку. Ця різниця фаз створює негативний опір діода. У відмінності від інших пристроїв, які вимагають зовнішнього імпульсу перенапруги для ініціювання іонізаційного пробою, в цих пристроях використовується високочастотне електричне поле, яке при взаємодії з постійним зміщенням поля спричинює пробій діода протягом кожного коливання зовнішнього поля.

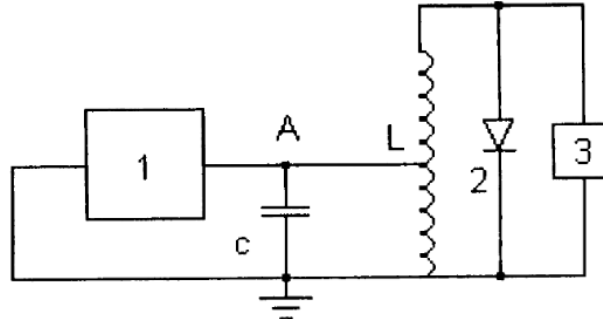


Рисунок 1 – Принципова електрична схема резонансного генератора імпульсів на основі SOS-діода:

1 - генератор синусоїдальної напруги; 2 - SOS-діод; 3 - навантаження

З аналізу [4], можна сказати, що процес генерації НВЧ випромінення базується та залежить від конструктивних особливостей діода, які обумовлюють ККД генератора. Основні втрати установки концентрує зона прольоту діода. Якщо розглядати зону прольоту в процесі генерації, можна сказати, що основні втрати відбуваються загальної площі прольоту частинок, що впливає на подачу напруги та енергії до НВЧ поля. Тому перед розробкою електротехнологічної установки знезараження на базі імпульсних генераторів та діодів, необхідно виконати аналіз стійкості системи діоду в режимі з наскрізним пролітом частинок.

Завдання про стійкість електронних потоків у пристроях типу діода розглядалися у низці робіт [5-8]. Так, в [5] досліджувалась стійкість потоку, скомпенсованого позитивним зарядом, в [6] розглянуто потік при інжекції в напівобмежений простір, в [9] отримано загальне рівняння спектра коливань для потоків без відбиття частинок і досліджено самоузгоджений стан потоку, що є граничним між режимом із відображенням та режимом із наскрізним прольотом частинок.

Мета дослідження.

Дослідити стійкість станів потоку в короткозамкненому діоді для визначення граничних умов приросту або зменшення стійкості електронних потоків в пристроях типу діода.

Результати дослідження.

Розглянемо стійкість потоку в короткозамкненому діоді в режимі з наскрізним прольотом частинок і досліджемо частотні властивості системи, за допомогою рівняння спектра які повинні показати нам інкремент нестійкості або декремент стійкості.

Для побудови спектральних рівнянь, виходитимемо з існуючих рівнянь для одномірного електронного потоку в плоскому діоді [9]:



$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{\partial \Phi}{\partial z}, \tag{1}$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z}(nv) = 0, \tag{2}$$

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = qn, \tag{3}$$

де $q = 4\pi e^2 n_0 l^2 / mv_0^2 = \omega_0^2 l^2 / v_0^2$, густина n , швидкість v , потенціал Φ , координата z і час t безрозмірні відповідно до вхідними параметрів $n_0, v_0, mv_0^2/e$, довжиною діода l та часом прольоту одиночного електрона l/v_0 . За аналогією з тим, як це робилося в [5-8], розглядатимемо малі відхилення від стаціонарного стану роботи діодної системи, тобто припустимо:

$$v = v^0(z) + \tilde{v}(z, t), n = n^0(z) + \tilde{n}(z, t), \Phi = \Phi^0(z) + \tilde{\Phi}(z, t).$$

Залежність малих добавок від часу виберемо як $e^{-i\omega t}$, де $\omega = \omega(\theta)$ безрозмірна частота, тому $\tilde{v}(z, t) = \tilde{v}(z)e^{-i\omega t}$. Тоді після лінеаризації рівнянь (1) - (3) отримаємо:

$$-i\omega \tilde{v}(z) + \frac{d}{dz}[v^0(z)\tilde{v}(z)] = \frac{d}{dz}\Phi(z), \tag{4}$$

$$-i\omega \tilde{n}(z) + \frac{d}{dz}[n^0(z)\tilde{v}(z) + \tilde{n}(z)v^0(z)] = 0, \tag{5}$$

$$\frac{d^2 \Phi}{dz^2} = q\tilde{n}(z). \tag{6}$$

Стаціонарне рішення системи (1) - (3) при параметричному завданні матиме вигляд:

$$v^0(z) \equiv \xi, n^0(z) = 1/\xi, \Phi^0(z) = \xi^2/2, \tag{7}$$

$$\left(\frac{q}{2}\right)^{1/2} \left| z - \frac{1}{2} \right| = \frac{1}{3}(\xi - \xi_{\min})^{3/2} + \xi_{\min}(\xi - \xi_{\min})^{1/2}, \tag{8}$$

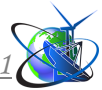
$$\left(\frac{9q}{8}\right)^{1/2} = (1 + 2\xi_{\min})(1 - \xi_{\min})^{1/2}, \tag{9}$$

З системи (4) - (6) отримуємо рівняння:

$$[v^0(z)]^3 \frac{d^2 u}{dz^2} + qu = C_1 [v^0(z)]^2 \exp\left(-i\omega \int_0^z \frac{dz}{v^0(z)}\right), \tag{10}$$

де C_1 - константа інтегрування, що являє собою величину, пропорційну Фур'є-компоненті повного струму. Введемо до (8) замість ξ змінну τ , що дозволить нам отримати:

$$\xi = \frac{q}{2} \left[\tau - 2 \left(1 - \frac{1}{3\gamma} \right)^{-1} \right]^2 + \xi_{\min}, \tag{11}$$



де $\xi_{\min} = 1 - \frac{1}{2\gamma}$.

Тоді з формул (7) - (9) отримаємо:

$$z = \frac{q\tau^3}{6} - \sqrt{\frac{q}{\gamma}} \frac{\tau^2}{4} + \tau, \tag{12}$$

$$v^0(\tau) = \frac{q\tau^2}{2} - \sqrt{\frac{q}{\tau}} \frac{\tau}{2} + 1, \tag{13}$$

Зазначимо, що швидкість $v^0(\tau)$ знаходиться з величиною z у відповідності,

що визначається формулою $v^0(\tau) = \frac{dz}{d\tau}$. Це означає, що τ є лагранжовим часом при описі стаціонарного режиму в змінних τ та τ_0 , де τ_0 - момент вльоту частинок в діод [10]. Використовуючи формули (12) та (13), перейдемо в рівнянні (10) від z до τ :

$$v^0(\tau) \frac{d^2u}{d\tau^2} - \frac{dv^0(\tau)}{d\tau} \frac{du}{d\tau} + qu = C_1 [v^0(\tau)]^2 e^{-i\omega\tau}, \tag{14}$$

Загальне рішення рівняння (14) має вигляд:

$$u(\theta) = D_1(\theta - 1) + D_2[\theta(\theta - 1) + 1 - 2\gamma] + C \left[1 - 2\gamma - \frac{2}{\sigma}(\theta - 1) - (\theta - 1)^2 \right] e^{-\theta\sigma}, \tag{15}$$

$$\theta = \tau\sqrt{q\gamma}, \sigma = i\omega/\sqrt{q\gamma}, C = C_1/2q\gamma^2\sigma^2, \tag{16}$$

де D_1 і D_2 - константи інтегрування.

Тепер із (11) і (4) може бути знайдено $\tilde{v}(\tau)$ і $\Phi(\tau)$:

$$\Phi(\theta) = \Phi(0) + \int_0^\theta \frac{du(x)}{dx} e^{x\sigma} dx, \tag{17}$$

інтегрування якої дає

$$\begin{aligned} \Phi(\theta) = \Phi(0) - \frac{D_1}{\sigma}(1 - e^{\theta\sigma}) - D_2 \left\{ e^{\theta\sigma} \left[\frac{1}{\sigma}(1 - 2\theta) + \frac{2}{\sigma^2} \right] - \left(\frac{1}{\sigma} + \frac{2}{\sigma^2} \right) \right\} + \\ + C\sigma \left[\left(-\frac{2}{\sigma^2} - 1 + 2\gamma \right) \theta + \frac{(\theta - 1)^3 + 1}{3} \right], \end{aligned} \tag{18}$$

Спираючись на попередні перелік дій, також тепер може бути знайдено збудження густини $\tilde{n}(\theta)$, яке ми отримаємо з рівняння (6):

$$\tilde{n}(\theta) = \frac{\gamma}{[v^0(\theta)]^2} \left[\frac{d^2\Phi}{d\theta^2} - \frac{1}{v^0(\theta)} \frac{dv^0(\theta)}{d\theta} \frac{d\Phi(\theta)}{d\theta} \right], \tag{19}$$

В результаті чого, підставивши (19) в (13) і (18), ми отримаємо шуканий результат.

Отже, залишилося задовольнити граничним умовам, які ми виберемо аналогічними такими самими, як і в [11]:



$$\tilde{v}(z)|_{z=0} = 0, \tilde{n}(z)|_{z=0} = 0, \tilde{\Phi}(z)|_{z=0} = 0, \tilde{\Phi}(z)|_{z=1} = 0, \quad (20)$$

Умова на швидкість електронних потоків, яка впливає з (10), призводить до вимоги $u(0) = 0$.

З (15) отримуємо перше рівняння для D_1, D_2, C :

$$D_1 - D_2(1 - 2\gamma) + 2C\left(\gamma - \frac{1}{\sigma}\right) = 0, \quad (21)$$

Ще одне рівняння для констант інтегрування впливає з другої граничної умови, яка має вид

$$\left(1 + \frac{1}{\sigma\gamma}\right)D_1 + \left|\frac{2}{\sigma} - \frac{1}{\gamma\sigma} - 1\right|D_2 - \frac{2}{\gamma\sigma^2}C = 0, \quad (22)$$

З формули (18) видно, що третя гранична умова (20) задовольняється автоматично, а четверта призводить до рівняння

$$D_1(e^{-2\sigma} - 1) + D_2\left[e^{2\sigma}\left(3 - \frac{2}{\sigma}\right) + \left(1 + \frac{2}{\sigma}\right)\right] + 2C\sigma^2\left[-\frac{2}{\sigma^2} - \frac{2}{3} + 2\gamma\right] = 0, \quad (23)$$

Система рівнянь (21) - (23) має ненульові рішення, якщо визначник, складений з коефіцієнтів при D_1, D_2, C дорівнює нулю. Обчислення цього визначника призводить до рівняння, що зв'язує величини σ та γ :

$$e^{2\sigma}(1 - \sigma) - \left(\frac{1}{3} - \gamma\right)\sigma^3 - \sigma - 1 = 0, \quad (24)$$

Рівняння (24) є рівнянням спектра коливань, що виникають у діоді в режимі без відображення частинок. Частота коливань ω пов'язана дисперсійним рівнянням (24) з параметром γ , який визначається формулою (12) і є сутнісно прихованим параметром. Графік залежності (12) зображено на рис. 1.

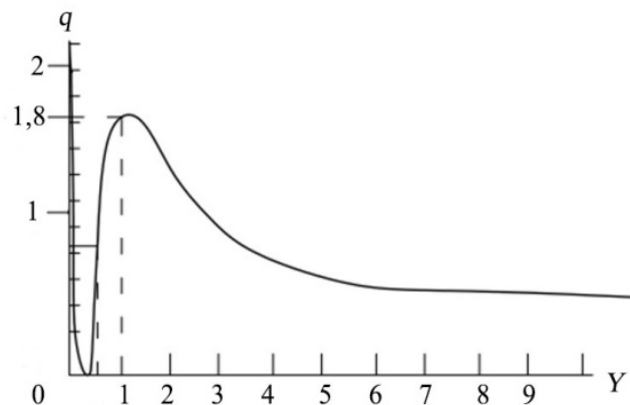


Рисунок 1 – Залежність, що відповідає розташування параметра $q(\gamma)$

Показникам з $q = 0$ відповідають $\gamma = \infty$, оскільки через формулу (13) при цьому $\xi_{\min} = 1$, що відповідає випадку мізерно малого провисання потенціалу в діоді. При зростанні q величина γ зменшується відповідно до графіка $\gamma = 1$ ($q = 16/9$). Подальшу зміну γ обговоримо при аналізі рішень рівняння (24).

Щоб знайти комплексні корені рівняння (24), припустимо:



$$\sigma = -Q + iP, \tag{25}$$

так що, згідно з (16) отримаємо

$$\omega = 2 \left(1 - \frac{1}{3\gamma} \right) (P + iQ), \tag{26}$$

Тимчасова залежність поставимо у вигляді $e^{-i\omega t}$, тому для $\gamma > 1/3$ при $Q > 0$ має місце нестійкість, при $Q < 0$ - стійкість. З (24) після підстановки (25) та відділення уявної та реальної частини отримаємо рівняння:

$$\gamma - \frac{1}{3} = \frac{e^{-2Q} [(1+Q)\cos 2P + P\sin 2P] + Q - 1}{Q(Q^2 - 3P^2)}; \quad \gamma - \frac{1}{3} = \frac{e^{-2Q} [(1+Q)\sin 2P/P - \cos 2P] - 1}{P^2 - 3Q^2}, \tag{27}$$

Ці рівняння дозволяють знайти $P(q)$ та $Q(q)$. Для аналізу стійкості потрібні саме ці залежності, оскільки безпосередньо змінним параметром є q . Їхні графіки наведені на рис. 2 та рис. 3.

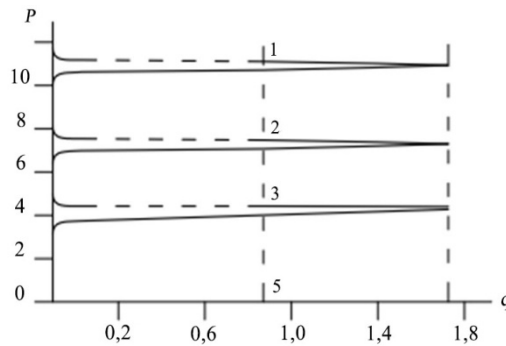


Рисунок 2 – Різні сімейство кривих залежності $P(q)$, де кожному q відповідає нескінченна кількість рішень

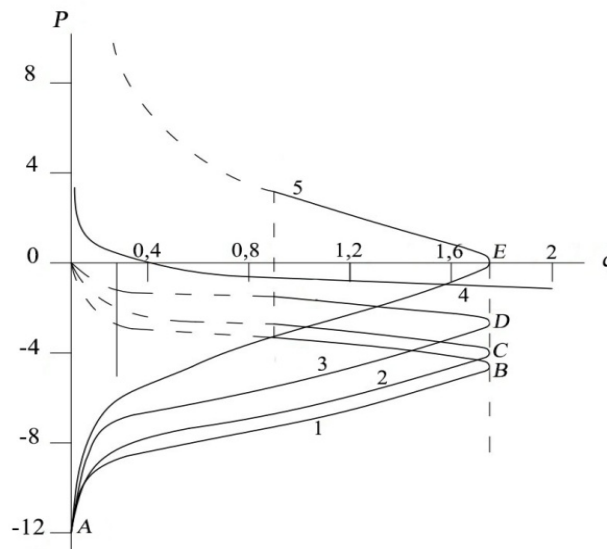


Рисунок 3 – Зображення залежності $Q(q)$, яке дозволяє будувати висновки про стабільності потоку в діоді

На рис. 1 використані штрихові, тонкі та жирні лінії для порівняння графіків у межах зміни параметрів γ і q . Для кожного значення q існує нескінченна кількість рішень, які належать до різних сімейств кривих (див. рис.



2). Криві першого сімейства $Q = -\infty$ виникають при $\gamma > 1/3$ і мають вертикальну асимптоту при $q = 0$. На певній відстані від осі абсцис кожна з цих кривих відхиляється від осі ординат і віддаляється від неї до значення $q=16/9$. У цій точці кожна крива робить поворот, підходить до осі ординат і продовжує рухатися до точки $(0,0)$ як до граничної. На рис. 3 представлені три перші криві цього сімейства (криві 1,2,3), а відповідні частотні криві наведені на рис. 2. Для цього сімейства значень γ змінюється в інтервалі $(1/3, \infty)$, при цьому нижні гілки (гілки АВ, АС, АД на рис. 3) відповідають $\gamma > 1$, а верхні гілки $\gamma < 1$.

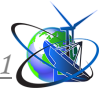
Також існує сімейство розривних рішень, які всі розпочинаються при $Q = -\infty$, коли γ спадає до $(q \rightarrow -0)$ і рухаються до горизонтальної асимптоти при кінцевих Q та $q < 0$. Друга гілка кожної кривої розпочинається при $q > 0$ з тієї ж самої асимптоти і при $(q \rightarrow +0)$ рухається до $(+\infty)$. На рис. 3 показана друга гілка кривої, розташована ближче до осі абсцис (крива 4). Для другого сімейства значень $\gamma < 1/3$ виділено розв'язок з $P = 0$, який на рисунку 3 представлений кривою 5. Для цього розв'язку q змінюється в інтервалі $(0, 16/9)$, при цьому для гілки АЕ ($Q < 1$) $\gamma > 1$.

Отримані рішення дозволяють оцінити стійкість потоку в діоді. При збільшенні q від початкового значення $q=0$ можуть виникати стани з $\gamma > 1$, як вказано раніше. Їм відповідають нижні гілки кривих першого сімейства і розв'язок 5 на рисунку 3. Для всіх цих гілок $Q < 0$ встановлюється стійкість. При $q > 16/9$ в якості розв'язку рівняння (24) можуть бути взяті тільки криві другого сімейства з $\gamma < 1/3$.

Згідно з формулою (23), стаціонарні стани при $\gamma < 1/2$ неможливі, але відповідні розв'язки рівняння (24) характеризують розвиток процесу поблизу $q = 16/9$. Згідно з формулою (29) для $\gamma < 1/3$ відповідає нестійкість, тому ординати кривих розривного сімейства при $q = 16/9$ та $Q = 0$ вказують на виникнення інкрементів нестійкості. На рис. 3 показано лише одну криву (крива 4), яка відповідає найменшому інкременту. Навіть цей інкремент свідчить про те, що зі стійкого стану ($q = 16/9$) діод переходить до нестійкого режиму при $q = 16/9$ з кінцевим інкрементом. Важливо відзначити, що існує нескінченна кількість нестійких гілок другого сімейства кривих при $q = 16/9$, і кожній з них відповідає більший інкремент і частота, що свідчить про швидкий нестационарний перехід від стійкого стану при $q < 16/9$. Якщо змінювати q так, щоб γ при досягненні $\gamma = 1$ продовжувало спадати (див. рис. 1), як розв'язок дисперсійного рівняння можна взяти верхні гілки кривих першого сімейства та розв'язок 5 (рис. 3). Криві першого сімейства дають $Q < 0$ ($\gamma > 1/3$), так, що стани пучка є стійкими щодо високочастотних збурень. Верхня гілка кривої 5 дає $Q > 0$, що відповідає збудженню з нульовою частотою.

Отже, для стану з $1/2 > \xi_{\min} > 0$ має місце аперіодична нестійкість. Інкремент нестійкості надається ординатою верхньої гілки кривої 5 рис. 3. крім того, для $q \approx 16/9$ має місце формула:

$$Q \approx -\frac{3}{2}(\gamma - 1). \quad (28)$$



Висновок

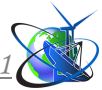
Розглядаючи стійкість самоузгоджених станів потоку в короткозамкненому діоді в режимі з наскрізним проходженням часток і досліджуючи частотні властивості системи, отримано рівняння спектра і для кожного стану знайдено відповідний інкремент нестійкості або декремент стійкості.

Описано режими з наскрізною стійкістю частинок, швидким нестационарним процесом і аперіодичною нестійкістю. Таким чином, режим із наскрізним прольотом частинок стійкий за $q < 16/9$ та $\gamma > 1$, а за $q = 16/9$ у діоді починається швидкий нестационарний процес, пов'язаний із генерацією високочастотних коливань за кінцевих інкрементів. Для станів з $q < 16/9$ та $1 > \gamma > 1/2$ у діоді має місце аперіодична нестійкість, аналіз якої надає нам важливі відомості про динаміку системи, а саме, при зміні параметрів можуть виникати нестационарні процеси з інкрементами нестійкості, що може бути значущим для генерації імпульсів. Аналіз графіків і рівнянь дозволяє визначити оптимальні умови параметрів для досягнення генерації імпульсів з певними характеристиками.

Загалом, отримані відомості дозволяють зрозуміти динаміку системи та здійснити раціональний підбір параметрів для побудови ефективного імпульсного генератора на основі напівпровідникового діода.

Література:

1. Shur, M., (1992). *Fyzyka poluprovolnykovikh pryborov* [Physics of semiconductor devices]. Myr.
2. Kyuregyan, A., (2019). *Vysokovoltnye diffuzionnye diody s rezkim vosstanovleniem. I. Chislennoe modelirovanie* [High voltage diffusion diodes with sharp recovery. I. Numerical modeling]. *Fizika i tehnika poluprovodnikov* [Physics and technology of semiconductors]. 53(7), 978–984.
3. Darznek, S., Lyubutin, S. ta Rukin, S., (2002). *Generaciya sverhvysokih chastot bezbazovym diodom* [Generation of ultrahigh frequencies by a baseless diode]. *Fizika i tehnika poluprovodnikov* [Physics and technology of semiconductors]. 36(5), 653–667.
4. Kundenko, M., Mardziavko, V. ta Rudenko, A., (2023). *Analiz tekhnolohii heneratsii NVCh vyprominennia z vyznachenniam adaptivnoho typu diodiv dlia podalshoho konstruiuvannia aparativ dlia znezarazhennia* [Analysis of the technology of generating microwave radiation with the determination of the adaptive type of diodes for the further design of devices for disinfection]. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia* [Integrated technologies and energy saving]. (3), 24–37.
DOI: 10.20998/2078-5364.2023.3.03
5. Langmuir, I. and Blodgett, K., (1992). This year's limited border of space between the known spheres. *Physical Review Journals*. (23), 82–94.
DOI: doi.org/10.1103/PhysRev.24.49
6. A.V. Pashchenko and B.N. Rutkevich, (1979). *Dinamika perekhodov mezhdru stacionarnymi sostoyaniyami v diode*. *Radiotekhnika i elektronika*. (1), 152–157.



7. Kundenko, M., Chaly, I., Vakhonina, L., Megel, Y. та Rudenko, A., (2022). Development of a model of cell functioning to measure the interaction of low-energy EMF. *У: 2022 XXXII international scientific symposium metrology and metrology assurance, Sozopol, Bulgaria.* с. 1–4.

DOI: 10.1109/MMA55579.2022.9993093

8. Kuznecov, V. та Ender, A., (2010). Non-stationary modes of the Bursian diode. Part 1. Stability of stationary solutions. *Fizika plazmy.* (3), 248–257.

DOI: doi.org/10.1063/1.4975012.

9. Shahriari, S., Hassan, I. та Kadem, L., (2014). Modeling unsteady flow characteristics using smoothed particle hydrodynamics. *Applied Mathematical Modelling.* **37**(3), 1431–1450.

DOI: doi.org/10.1016/j.apm.2012.04.017.

10. Adamenko, A., Novikov, V., Levchenko, V., Prokopenko, V. та Shapoval, A., (2023). Energy efficiency of the high-current diode under the blow-up mode evolution in the anode. *Results in Physics.* **47**, 368–373.

11. S. Mohammad, (2007). Boundary conditions and current-voltage relations for heavily doped p-n diodes. *Solid-State Electronics.* **30**(7), 713–718.

Abstract. *In this article, a study of the frequency stability and state of the current electron flow during the operation of the diode system for the pulse generator as part of the disinfection installation was performed. The research used equations for a one-dimensional electron flow in a flat diode, where the parameters are normalized by reducing them to dimensionless values. As a result of the formulation, transformation and solution of the system of equations, the equation of the spectrum of oscillations was obtained, for each operating mode of the system there were certain limits of increase or decrease of stability. Analysis of the stability of the system in the regime under study provides us with important information about the dynamics of the system, which can be significant for the generation of pulses.*

Key words: *semiconductor diode, pulse generator, microwave radiation, flow stability, instability increment, stability decrement.*



УДК 621.921.34: 536.4

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CVD DIAMOND**ВПЛИВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ CVD АЛМАЗУ****Sokolov O.M. / Соколов О.М.***c.t.s., dep. head depart. / к.т.н., заст. зав. від.*

ORCID: 0000-0003-3783-0545

Harhin V.H. / Гаргін В. Г.*c.t.s., sen. res. / к.т.н., с.н.с.*

ORCID: 0000-0003—3962-8826

*V. Bakul Institute for superhard materials of NAS of Ukraine,**Kyiv, Avtozavodska, 2, 04074**Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,**Київ, Автозаводська, 2, 04074*

Abstract. *The effect of heat treatment on the physical and mechanical properties of CVD diamonds at both normal and high pressure is investigated. The results indicate that these properties are significantly influenced by the structural characteristics of CVD diamonds. Specifically, the hybrid material reinforced with black CVD diamond exhibits the highest thermal stability, with a mass loss of only 0.9%. After heat treatment, CVD diamond samples lose between 17% and 48% of their initial weight, depending on their structure. The strength of the samples did not change significantly before or after HPHT treatment, but decreased sharply (by approximately 18 times) after heat treatment in an argon environment at normal pressure.*

Key words: *diamond, Chemical Vapor Deposition, heat treatment, strength*

Introduction.

Diamonds produced by chemical vapour deposition (CVD) began to spread rapidly in the early 1980s when it became possible to produce them on an industrial scale. CVD diamonds are similar in properties to single diamond crystals. With sufficiently pure reaction gases, the nitrogen content (the main impurity in natural and synthetic crystals) in CVD diamonds can easily be reduced to 1 ppm. Growth rates for different deposition processes can vary considerably and it is usually the case that higher growth rates can only be achieved at the expense of a corresponding loss in CVD diamond quality [1]. As an example, Figure 1 shows microelectron images of fragments of the growth surface of 4×1 mm and 0.4 mm thick CVD diamond wafers grown at different growth rates, taken with a JEOL JSM-6480LV low-vacuum scanning electron microscope (SEM).

Today, polycrystalline single crystal CVD diamond films and wafers with diameters exceeding 100mm and thicknesses ranging from microns to 1-3mm are grown using the CVD process at temperatures of 700-1000°C and operating pressures of 30-100 Torr.

Over the last 10-15 years, the development of the CVD process has made this unique material available and in demand in many areas where the extreme properties of diamond are required. One of the most important areas of modern CVD diamond research is the development of technologies for the production of polycrystalline diamond for tooling, in particular for the production of CVD reinforced components of hybrid materials.

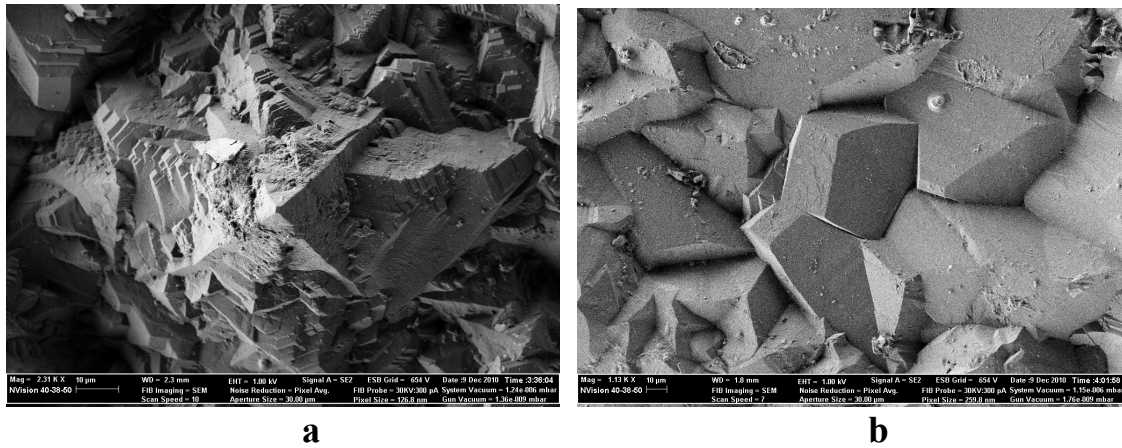


Figure 1 - Images of fragments of the growth surface of CVD diamonds grown at different growth rates

As you know, a hybrid is an object that combines the properties of other (two or more) objects. In engineering, the adjective "hybrid" is used to emphasise systems that contain different elements or processes [2]. The peculiarity is that the respective elements are complete solutions and as a result of their combination new desired properties are created.

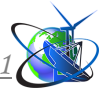
At present, a new direction of superhard material production is being actively developed - hybrid diamond based polycrystalline superhard composites [3]. In particular, a hybrid diamond-based superhard material (trade name "Hybridite" [4]) has been created, which is a plate of mono- or polycrystalline CVD diamond encased in a polycrystalline envelope of a heat-resistant diamond composite material (DCTM). This combines the unique physical, mechanical and thermal properties of CVD diamond with the high hardness, strength and heat resistance of a polycrystalline shell of static synthesis diamond. The effectiveness of CVD diamonds in tools is primarily determined by their physical and mechanical properties, particularly strength and thermal stability, so knowledge of the strength properties of CVD diamonds is of great scientific and applied importance.

The aim of this work is to investigate the effect of heat treatment on the physical and mechanical properties of CVD diamond.

Main text.

In order to investigate the effect of heat treatment on the physical and mechanical properties of CVD diamond, samples were taken both in the form of bars and in the form of a 630/500 grit powder. The samples differed both in colour (light and black bars, light and grey powder particles) and in structural perfection.

The colour of the CVD diamond samples was determined by their degree of purity and structural perfection, which depend on the synthesis technology. The so-called "black diamond" is a polycrystalline CVD diamond with a high content of structural defects such as microtwins, dislocations and nanometre amorphous domains [5]. These defects cause strong optical absorption in the so-called "black" diamond, while graphite inclusions are absent. However, during vacuum annealing of polycrystalline diamond, even if initially transparent, to temperatures above 1200-1300°C, thin layers of crystallised graphite, several interplanar distances thick, can form at the grain boundaries [6], which also leads to blackening of the material.



To determine the strength of CVD diamond rods under uniaxial static compression, samples measuring 1.0×1.0×0.4 mm were taken. The germinal side of the bar was smooth (mirror) and the opposite (growth) side was rough (Figure 2).

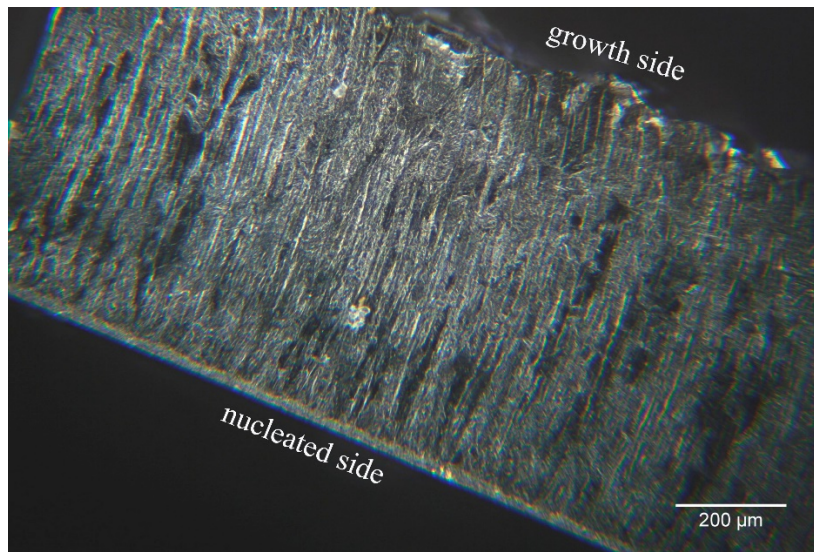


Figure 2 – A CVD diamond bar measuring 1.0×1.0×0.4 mm.

A 0.02 mm thick copper foil was placed on the growth side to maintain plane-parallelism.

Heat treatment of CVD diamond rods and powders was performed in a muffle furnace in an argon stream at a temperature of $T = 1150\text{ °C}$ for 600 s. This heat treatment regime corresponded to the conditions of tool manufacture. This heat treatment regime corresponded to tool manufacturing conditions.

CVD diamond rods processed under high pressure and high temperature (HPHT) conditions were also studied – at 7.0 GPa and 1350 °C in a graphite medium (grade C-3) for 60 s.

A WPM-1000 tensile tester was used to determine strength. The scale used in the test was 0–500 kg. The destruction was carried out between two supports made of VK2M hard alloy and the speed of the loading programme was 40 kg/s.

The obtained uniaxial compressive strength of CVD diamond rods is shown in Table 1.

Table 1 - Uniaxial static compression strength of CVD diamond plates with dimensions of 1.0×1.0×0.4 mm

CVD diamond sample	Crushing load, kN	The type of destruction
Initial	1,7±0,2	When the critical CVD load is reached, the diamond breaks into small fragments
After HPHT treatment (p=7.0 GPa; T=1350 °C) in a graphite medium	1,7±0,2	Similarly
Після термічної обробки в струмі аргону (T=1150 °C)	0,09±0,02	When the critical CVD load is reached, the diamond breaks into larger fragments



From the above data it can be seen that the strength of CVD diamond samples, both initially and after NRNT treatment, has not changed and after heat treatment in an argon environment it has decreased dramatically (~18 times).

The strength of CVD diamond powders with a grit size of 630/500 was also studied (Fig. 3).

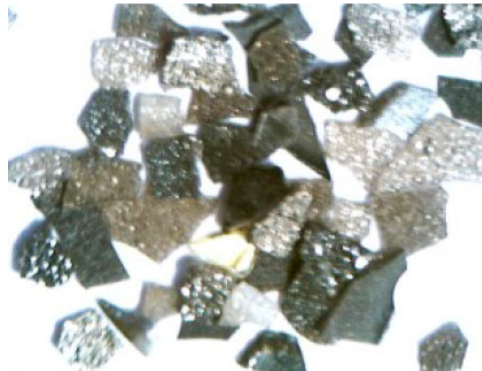


Figure 3 - CVD diamond powder with a grit size of 630/500

As can be seen in Figure 3, the powders consist of light and grey grains. In order to study the effect of the colour of the CVD diamond grains on their strength, they were conditionally divided into "light" and "grey" grains.

The strength values obtained for uniaxial static compression of CVD diamond grains are shown in Table 2. Before measuring the strength, the grains were conditionally divided into "light" and "grey" grains.

Table 2 - Uniaxial static compression strength of CVD diamond with 630/500 grit (grain thickness 0.23 mm)

Crushing load, kN			
"Light" grains		"Grey" grains	
Initial	After heat treatment	Initial	After heat treatment
1,72	1,80	1,45	1,80
2,0	2,87	2,12	1,15
1,53	1,87	0,53	0,45
2,15	2,01	0,75	0,85
2,65	1,05	0,96	1,05
1,90	1,84	1,25	1,14
1,85	2,96	2,04	1,72
1,64	1,90	0,67	0,58
2,02	0,95	0,83	0,75
2,38	2,12	0,91	0,96
Average value of the crushing load, kN			
2,0±0,2	1,9±0,5	1,2±0,4	1,0±0,3

As can be seen from the data in Table 2, the average grain strength after heat treatment remained practically unchanged.

The change in the mass of different CVD diamond samples after heat treatment in argon current at a temperature of $T = 1150 \text{ }^\circ\text{C}$ for 600 s is shown in Table 3.



Table 3 - Weight change of CVD diamond samples after heat treatment in argon current (T = 1150 °C; duration - 600 s)

Sample	Mass of the material, g×10 ⁻²		Change in mass, %
	initial	after thermal treatment	
Light CVD diamond, size 5×0.8×0.8 mm	6,20 (1 sample)	–	not determined
Black CVD diamond, size 4×1×0,3 mm	2,74 (3 samples)	2,68	–2,2
Yellow CVD diamond, size 1×1×0,4 mm	0,63	0,07	–88,9
Light yellow CVD diamond (pieces)	1,66	1,09	–34,3
CVD diamond powder, grit 630/500	2,03	1,72	–15,3
Hybrid material (black CVD diamond + polycrystalline diamond shell)	12,58	12,46	–0,9

The most heat-resistant CVD diamond bars are black (weight loss ~2.2%).

When used to reinforce the insert, the weight loss of a CVD diamond after heat treatment is reduced to 0.9%.

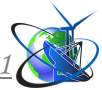
Conclusion.

Thus, the results of the study of the effect of heat treatment on the physical and mechanical properties of CVD diamonds have shown that the latter depend significantly on the structural characteristics of CVD diamonds. In particular, it has been shown that the hybrid material reinforced with black CVD diamond has the highest thermal stability, with a mass loss of 0.9% for these samples. CVD diamond samples lose between 17 and 48% of their initial weight after heat treatment, depending on their structure.

The strength of CVD diamond samples, both initially and after NRNT treatment, remained practically unchanged, and after heat treatment in an argon environment at normal pressure it decreased sharply (~18 times).

Literature:

1. Ральченко В.Г., Ашкинази Е.Е. Условия синтеза, абразивная и лазерная обработка поликристаллического CVD-алмаза. Инструментальный світ. 2005. № 3. С. 14–18.
2. Hybrid [Электронный ресурс] – <http://de.wikipedia.org/wiki/Гибрид>.
3. А. А. Шульженко, А.Н. Соколов, В. Г. Гаргин. Новые ультратвердые поликристаллические композиционные материалы //Наука про матеріали: досягнення та перспективи. У 2-х т. Т. 1 / Редкол.: Л. М. Лобанов (голова) та ін.; НАН України. – К.: Академперіодика, 2018. С. 572–591.
4. Свідоцтво України на знак для товарів і послуг № 158183. Гібридайт. – Оубл. 10.07.12, Бюл. № 13.



5. Ralchenko V., Nistor L., Pleuler E., et. al. Structure and properties of high-temperature annealed CVD diamond. *Diamond and Related Materials*. 2003. Vol. 12, N 10-11. P. 1964–1970.

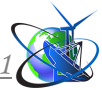
6. Сергейчев К. Ф., Лукина Н. А., Большаков А. П. и др. Рост поликристаллического алмаза в плазме СВЧ-факела. *Прикладная физика*. 2009. № 6. С. 109–113.

Анотація. В роботі розглядається вплив термічної обробки як при нормальному, так і при високому тиску на фізико-механічні властивості CVD алмазу. Показано, що вони суттєво залежать від структурних особливостей CVD алмазу. Зокрема встановлено, що найбільш високу термостабільність має гібридний матеріал, армований чорним CVD-алмазом (*black diamond*). Втрата маси для цих зразків становила 0,9%. Зразки CVD-алмазу після термічної обробки в залежності від їх структури втрачають від початкової маси від 17 до 48%. Міцність зразків CVD алмазу як вихідна, так і після HPHT-обробки, практично не змінювалася, а після термообробки в середовищі аргону при нормальному тиску – різко зменшилася ~18 разів).

Ключові слова: алмаз, хімічне осадження з газової фази, термообробка, міцність.

The article has been sent: 30.08.2023.

© Sokolov O.M., Harhin V.H.



УДК 614.9:576. 62:613, 289:613,267.5

SANITARY AND HYGIENIC EVALUATION OF THE USE OF PREPARATIONS FOR PROTECTING POULTRY FROM PATHOGENIC MICROFLORA AND ENSURING THE PROPER QUALITY AND SAFETY OF POULTRY PRODUCTS**САНИТАРНО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕПАРАТІВ ЗАХИСТУ ПТИЦІ ВІД ПАТОГЕННОЇ МІКРОФЛОРИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОЇ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОДУКТІВ ПТАХІВНИЦТВА****Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,**
d.a.s., prof. / д.с.н., проф.

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

*Higher education institution «Podolsk State University, Kamianets-Podilskyi»,
Shevchenko,13,32300 Заклад вищої освіти Подільський державний університет***Bukalova N. V/ Букалова Н.В.***Ph.D. (Veterinary), канд. вет. н., доц.*

ORCID: 0000-0003-4856-3040

*Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1,09100**Білоцерківський національний аграрний університет., Біла Церква, Соборна 8\1,09100***Antipov Anatoliy /Антіпов А. А.***Ph.D. (Veterinary), канд. вет. н., доц.*

ORCID:0000-0003-3955-3377

*Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1,09100**Білоцерківський національний аграрний університет., Біла Церква, Соборна 8\1,09100*

Abstract. For efficient breeding of poultry, its maintenance must be arranged in such a way that it does not prevent the bird from fully realizing its genetic potential. At this stage of the development of poultry farming in Ukraine, two methods are used for keeping chickens - in cage batteries and floor keeping, but at the moment the most developed for growing, keeping and producing edible chicken eggs is cage keeping. As a result of the conducted research, a comparative assessment was made between the two- and three-tier keeping of chickens in cage batteries designed by Nizhynsilmarsh JSC and VO Techna LLC, which allows us to state that both one and the other method of keeping poultry in cage batteries allow for unhindered control of feeding processes, feeding, microclimate regulation, litter removal and egg collection. The author concluded that keeping chickens in two- or three-tier cage batteries has a positive effect and does not create a negative impact on the environment and on the laying hens themselves. Abroad, the maintenance of industrial flocks of chickens takes place in 2-3 tiered batteries on a mesh or slatted floor, which according to the laws of those countries meets all the requirements for keeping poultry. The equipment for keeping poultry must comply with the following technological processes, such as: storage of dry feed, feeding and distribution of feed, preparation of water, supply of water, removal of droppings from the place of keeping poultry and its removal outside the territory of the poultry house, collection of eggs from laying hens and parent stocks. Chickens should be kept and raised in poultry houses with a regulated microclimate. According to the data, an alternative to conventional cage batteries should be "improved" cage batteries, which are equipped with a nest, perch and bedding material, and provide each hen with 600 cm² of suitable area. Promising and relevant trends in industrial poultry farming will be the introduction of technologies that minimize the use of chemical synthesis drugs (antibiotics, productivity stimulants) during poultry breeding and food production and at the same time will be as close as possible to natural conditions where animals can fully realize their genetic potential.



Key words: poultry, cage keeping, antibiotics, genetic potential, chemical synthesis, cultivation

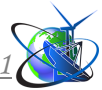
Currently, the production of edible chicken eggs, in addition to maintaining high production rates, must also ensure the proper level of maintenance of chickens. Conventional cage systems for keeping poultry were developed back in the 1930s, and began to be used in traditional poultry farming since the 1950s. These systems exist to this day, their application was aimed at increasing profits and productivity due to the possibility of keeping more chickens in a small area and higher production of edible eggs [5].

The relevance of proper sanitary and hygienic provision of the appropriate system of keeping animals, especially poultry, has been growing over the past few decades. Both researchers and consumers recognize that proper animal husbandry depends not only on the absence of disease, injury and inappropriate feeding. Animals must be comfortable, have their behavioral needs met, and have adequate feeding and housing systems. To achieve this goal, cage-free systems of laying hens are increasingly used, such as multi-tiered aviaries, which are most often used in industrial egg production in the last decade, as these systems provide a greater opportunity for free movement and the realization of the bird's natural behavior [6].

However, in Europe in the 1960s, poultry housing became quite important, and conventional cage housing was questioned on the grounds that such housing restricts the movement of the bird [2], and even to this day there is a difference of opinion about maintenance of laying hens in cage batteries [7].

In European countries, there is great interest in raising poultry on the floor (free range). There is an opinion that the eggs of free-range chickens are of better quality than those obtained in caged chickens [6]. For efficient breeding of poultry, its maintenance must be arranged in such a way that it does not prevent the bird from fully realizing its genetic potential. At this stage of the development of poultry farming in Ukraine, two methods are used for keeping chickens - in cage batteries and floor keeping, but at the moment the most developed for growing, keeping and producing edible chicken eggs is cage keeping. As a result of the research conducted , a comparative assessment was made between the two- and three-tier keeping of chickens in cage batteries of the design of Nizhinsilmash JSC and VO Techna LLC, which allows us to assert that both one and the other method of keeping poultry in cage batteries allow unhindered control drinking, feeding, microclimate regulation, litter removal and egg collection processes. The author concluded that keeping chickens in two- or three-tier cage batteries has a positive effect and does not create a negative impact on the environment and on the laying hens themselves. Abroad, the maintenance of industrial flocks of chickens takes place in 2-3 tiered batteries on a mesh or slatted floor, which according to the laws of those countries meets all the requirements for keeping poultry [8].

The equipment for keeping poultry must comply with the following technological processes, such as: storage of dry feed, feeding and distribution of feed, preparation of water, supply of water, removal of droppings from the place of keeping poultry and its removal outside the territory of the poultry house, collection of eggs from laying hens and parent stocks 'I. Chickens should be kept and raised in



poultry houses with a regulated microclimate. According to, an alternative to conventional cage batteries should be "improved" cage batteries, which are equipped with a nest, perch and bedding material, and provide each hen with 600 cm² of suitable area. Such "improved" cages must be equipped with feeders with a feeding front of 10 cm per hen, automatic feeders, the height of the cage cell must be from 45 cm in the upper part to 35 cm in the lower part.

Depending on the natural and economic conditions, different methods of keeping livestock are used in poultry farms and poultry farms: cage, floor (on a deep litter or on a mesh floor), free-range, aviary or combined.

Cage keeping is practiced in poultry farms and in specialized farms that produce edible eggs in the breeding of repair young, broilers and fattening young. Poultry are placed in single-tiered or multi-tiered cages. Since January 2012, the directive of the Council of the European Union 1999/74/EC [prohibiting the keeping of laying hens in cage batteries] came into force in Europe, but they are still used today, as they can accommodate a large number of chickens at the same time and provide better sanitation premises [1].

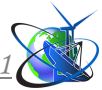
Aviary keeping of laying hens is used in regions with a mild climate [3]. With this method, the bird is housed in light-type buildings without a front wall, combined with an aviary - a small area surrounded by a net with a mesh or slatted floor. This allows the bird to move over greater distances, thereby enabling it to behave naturally. Therefore, aviary breeding has significant advantages over breeding chickens in cages.

In studies [5], it was noted that free-range poultry has a positive effect on the growth and activation of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis, and the bird becomes calmer. When kept on the floor, the bird is kept in large-sized aviaries without or with walks. This method is used for industrial flocks of chickens in small poultry farms, in specialized farms and commercial farms. Poultry is kept on unchanged bedding or on a mesh or slatted floor [6].

Free-range housing is used mainly in breeding poultry farms, poultry farms, for parent stock of poultry farms and breeding farms. A free-range bird is in constant motion in the fresh air and under the influence of sunlight, which has a positive effect on its health, increases the hatching quality of eggs and the preservation of chickens during their rearing. Combined housing is used for young birds in poultry farms and large commercial farms, where chickens are kept in cages for up to 60 days, and later in camp conditions.

Different systems of keeping laying hens continue to cause controversy among researchers, producers, ecologists and consumers. The priority is the impact of these systems on the health of the birds and their freedom to exhibit natural behavior. However, it is not easy to assess whether a poultry housing system provides health and basic ethological and behavioral needs. These systems directly or indirectly affect not only the behavior, productivity and health of the bird, but also the quality of its eggs [7].

In recent years, organic farming has become increasingly popular in Europe, including Poland. There is a return to traditional ways of keeping poultry with access to open space, fresh air and sunlight, as well as feeding based on natural and



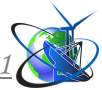
minimally processed feed [8]. However, obtaining products (including chicken eggs) using certified methods is much more expensive than using traditional methods. This is due to factors such as longer growing period, higher feed consumption, lower productivity and lower fertility. In the economically developed countries of Western Europe, organic breeding of laying hens accounts for 10% of the total production of edible eggs. In Poland, it still has a marginal value and does not exceed 1%. Egg production in Poland is mainly based on cage keeping of hens. Many studies have shown that this is the most economical way to produce quality eggs. However, Council Directive 1999/74/EC states that the sale of eggs laid by hens kept in conventional cage systems will be restricted or even prohibited from 1 January 2012. The producers of Polish egg are making an intensive effort to extend the use of conventional cages for 5 years and to prevent discrimination against food products produced in cages. Research is ongoing on the development of environmentally friendly production technologies that meet the expectations of middle-class consumers, while combining the safety and quality of animal products with moderate prices [5].

Chicken egg is considered one of the most valuable and basic food products for humans . Consumers are increasingly interested in the quality of eggs, which means ensuring the proper quality of poultry products is becoming increasingly important. As societies in many countries become increasingly affluent and health conscious, food quality will continue to be a focus for consumers and producers, as well as a challenge for science. For this reason, in an era of competition, efforts are being made to create premium products that guarantee quality and safety. This can be achieved by providing the animals with optimal housing conditions and high-quality feed containing all the necessary nutrients that guarantee high productivity and good egg quality [6].

Thus, technologies that minimize the use of chemical synthesis drugs (antibiotics, performance stimulators) during poultry breeding and food production and at the same time will be as close as possible to natural conditions where animals can fully realize their genetic potential.

For the general production of egg products, according to various studies, more than 75% of chickens are raised in cages, but there are more and more new conditions for keeping laying hens in conditions more favorable for animals. They are focused on improved conditions for keeping birds and their free natural behavior. First of all, the quality of eggs is an important factor that affects the purchase and demand of eggs among consumers. Recently, consumers prefer to buy eggs with a larger size, with a dense protein and, accordingly, the appropriate quality [7]. In particular, the internal and external quality of eggs is primarily influenced by environmental factors, and the poultry housing system also plays an important role.

In studies [4], it was proved that eggs with a greater mass and better protein quality were obtained when keeping free-range chickens compared to caged ones. Also, according to the data of other researchers [6], it was concluded that the weight of eggs increased and the evaluation of their quality criteria by Hau units was higher for cage keeping than for walking. Therefore, we can conclude that the methods of keeping poultry affect not only the internal content of eggs, but also the quality and



structure of the eggshell [5], which depends on the storage conditions and safety of egg products [1].

The housing system of laying hens is an important factor affecting the quality and safety of edible chicken eggs, as evidenced by a large number of studies in recent years. They showed a decrease in the number of eggs laid per day, as well as a decrease in egg weight in free-range and floor systems compared to eggs of chickens that were kept in cage batteries [3]. On the other hand, under the floor system of keeping laying hens, eggs are more contaminated and have a lower mass compared to eggs laid by laying hens raised in cage batteries. An important factor in the influence of mechanical damage on eggshell quality of laying hens is not the system of maintenance or production, but the diet and genetic potential of the bird.

Equally important is the factor affecting the quality and safety of edible eggs, such as bacterial risk assessment. Ways of infection through the shell and infection of the viable egg were investigated with a number of bacterial strains: *Staphylococcus warneri*, *Acinetobacter baumannii*, *Alcaligenes sp.*, *Serratia marcescens*, *Carnobacterium sp.*, *Pseudomonas sp.* and *Salmonella enteritidis*, which are isolated from a viable egg. During 3 weeks of storage at 20°C and 60% relative humidity, the penetration of bacteria through the eggshell into the contained eggs was regularly monitored. It has been proven that such characteristics of the eggshell as its area, thickness and number of pores do not affect the penetration of bacteria into the eggshell. For each individual bacterial strain, mean cuticle penetration was lower for penetrated eggshells compared to non-penetrated ones. For a single strain of *Carnobacterium sp.* and for the overall results of all strains, this difference was statistically significant. Total microbial contamination of eggs was not influenced by either eggshell area or eggshell porosity. Research results indicate that gram-negative, motile and non-aggregating bacteria most often penetrated the eggshell: *Pseudomonas sp.* (60%) and *Alcaligenes sp.* (58%) were the primary contaminants, followed by *S. enteritidis* (43%). All selected strains of microorganisms were able to penetrate the eggs. Penetration was observed most often after 4-5 days of egg storage. In particular, *S. enteritidis* was the main contaminant of whole eggs: the shell and/or contents of 32% of whole eggs. Penetrated eggshell and infected whole eggs showed significantly higher bacterial contamination of eggshell compared to non-penetrated eggshell and uninfected whole eggs, respectively. The effect of the age of hens on the penetration of bacteria into the eggshell and the contamination of the egg contents was not significant [2].

Eggs from two different production systems, i.e., free-range and caged chicken systems, were also analyzed. Twenty-one and twenty-two types of microorganisms were identified on the surface of eggs from caged and free-range chickens, respectively. In both cases, Firmicutes was the dominant phylum (representing about 50% of the total number of phyla), and families such as Clostridiaceae, Ruminococcaceae and Lachnospiraceae were frequently found in the intestinal microbiota of chickens. In addition, this work also identified other types and families of microorganisms not previously described during the eggshell study [8].

In 1998, microbiologist William Wightman suggested that the earth's surface is home to more than five trillion individual bacteria. Most of these bacteria are



environmental or normal flora that do not cause disease in humans and animals. However, in the bacterial evaluation of the species, their number reached 1030 worldwide (Schloss, Handselman), it is important, especially from the point of view of medicine and public health, to differentiate and identify those species that are pathogenic. Differentiating pathogenic from non-pathogenic bacteria is particularly important in the food industry, as some level of bacteria in food is normal and many routes of contamination are unpredictable. However, food contamination by pathogenic bacteria such as *E. coli* or *Salmonella* can cause serious foodborne illness in humans. The importance of bacterial strain detection in the egg industry is most evident during outbreaks of foodborne illness in humans, particularly when associated with bacterial contamination of chicken eggs with pathogens such as *Salmonella* and others. In fact, the consumption of eggs and egg products has often been linked to outbreaks of human food poisoning due to their contamination with pathogenic bacteria [9]. Shell eggs can be contaminated with many types of microorganisms [7], including pathogens, and thus pose a risk of foodborne illness transmission to consumers [5].

The best-known bacterial contaminant of chicken eggs is *Salmonella*. These are rod-shaped gram-negative bacteria of the Enterobacteriaceae family. In addition, *S. enterica* is a ubiquitous species worldwide both in the environment and among warm-blooded animals, whereas *S. bongori* is common in cold-blooded animals. Any type of these microorganisms can cause serious food-borne illness in humans due to contamination of edible chicken eggs. Although *Salmonella* often exists as normal flora in chickens, it can be a pathogenic species in humans. Although other bacterial pathogens can infect chicken eggs, *Salmonella* is responsible for the majority of documented cases of human illness.

In addition, bacteria from chicken eggs, which are usually not pathogenic for humans, were isolated. These include *Aeromonas hydrophilia* (commonly found in water, thought to contaminate eggs during washing), *Bacillus cereus* (commonly found in soil, potential probiotic for poultry), *Campylobacter* (commonly isolated as normal flora in the reproductive tract of animals), *Listeria monocytogenes* (a common foodborne pathogen found in soil) and *Staphylococcus aureus* (natural flora of many animals, often opportunistic pathogens). Although these bacteria have been reported as frequent contaminants of chicken eggs, the diversity of contaminating microorganisms has not been sufficiently investigated, especially considering the different methods of their production [8].

The predominant routes of contamination of edible eggs by microflora can be classified as vertical and horizontal. Vertical contamination – infection of the egg occurs during its formation in the oviduct of chickens. This happens when laying hens are carriers of pathogens and transmit them through eggs. While horizontal contamination, which is more common, refers to contamination of the surface of the eggshell after the eggs are laid. It occurs when the eggshell comes into contact with a contaminated surface. In fact, droppings, water, cages and nesting materials, insects, staff hands, broken eggs, dust on egg bands, blood, and soil are the most common sources of eggshell contamination [1,2,4]. Changes that occur during the packaging and storage of eggs can also contribute to the contamination of eggs by affecting their



defense system. These changes can cause protein liquefaction and destruction of the yolk membrane and chalazae. Despite all the efforts made throughout the egg production process, from farm to table, the risk of contamination of consumers with pathogenic or opportunistic microorganisms is extremely common.

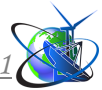
Hygiene and sanitation play an important role in controlling poultry diseases in poultry houses. One of the important requirements to promote hygiene and sanitation is that all birds in the same facility must belong to the same age group, along with limiting each establishment to one type of housing or type of bird. Premises and buildings for poultry production must meet the requirements for isolation from the environment and strict adherence to the principles of hygiene and disease prevention (for example, restrictions on the movement of personnel, equipment and vehicles). The poultry house must be properly prepared for the arrival of each new batch (disposal of poultry, litter and manure; fight against disease vectors and rodents; dry and wet cleaning; disinfection; fumigation). Attention should be paid to terminal sanitation of buildings and equipment after depopulation (physical and chemical cleaning, pressure washing, disinfection, fumigation). Special care should be taken before carrying out sanitary procedures after an outbreak of an infectious or invasive poultry disease. Immediate disposal of dead and sick birds is an important and effective means of preventing the spread of any infectious or invasive disease. Disposal methods include the use of landfills, tanks, burial in trenches, incineration and composting of waste. Regular visual inspection of livestock and poultry together with routine microbiological monitoring testing is very effective in checking the effectiveness of cleaning and disinfection. Special care should be taken before carrying out sanitary procedures after an outbreak of the disease in poultry farms [3,5].

Thus, the production of edible chicken eggs depends on many factors, which often have a certain uncertainty and unpredictability, which requires the development of reliable control and the introduction of a system for the prevention of poultry diseases and the safety of edible eggs at all stages of their production.

One of the effective means of prevention of infectious and invasive poultry diseases is the use of new drugs developed on the basis of nanotechnology, which require research into the effectiveness and safety of both productive poultry and edible chicken eggs.

References

1. Bal-Pryrypko L.V., Kryzhova Y.P. Technology of canned meat production: a textbook. Kyiv: OSNOVA Publishing House, 2015. 998 c.
2. Jeremiah, L.E. (1982): A review of factors influencing consumption, selection and acceptability of meat purchases. *Journal of Consumer studies and Home Economics* 6, 137–154.
3. Bogatko N.M., Bukalova N.V., Sakhniuk V.V. Peculiarities of implementing the HACCP system at meat, milk, and fish processing enterprises of Ukraine: a study guide. Bilotserkivdruk LLC. Bila Tserkva, 2016. 283 p.
4. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. Control and Identification of Food Products Under EC



Regulations and Standards. International Journal of Agricultural Extension.- Special Issue (02) 2021. p.83-91.

5. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety // Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects» (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016

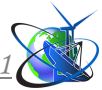
6. Hitska O.A. Risk-based food safety system: analysis of international and national legislation. Collection of scientific works of the Kharkiv State Veterinary Academy Problems of zooengineering and veterinary medicine. Veterinary sciences. Kharkiv. Vol. 35. Part 2, Volume 3. 2018. P. 102–106.

7. Berezivskyi P. S. Organization, forecasting and planning of the agricultural industry: training. manual. L.: Magnolia Plus, Publisher SPD FO V.M. Stove 2006. 443 p.

8. Berezivskyi P. S. Organization, forecasting and planning of the agricultural industry: training. manual. L.: Magnolia Plus, Publisher SPD FO V.M. Stove 2006. 443 p.

Анотація. Для ефективного вирощування птиці її утримання має бути облаштовано таким чином, щоб не заважало птиці повністю реалізувати свій генетичний потенціал. На даному етапі розвитку птахівництва в Україні для утримання курей використовують два способи – в кліткових батареях та підлогове утримання, але на даний період найрозвиненішим для вирощування, утримання та виробництва харчових курячих яєць є кліткове утримання. В результаті проведених досліджень зроблено порівняльну оцінку між двох-трьохярусним утриманням курей у кліткових батареях конструкції ВАТ “Ніжинсільмаш” та ТОВ “ВО Техна”, яке дозволяє стверджувати, що як один, так і інший спосіб утримання птиці в кліткових батареях дозволяють безперешкодно контролювати процеси напування, годівлі, регуляції мікроклімату, видалення посліду та збору яєць. Автор зробила висновок, що утримання курей в двох-трьохярусних кліткових батареях має позитивний ефект та не створює негативного впливу на навколишнє середовище і на самих курей-несучок. За кордоном утримання промислових стад курей відбувається в 2-3 ярусних батареях на сітчастій або планчастій підлозі, що за законами тих країн відповідає всім вимогам щодо утримання птиці. Обладнання для утримання птиці має відповідати наступним технологічним процесам, таким як: зберігання сухого корму, подача та роздавання корму, підготовка води, подача води, видалення посліду з місця утримання птиці та виведення його за територію пташника, збір яєць від курей-несучок та батьківського поголів'я. Кури повинні утримуватися та вирощуватися у пташниках з регульованим мікрокліматом. Відповідно до даних, альтернативою до звичайних кліткових батарей мають бути “удосконалені” кліткові батареї, які обладнані гніздом, сідалом та підстилковим матеріалом, і надають кожній курці 600 см² відповідної площі. перспективними і актуальними напрямками у промисловому птахівництві будуть запроваджуватися технології, які мінімізують використання препаратів хімічного синтезу (антибіотиків, стимуляторів продуктивності) під час вирощування птиці та виробництва харчових продуктів і одночасно будуть максимально наближатися до природних умов, де тварини можуть повноцінно реалізувати свій генетичний потенціал.

Ключові слова: птиця, кліткове утримання, антибіотики, генетичний потенціал, хімічний синтез, вирощування



УДК 614.9:579. 62:613, 287:613,287.5

THE CURRENT STATE OF FORENSIC COMMODITY AND FORENSIC VETERINARY EXAMINATION OF FOOD PRODUCTS
СУЧАСНИЙ СТАН СУДОВО-ТОВАРОЗНАВЧОЇ ТА СУДОВО-ВЕТЕРИНАРНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Bukalova N. V. / Букалова Н. В.*PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor / Кандидат ветеринарних наук, доцент*

ORCID: 0000-0003-4856-3040

*Bila Tserkva National Agrarian University**09117, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Ukraine**Білоцерківський національний аграрний університет**09117, Соборна пл., 8/1, м. Біла Церква, Україна***Prylipko T.M. / Приліпко Т. М.,***d.a.s., prof. / д.с.н.. проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

*Higher education institution Podolsk State University, Kamianets-Podilskyi, Shevchenko,13,32300**Заклад вищої освіти Подільський державний університет***Bogatko N. M. / Богатко Н. М.***Doctor of Veterinary Sciences, Professor / Доктор ветеринарних наук, професор*

ORCID: 0000-0002-1566-1026

*Bila Tserkva National Agrarian University**09117, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Ukraine**Білоцерківський національний аграрний університет**09117, Соборна пл., 8/1, м. Біла Церква, Україна***Rusnak L.V. / Руснак Л. В.***PhD in Law/ доктор філософії в галузі 08**Право зі спеціальності 081 Право*

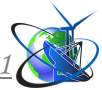
ORCID:0000-0002-5165-1079

*Separate structural unit "Kamyants-Podilskyi Vocational College of the Institution of Higher Education "Podilskyi State University"**Відокремлений структурний підрозділ "Кам'янець-Подільський фаховий коледж Закладу вищої освіти "Подільський державний університет"***Bogatko A. F. / Богатко А. Ф.***Assistant / асистент*

ORCID: 0000-0001-8089-5884

*Bila Tserkva National Agrarian University**09117, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Ukraine**Білоцерківський національний аграрний університет**09117, Соборна пл., 8/1, м. Біла Церква, Україна*

Abstract. The article highlights aspects of the current state of forensic and veterinary examination of food products. Forensic commodity expertise is a study by an expert commodity expert or veterinary medicine specialist of any issues, the solution of which requires the application of special knowledge in this field. During the forensic veterinary examination, the consumer properties of goods are evaluated according to organoleptic, physico-chemical and other quality indicators, safety indicators (microbiological, toxicological, mycological, radiological), as well as their quantitative characteristics, which is carried out by experts by conducting tests (measurements) , studying the information on the marking and researching the corresponding product accompanying documents.



The active development of trade in food products, their presence in foreign economic transactions, in certain cases necessitate the appointment of forensic examinations. The subject of forensic examination of food products is factual data in the case, which are established by a forensic expert on the basis of special knowledge, as a result of their research, their relations (connections) of products with the phenomena of the surrounding reality (various influences) and functionally related processes (packaging, transportation, storage), carried out within the limits of current legal norms, with the aim of obtaining an evidentiary base for investigation and court. The subject of examination of food products makes it possible to correctly define the range of tasks and choose an expert or experts.

Keywords: *food products, forensic commodity examination, evidence base, expert, legal norms, commodity accompanying documents.*

The active development of trade in food products, their presence in foreign economic operations, in certain cases necessitate the appointment of forensic examinations. With the development of market relations, the range of food products on the territory of Ukraine has significantly expanded and is constantly updated, in connection with which categories of cases regarding offenses and crimes in the economic sphere are being formed in judicial and investigative practice, including violations of customs rules, falsification of raw materials and finished products, etc. . An analysis of the expert practice of conducting forensic commodity examinations of food products in scientific research institutes of forensic examinations of the Ministry of Justice of Ukraine over the past five years shows that they constitute the majority of all commodity examinations assigned in criminal cases. Questions decided by experts primarily concern the determination of the value of the investigated objects [2, 3].

The object of commodity-veterinary examination is units of food products, as well as any material objects containing information about the commodity origin of the object of research: accompanying documentation, technical descriptions and recommendations for the use, storage and movement of products. In matters of investigating cases of economic disputes between business entities and, in particular, regarding food products of animal origin, judicial and investigative bodies often appoint a forensic veterinary examination. However, the specifics of such an examination for formulating a conclusion at the request of law enforcement agencies in veterinary medicine are currently not sufficiently developed and tested.

The following circumstances are determined during the forensic commodity-veterinary examination: deliberate change of data recorded in the accompanying documentation, containing information about the quality and quantity of the produced goods; distortion of methods of marking goods and product label data; intentional change in the volume of products spoiled as a result of non-compliance with the conditions of transportation or storage; violation of the product sorting procedure, product acceptance, testing or rejection rules. In addition to violations committed during the production of goods and product quality assessment, the commodity-veterinary examination establishes the presence of substances harmful to human health or the environment in the examined objects. In addition, the criteria for product evaluation are also its product characteristics, technical or technological condition, consumer value and purchase attractiveness. A large number of commodity expert examinations are carried out in the process of consideration of cases brought under



civil lawsuits related to the division of property, compensation for damages for spoilage or damage to property, sale of low-quality goods, etc. [4].

In accordance with the List of types of examinations performed at the Research Institute of Forensic Examinations and the List of Expert Specialties for which Forensic Examinations are conducted, commodity examination includes, in particular, the examination of food products. In addition, according to the "Scientific and Methodological Recommendations on the Preparation and Appointment of Forensic Examinations and Expert Studies", the study of food products is also carried out in the procedures of forensic examinations of substances and products (food products and food raw materials). Therefore, the objects of forensic commodity-veterinary and forensic examination include food products for public consumption [2]. The subject of the forensic examination of food products is the factual data in the case, which are established by the forensic expert on the basis of special knowledge, as a result of their research, their relations (connections) of products with the phenomena of the surrounding reality (various influences) and functionally related to them processes (packaging, transportation, storage), carried out within the limits of current legal norms, with the aim of obtaining an evidence base for investigation and court. The subject of examination of food products makes it possible to correctly define the range of tasks and choose an expert or experts.

The objects provided to the expert for research are, in particular, food products imported into Ukraine, namely, their characteristics both at the stage of passage and after the customs control procedure, which are seized for typical offenses: violation of customs rules in the part of false declaration, related to providing the customs authority with information on the name, number, codes of UKTZED; delivery to the territory of Ukraine of both low-quality products and those with signs of falsification; embezzlement; partial or complete loss of marketability, in insurance cases, accidents, fires, etc. [1]. This forms the main tasks [6] of the forensic-commodity examination of food products, which consist in solving questions by an expert regarding the value of commercial products; their belonging to the classification categories adopted in the production and trade sphere; characteristics of research objects, in accordance with the requirements of UKTZED; changes in product quality indicators; compliance with the current rules regarding packaging and transportation, conditions and shelf life of food products, establishment of the method of production of products: industrial or home-made, the name of the manufacturer and the country of manufacture.

An essential part of orders for conducting forensic commodity and forensic veterinary examination of food products for public consumption are the following most common questions that are asked for its solution: what is the value of the research object both on the territory of Ukraine and abroad? What is the name and purpose of the products? does the labeling correspond to the actual characteristics of the product? Does the quality of food products meet the requirements of standards, technical conditions according to organoleptic indicators? Is the product safe, does it pose a threat to human health and life?

Taking into account the essential role of the object of forensic commodity and forensic veterinary examination, the study of which depends on the objective and

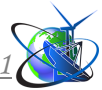


subjective assessment of the expert, it is advisable to substantiate the classification of food products and determine the main conceptual provisions of such examinations, which will ensure their motivation [8]. Products and documents containing information about them (test report, certificate of conformity, order of the state veterinary and phytosanitary control bodies that determine the industry) can be the objects of research for conducting forensic and veterinary forensic examination of food products sales of products).

There is a huge range of issues [8, 9] that can be resolved by a commodity expert, both by examining the object itself and the provided documents with information about the product, for example: establishing the compliance of packaging, labeling, transportation and storage conditions with the requirements regulatory document; determination of the possible impact of various factors that reduce the quality of the product; establishment of a decrease in the level of product quality (its cost); the presence of signs of deterioration; establishing compliance of product quality with basic data (requirements of scientific and technical documentation, contract, certificate); establishing the term and conditions of storage; determining the value of food products, etc.

Issues can also be resolved comprehensively, with the involvement of forensic experts from other specialties (biologists, chemists, veterinary specialists, technologists), experts from certified and accredited testing centers and state laboratories. For conducting forensic and veterinary examination of food products, the "Methodical recommendations on the appointment and conduct of forensic examinations of food products for the purpose of determining their value" and "Methodical recommendations on the assessment of confiscated and other property that becomes state property" are used ". However, these two methods contain only general approaches to conducting examinations, therefore, in expert practice, the "Methodical recommendations for the study of certain groups of food products" developed by specialists of the Chamber of Commerce and Industry of Ukraine are sometimes used. Their number is limited, and some of them do not meet modern regulatory requirements at all [2, 10, 13].

To assign products to a certain food group or subgroup, experts are guided by the generally accepted classification, according to which all food products are divided according to the origin of the main raw materials into the following three subclasses: plant origin (cereal and flour products; vegetables, fruits, mushrooms, products of their processing; starch, honey, sugar; confectionery); of animal origin (milk and milk products; meat and meat products; eggs, their processing products; products from fish and non-fish objects of aquaculture); of mixed origin: (edible fats; flavor products – group formed by purpose; food concentrates; baby food products – group formed by purpose). Food products are divided into groups by raw materials and manufacturing technology, purpose and type. When identifying food products, the main terms and definitions are followed, because their status is fixed by the legislation of Ukraine: food product, food products for special dietary consumption, functional food product, food and dietary supplements, unprocessed food product of animal origin, plant products - food products of plant origin [8]. These products in market conditions stand out among similar ones based on generally recognized



consumer properties.

The development of food imports involves the main terms defined by EU food legislation. In Regulation (EC) No. 178/2002 of the European Parliament and the Council of 28.01.2002, any processed, partially processed or unprocessed substances or products that intended for consumption. The term "foodstuff" does not include: fodder; live animals, except when their products are ready for human consumption; plants (before harvesting); medicines - according to Directives 65/65/EEC and 92/73/EEC of the Council of the EU; waste and polluting impurities.

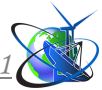
Thus, food products include products in natural or processed form that are consumed by humans (including baby and diet food products), bottled drinking water, alcoholic and non-alcoholic products, beverages, tobacco products, chewing gum, food raw materials, food supplements and dietary supplements.

Forensic examination of food products is carried out [1, 4], usually on the basis of documents provided to experts, which contain information about the state and movement of the object of research for a certain period of time, which is of interest to the investigation (court). These are acceptance and delivery documents, product accompanying documents, quality assurance certificates, examination certificates, laboratory test certificates, food product write-off certificates, logs of received cargo, product inspection certificates, storage passport, product passport, storekeeper's book, schedule temperature and relative humidity (RH) in commercial premises and warehouses, etc. The expert may be provided with the conclusions of experts from another field, inspection protocol, document seizure protocol, interrogation protocol, explanatory note, and photographs.

The objects of forensic commodity and forensic veterinary examinations of food products are food products, packaging (container), materials (documents) of criminal, administrative, economic, and civil cases containing information on consumer characteristics, circumstances, regarding operations related to product, conditions of packaging, transportation, reception, storage.

Commodity examination is carried out both at the initiative of the buyer and at the request of the manufacturer or seller who wants to make sure of the appropriate quality of the products. Similar studies are prescribed in the process of investigating criminal cases and court proceedings related to embezzlement, counterfeiting of goods and other crimes. A significant part of such offenses is carried out by hidden methods, which can be detected only by special study of the properties of the food product. The main documents that experts use when determining the quality of food products are the act of laboratory research, which provides for the selection and feasibility of using certain test methods, namely: the method of documentary verification: a method of researching the correctness of the composition to determine their suitability for testing; comparative method (comparison method) – based on comparing the properties of the objects under study to establish their similarity or difference; method of regulatory verification - a method of researching the properties of the object (product, labeling, packaging, transportation, storage, acceptance conditions, tests) set out in the documents to establish their compliance with the regulated norms.

The study [9] of technical, microbiological, chemical indicators characterizing



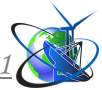
the stability of the technological process and the formation of consumer properties of the food product makes it possible to substantiate the conclusions of identification (identification), for example, the type of raw material, semi-finished product, manufacturing method, the probability or possibility of attributing the product to the original.

The nomenclature of indicators of the quality of food products is defined in ND. In order to identify the quality of a food product, it is important to establish the limit indicators of the content of components, indicators of their safety, signs of the manufacturing or processing method, the presence of imperfection in the existing technology, spoilage, improper storage, etc. The identification of the quality of the food product ensures the establishment of its actual state, based on the comparison of the quality indicators of the evaluated product with the corresponding base value. In some cases, product quality may improve over time (for example, during ripening of cheeses, aging of cognac, etc.), but in most cases, there is a negative change in product quality, resulting in losses. Depending on the type of changes in the commodity and consumer characteristics of food products that occur during their storage, transportation and sale, losses are divided into qualitative and quantitative.

So, the tasks facing the forensic commodity science and forensic veterinary examinations of food products can be characterized as follows: establishing the commercial property of the object under investigation (that is, determining their place in the existing classification system); analyzing the quality indicators of the object under investigation to establish his condition; establishing the compliance of the commercial and consumer properties of food products with the requirements of the ND, contract, accompanying document, labeling, etc.; determination of the degree of reduction in the quality of the object under study, taking into account its condition; determining compliance of the conditions (method, means) of packaging and storage of food products with the requirements of the regulatory document; establishment of spoilage, loss of food products in specific conditions of storage or transportation; calculation of natural loss (shrinkage) of food products; solving the issue of the possibility of selling, processing or disposing of low-quality food products; determination of the cost of the researched product in the required period of time.

Undoubtedly, sausage products and smoked products occupy a large specific share in the population's diet, and their production is one of the most important in the meat industry. The conditions of the market economy require obtaining a finished product of high quality, which will ensure the competitiveness of products on the world market with the lowest costs and the greatest economic effect.

In matters of investigating disputes between business entities regarding products of animal origin, judicial investigative bodies often appoint a forensic veterinary examination. However, the issues of food product examination in veterinary medicine are not sufficiently developed and tested due to the fact that forensic veterinary examination is the least well-grounded and the least methodologically supported area of applied veterinary medicine. This is due to the fact that until now forensic veterinary examination, as a section of expertology in general, has not been developed. The study of biological material of animal origin and animal husbandry products is carried out without a systematic methodical foundation and the



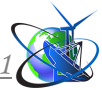
corresponding legal framework, which not only complicates the work of a specialist, but can also become the basis for drawing an expert opinion [11, 12].

Based on the objectives of the commodity-veterinary examination and the subject of analysis determined by it, the forensic expert is provided with a list of tasks to be solved by the expert. It:

1. Identification of the object of commodity examination, i.e. determination of the ownership of specific samples of products or a certain number of commodity units of the same type (brand, model, grade or species).
2. Determining the conformity of product quality with prescriptions of normative documents (DSTU, GOST, etc.), quality certificates or reference samples.
3. Determination of changes in product quality that occurred as a result of spoilage, the presence of defects and their reflection on product quality.
4. Establishing the conformity of the characteristics specified in the information about the products, recorded on the packaging of the product (label, label, the product itself). The list of product characteristics includes product composition, used raw materials and other materials, etc.
5. Determination of the correctness of the calculation of the natural loss of production.
6. Determination of conformity of the methods and means of product packaging with the prescriptions of regulatory documentation.
7. Establishing compliance with the methods, terms and conditions of goods transportation with the prescriptions of normative documents.
8. Determination of conformity of the terms of operation of the goods with the information specified in the accompanying documents. Analysis of changes in product quality as a result of the influence of certain factors.
9. Determination of the market value of products, as well as changes in value as a result of a violation of its actual condition.
10. Determination of violations committed during the preparation of accompanying documentation, which led to non-compliance with consumer rights.
11. Establishing the facts of violation of the economic activity of the organization, which led to the production and sale of goods of inadequate quality [5].

A forensic expert who conducts commodity and veterinary examination answers a fairly wide range of questions related to various characteristics of the investigated object, its scope of application, the condition of the product, preservation factors or circumstances that caused a decrease in its quality. When asking questions, the competence of an expert in the field of commodity-veterinary examination is taken into account. Yes, there is a certain list of questions to which, in particular, a trade expert has no right to answer. For example, a specialist cannot determine whether two parts belong to the same product. To establish such facts, it is necessary to carry out other types of examinations involving material science or traceological analysis [12].

The main questions for the conduct of a commodity-veterinary examination are as follows: Does the quality of the product correspond to the information indicated on the package or in the accompanying documentation? Does the actual amount of the product match the data on the package? What are the actual characteristics of the product? Do the actual characteristics match the markings on the label or packaging?



What are the differences between the established characteristics of the product and the indicators contained on the package or in the accompanying documentation? Does the quality of the studied product meet the prescriptions of the standards developed for this group of goods? What are the deviations of product quality from these standards? Is the realization of the researched products permissible? Is it possible to recycle or dispose of it? Does the packaging meet the requirements of the relevant quality standards? Could the storage conditions affect the change in the quality of the studied product? What rules of product acceptance could have been violated? Does the tested food product have defects? What are the causes of defects? Are the defects of production origin? [13].

Thus, conducting a commodity-veterinary examination allows you to establish the compliance of the product with the classification categories, to determine the causes of defects, defects that affected changes in the quality and safety indicators of the purchased product. The conclusions of an independent expert will be a documentary confirmation of non-compliance of products with regulatory acts and requirements for the protection of consumer rights.

The results of an independent commodity-veterinary examination can be presented as evidence during court proceedings or directly, in the process of communication with representatives of the trade organization in which the purchase was made.

References

1. Law of Ukraine "On the Safety and Quality of Food Products" dated 12.23.1997 No. 771/97-VR.
2. Methodological recommendations on the appointment and conduct of forensic commodity examinations of food products in order to determine their value ; Kharkiv Research Institute of Forensic Expertise named after Prof. M. S. Bokarius (KNDISE). Kharkiv, 2005. 108 p.
3. MR 4.4.4-108–2004 Periodicity of control of food raw materials and food products according to safety indicators, approved by the Ministry of Health of Ukraine on July 2, 2004 No. 329.
4. Order of the Ministry of Justice of Ukraine "On approval of the Regulation on expert qualification commissions and certification of court experts" dated August 9, 2005 No. 86/5.
5. Fundamentals of forensic examination: a study guide for specialists who intend to obtain or confirm the qualification of a forensic expert / L. M. Golovchenko et al. Kharkiv: Pravo, 2016. 928 p. ISBN 978-966-458-991-5
6. Organizational and procedural foundations of forensic veterinary examination in Ukraine / I. V. Yatsenko et al. Kharkiv, 2009. 108 p.
7. Practice of forensic veterinary examination: Bibliography / I. V. Yatsenko et al. Kharkiv: Styl-Izdat, 2021. 56 p.
8. The procedure for selecting samples of products of animal, plant and biotechnological origin for conducting research, approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated June 14, 2002 p. No. 833.



9. On the establishment of general principles and prescriptions of food legislation, on the establishment of the European Food Safety Authority and on the establishment of procedures for the safety of food products. Regulation No. 178/2002 of the European Parliament and the Council of January 28, 2002.

10. On forensic examination: Law of Ukraine dated February 25, 1994 No. 4038-XII. Date of update: 17.10.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12>. (date of application: 01.11.2019).

11. Tertyshnyk V. M., Varava V. V., Sachko O. V. Forensic expertise: a textbook / by general ed. V. M. Tertyshnyk. Kharkiv: Pravo, 2021. 280 p. ISBN 978-966-998-229-2

12. Yunatskyi O.V. Evaluation of an expert's opinion as evidence in court. Theory and practice of forensic activity: materials of the VIII Interdepartmental Conference (November 27, 2019), Kyiv. 2019. P. 477–481.

13. Electronic resource: <http://ptichki.net/novosti/4005-obzor-mjasnogo-i-kolbasnogo-rynka-ukrainy>.

Анотація. У статті висвітлені аспекти сучасного стану судово-товарознавчої та судово-ветеринарної експертизи харчових продуктів. Судова товарознавча експертиза – це дослідження експертом товарознавцем чи фахівцем ветеринарної медицини будь-яких питань, вирішення яких вимагає застосування спеціальних знань у цій галузі. Під час проведення судової товарознавчо-ветеринарної експертизи оцінюються споживчі властивості товарів за органолептичними, фізико-хімічними та іншими якісними показниками, показниками безпеки (мікробіологічними, токсикологічними, мікологічними, радіологічними), а також їх кількісними характеристиками, що здійснюється експертами шляхом проведення випробувань (вимірювань), вивчення інформації за маркуванням і дослідження відповідних товарно-супровідних документів.

Активний розвиток торгівлі харчовими продуктами, їх наявність у зовнішньоекономічних операціях, у певних випадках зумовлюють необхідність призначення судових експертиз. Предметом судово-товарознавчої експертизи продовольчих товарів є фактичні дані у справі, які встановлюються судовим експертом на підставі спеціальних знань, у результаті їх дослідження, їх відносин (зв'язків) продукції з явищами навколишньої дійсності (різними впливами) і функціонально пов'язаних з ними процесів (упаковкою, транспортуванням, зберіганням), проведеного в межах чинних правових норм, з метою отримання доказової бази для слідства та суду. Предмет експертизи продовольчих товарів дає змогу правильно визначити коло завдань та обрати експерта або експертів.

Ключові слова: харчові продукти, судово-товарознавча експертиза, доказова база, експерт, правові норми, товарно-супровідні документи.



УДК 614.9:579. 62:613

**FUNCTIONS OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE ANIMAL BODY
ФУНКЦІЇ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ В ОРГАНІЗМІ ТВАРИН****Рыліпко Т.М. / Приліпко Т.М.,***d.a.s., prof. / д.с.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

Koval T.V., / Коваль Т.В.*s.a.s., as.prof. / к.с.н., доц.*

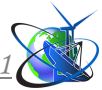
ORCID: 0000-0002-7132-5887

*Higher education institution « Podolsk State University», Kamianets-Podilskyi,
Shevchenko, 13, 32300 Зклад вищої освіти «Подільський державний університет»*

Abstract. Free radicals are dangerous because they can easily interact with other biomolecules, including nucleic acids, proteins and free amino acids, lipids and carbohydrates. Such interactions can lead to disruption of cell membrane function, metabolic processes, and genetic expression. In situations where the defense forces do not cope, as a result of increased oxygen concentration or a decrease in antioxidant defense mechanisms, a state of oxidative stress occurs. This can lead to either immediate cell death or more subtle and chronic damage, such as the development of malignant neoplasms. There is now increasing evidence that the tissue damage that accompanies the aging process is caused by the formation of free radicals. Based on the available evidence, it has been suggested that life expectancy can be increased by five years or more through dietary modifications. To protect the body from RFK, animals and humans have developed a very powerful and complex antioxidant defense system. It includes various components of endogenous and exogenous origin.

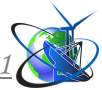
Key words: animals, free radicals, oxygen concentration, antioxidant defense mechanisms, aging process, nutritional modification.

The topic of antioxidant enzymes occupies a central place in cell biology and medicine. The study of antioxidant enzymes is of great importance not only for the interpretation of cellular defense, but also for understanding the mechanisms leading to the action of drugs [1,4]. As a result of increased oxidation reactions, a mass of reactive forms of oxygen — free radicals and peroxides — is formed. They also occur with direct damage to cell membranes and walls. Activation of free radical oxidation and lipid peroxidation is a mandatory component of the cellular response to stress factors. This is the general link of the mechanism of stress induction, in which the effects of various stressogenic factors converge [4]. During the vital activity of the organism, free radicals are constantly formed in the cell - metabolically active compounds that disrupt the metabolism. Free radical oxidation (FRO) plays an important role for the body: on the one hand, it is necessary for the renewal of cell membranes and the synthesis of a number of biologically active substances, and on the other hand, FRO is a universal mechanism of damage to biomembranes in various pathological conditions [7]. Stress is an integral part of our lives [5]. It can lead to both adaptation and its disruption, the development of various diseases [1,6,8]. Growth and development, changes in the physiological state, physical exertion, adaptation, and stress are accompanied by changes in the intensity of free radical oxidation processes in the body [1,4, 8]. Within the physiological norm, BPO is maintained due to the coordinated action of the enzymes of the antioxidant system.



Free radicals are electrically charged molecules that have an unpaired electron in their molecular structure. Such an unpaired electron causes molecules to seek and capture electrons from other substances in order to self-neutralize. The initial attack by free radicals causes the body to neutralize them, which in the process leads to the formation of another free radical. Thus, a continuous chain reaction is formed, during which thousands of free radical reactions can occur within a few seconds, regardless of the deactivation of a part of the radicals [2]. Free radicals are dangerous because they can easily interact with other biomolecules, including nucleic acids, proteins and free amino acids, lipids and carbohydrates. Such interactions can lead to disruption of cell membrane function, metabolic processes, and genetic expression. In situations where the defense forces fail, as a result of increased oxygen concentration or a decrease in antioxidant defense mechanisms, a state of oxidative stress occurs. This can lead to either immediate cell death or more subtle and chronic damage, such as the development of malignancies [1,4].

There is now increasing evidence that tissue damage accompanying the aging process is caused by the formation of free radicals [1,2]. Based on the available evidence, it has been suggested that life expectancy can be increased by five years or more through dietary modifications. For example, in the field of human cancer research, interventions aimed at blocking the formation of free radicals or intercepting them before they interact with biomolecules may be attractive and effective proposals for protection against malignancy [1,9]. In the body of animals and humans, molecular oxygen is the main source of oxidation. The electron configuration of an oxygen molecule in its ground state has two unpaired electrons in its outer shell. Despite the fact that the reactions between oxygen, which is in the ground state ($3O_2$), and biological molecules are thermodynamically favorable, they occur slowly due to the high value of the activation energy. One of the ways to activate triplet oxygen is its transfer from the basic ($3O_2$) to the excited singlet state ($1O_2$). Singlet oxygen is not a radical, an electrophile, an extremely reactive and short-lived particle [1,4]. Reactive forms of oxygen (ROS) formed as a result of the restoration of its triplet state include: superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$), its conjugate acid (HO_2^{\bullet}) (perhydroxyl radical), hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroxyl radical OH^{\bullet} , hypochlorite acid $HOSl$ and peroxyxynitrite $ONOO^-$. The strongest electrophiles and the most reactive forms of oxygen are $1O_2$ and OH^{\bullet} [131]. RFK occur in different ways [7]: - under the action of ionizing, ultra-high-frequency UV radiation, powerful electromagnetic fields, thermal energy, and other physical factors; - in the processes of normal vital activity of the body, for example, during peroxidation of lipids; - as a result of activation of macrophages in inflammatory processes of an infectious or non-infectious nature; - in a state of acute and chronic stress; - in reactions of transition metals with hydroperoxides [1,2,7]. As a rule, the uniform reduction of oxygen during cellular respiration is limited by cytochrome oxidase in the mitochondrial electron transport chain. This chain reduces O_2 to a water molecule without releasing superoxide or hydrogen peroxide. However, superoxide is invariably produced in respiratory cells. This is due to the lack of one electron in a specific section of the mitochondrial electron transport chain. When the electron transport chain is strongly shortened and the respiration rate depends on the presence



of ADP, the amount of electron release at the ubisemiquinone and ubiquinone sites increases, leading to the production of superoxide and hydrogen peroxide [1]. Cytochrome P450, P450-reductases and cytochrome b5-reductases affect the formation of hydrogen peroxide during the catabolic cycle of xanthine oxidase in the endoplasmic reticulum [1,5]. The presence of a trace amount of hydrogen peroxide and Fe²⁺ is necessary for the formation of the hydroxyl radical (^oOH). An exception is anomalous exposure to ionizing radiation [1,5,7]. Therefore, the aerobic type of cellular respiration always threatens the formation of ROS, as oxygen (O₂) is a highly reactive atom capable of becoming part of potentially harmful molecules called free radicals or reactive forms of oxygen. About 5% or more of inhaled O₂ is converted to ROS, such as superoxide, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals by monovalent oxidation of O₂ [159]. To protect the body from RFK, animals and humans have developed a very powerful and complex antioxidant defense system. It includes various components of endogenous and exogenous origin [161]. It is known that significant changes in the physiological functions of birds occur after their hatching during the period of adaptation to new conditions of existence in an oxygen environment. An important role in maintaining the homeostasis of the bird's body belongs to the system of antioxidant protection. It ensures the inactivation of lipid peroxide oxidation products and prevents their accumulation in tissues [9, 12]. So, for example, it has been proven that in the tissues of geese with a high level of oxygen consumption - the brain and myocardium - from the middle of the embryonic period, a genetically programmed increase in the power of their antioxidant defense system occurs [1,6]. The antioxidant system (AOS) is a powerful protective mechanism that prevents the development of avalanche-like free radical and peroxide reactions in the body. This system of body cells works due to the presence of compounds - antioxidants, which contain a mobile hydrogen atom that is not very strongly connected to carbon (C-H) or sulfur (C-H). As a result of the reactions of antioxidant molecules and free radicals, antioxidant radicals are formed, which are not powerful oxidizers and cannot continue the course of free-radical oxidation reactions. In this way, chains of free-radical reactions are broken. Radicals of antioxidant molecules are removed in the form of end products, which are the result of interaction with molecules of other antioxidants [6]. Antioxidants can neutralize free radicals even before their destructive effect is realized. Thus, the main task of the antioxidant system is to reduce the number of free radicals to the minimum possible level. All components of the body's antioxidant system are conditionally divided into several groups: 1. Enzymatic link of the antioxidant system; 2. Macromolecular non-enzymatic compounds (metal-binding proteins); 3. Low-molecular non-enzymatic compounds (fat-soluble and water-soluble antioxidants) [6,8]. The enzymatic link of the AOZ system includes: superoxide dismutase (SOD), catalase (KAT), glutathione peroxidase (GLP), cysteine and many others. The key enzyme of antiradical protection is superoxide dismutase. It dismutates superoxide radical to less toxic hydrogen peroxide. Superoxide dismutase represents the first line of defense of the body against the action of 39 RFK [1,81]. There are several isoforms of this enzyme. Depending on the trace element included in the active center, Fe-, Cu-, Zn- and Mn-dependent superoxide dismutase are isolated. According to localization in body



tissues, Fe-dependent superoxide dismutase is mainly found in erythrocytes, Zn, Cu-dependent in cytoplasm, and Mn-dependent in mitochondria [61]. All types are present in plants, animals and humans. Prokaryotic Mn-SOD, Fe-SOD, and eukaryotic Cu / Zn-SOD are dimers, while mitochondrial Mn-SOD are tetramers [1,11]. In the molecule of the enzyme Cu / Zn - SOD, copper and zinc ions, interacting with each other, are in such a close relationship that any changes around one ion affect the environment of the other. Zinc ions perform only a structural role [50] in contrast to copper ions, which are required for the catalytic activity of the enzyme [2,3]. In the formation of the antioxidant effect, the glutathione system of antioxidant protection of the body, which is formed by glutathione, glutathione peroxidase, glutathione transferase, glutathione reductase, etc., is of great importance. Glutathione is the main component of this system, which inactivates hydrogen peroxide and inhibits reactive oxygen species [8]. It has been proven that the formation of an adaptive response to oxidative stress in the heart muscles of geese occurs due to the activation of glutathione peroxidase and the resources of vitamin E and β -carotene [3]. Glutathione participates in the metabolism of xenobiotics, regulates cell proliferation, affects the synthesis of nucleic acids and proteins, as well as the activity of enzymes. Deficiency of glutathione in cells leads to activation of lipoperoxidation processes [8]. Glutathione peroxidase is a selenium-containing enzyme that catalyzes the breakdown of lipid hydroperoxides in a non-radical way using reduced glutathione. GLP is a tetramer consisting of four identical spherical subunits. Each subunit contains one selenium atom [7]. It is selenium that stimulates the conversion of methionine into cysteine, as well as the synthesis of glutathione, which, together with the amino acids glycine, glutamate, and cysteine, synthesizes HLP [5,6]. Glutathione peroxidase is localized mainly in the cytosol (about 70%) and only 30% in the matrix of mitochondria. Selenium deficiency, caused by its low content in the diet, leads to violations of the optimal vital activity of the body, which is accompanied by a decrease in the activity of glutathione peroxidase, activation of lipoperoxidation processes, and the development of oxidative stress [3]. o, for example, domestic birds are characterized by periods of tension in the antioxidant defense system and intensification of lipoperoxidation processes, associated with the restructuring of the body's physiological functions and the action of adverse environmental factors [2]. Glutathione peroxidase provides protection of cell membranes from the destructive action of peroxide radicals, catalyzes the decomposition of hydrogen peroxide and oxidizes glutathione, and catalyzes the reaction of restoring unstable organic hydroperoxides with glutathione [7]. The affinity of HLP for hydrogen peroxide is much higher than that of catalase, so the former works more efficiently even at low concentrations of H₂O₂. At the same time, catalase plays a key role in protecting cells from oxidative stress caused by high concentrations of H₂O₂ [4]. Catalase is a heme-containing enzyme that converts hydrogen peroxide into water and oxygen. It is present in almost all aerobic organisms tested to date [8]. The highest concentration of catalase is in the liver. In hepatocyte peroxisomes, catalase accounts for 40% of all proteins [7]. Mitochondria and endoplasmic reticulum contain little CAT. In the cell, it is localized mainly in peroxisomes, where it plays an important role in the removal of H₂O₂ formed by

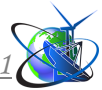


oxidases involved in β -oxidation of fatty acids, respiration and purine catabolism. Thus, intracellular hydrogen peroxide cannot be eliminated unless it spreads to peroxisomes [8]. It is known that catalase contains the highest reversible rate of reactions among all known enzymes. One molecule of CAT can convert approximately 6 million molecules of hydrogen peroxide into water and oxygen per minute. The catalase reaction can occur in two stages: α and β -phase [10, 11].

The α -41 phase works catalytically, breaking down hydrogen peroxide into water and oxygen molecules without the formation of free radicals. The reaction proceeds in two di-electron reactions. First, the H_2O_2 molecule oxidizes heme to compound I, removing one oxidation equivalent from trivalent ferrum, forming oxoferyl groups, and another from the porphyrin ring, forming a porphyrin cation radical. Second, H_2O_2 then reduces compound I to regenerate the free (ferrite) enzyme, releasing H_2O and molecular O_2 [132]. I. $KAT(Por-Fe^{3+}) + H_2O_2 \rightarrow (Por^{+\bullet} -Fe^{4+=O}) + H_2O$ II. $(Por^{+\bullet} -Fe^{4+=O}) + H_2O_2 \rightarrow KAT(Por-Fe^{3+}) + H_2O + O_2$ At peak H_2O_2 concentrations, catalases can undergo one-electron reduction with the inactive intermediate compound II, which can then be converted into another inactive form, with union III. $(Por^{+\bullet} -Fe^{4+=O}) + HA \rightarrow (Por^{+\bullet} -Fe^{4+=OH}) + A\bullet$ III. $(Por^{+\bullet} -Fe^{4+=OH}) + H_2O_2 \rightarrow (Por-Fe^{2+} =OOH) + H_2O$ B-phase works peroxidically, removing H_2O_2 with oxidizing alcohols, formic acid salt - formate (RH_2), or nitrate, thereby releasing O_2 and natural enzyme [10, 11]. Although catalase is not essential for some cell types under normal conditions, it plays an important role in the acquisition of tolerance to oxidative stress in the adaptive response of cells. Thus, the survival of rats under the influence of 100% oxygen increased when liposomes containing SOD and CAT were administered intravenously before and during exposure [10].

References

1. Koval T.V., Prylipko T.M. The effect of different types of feeding on the exchange of phosphorus compounds in the bird's body. Taurian Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences. Kherson State Agrarian and Economic University. Odesa: "Helvetika" Publishing House. 2022. Issue 126. P. 146-152
2. Kononenko, V.K., Ibatullin, I.I., Patrov, V.S. Workshop on the basics of scientific research in animal husbandry. K., 2000. 96 p.
3. Nischemenko M.P., Omelchuk O.V., Khomyak O.A. The laying hens photolytic activity and digestive organs activity under the selenium, zinc, and vitamin A nanoacvachelates influence. UniversumView17: a collection of abstracts of reports of the International Scientific and Practical Conference. Vinnytsia, 2019. P. 150-152.
4. Prylipko T.M., Koval T.V. Age-related changes in animal tissues depending on the content of phosphorus compounds in the body. Taurian Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences. Kherson State Agrarian and Economic University. Kherson. Helvetica Publishing House. 2022. Issue 127. P. 298-304.
5. Smolyar V., Kovtun O. Highly effective innovations in poultry farming. Efficient poultry farming. 2008. No. 2 (38). P. 22–23.
6. Studenok A. A., Shnurenko E. O., Karpovskyi V. I. Activity of transpeptidases in the blood serum of chickens with different tone of the autonomic



nervous system // International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Faculty of Veterinary Medicine of the NUBIP of Ukraine and 100 - speech on the birthday of Professor V.V. Naumenka (Kyiv, May 28, 2019): a collection of theses of reports. Kyiv, 2019. P. 49-50.

7. Studenok A. A., Shnurenko E. O., Karpovskiy V. I. The content of total protein and albumin in blood serum of chickens depending on the tone of the autonomic nervous system. Modern trends in veterinary education and science: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference, Kyiv, October 9, 2019. Kyiv, 2019. P. 182-183.

8. Studenok A.A., Shnurenko E.O., Trokoz V.O. Valine and glycine content in chickens with different ANS tone. Young scientists in solving topical problems of biology, animal husbandry and veterinary medicine: materials of the 19th All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists, Lviv, December 3-4, 2020. Lviv, 2020. P. 107.

9. Studenok A.A., Shnurenko E.O., Trokoz V.O., Karpovskiy V.I. Indicators of protein metabolism in chickens with different types of autonomic nervous regulation. Actual problems of animal physiology: collection of proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 120th anniversary of Oleksiy Volodymyrovych Kvasnytskyi, Poltava, September 17-18, 2020. Poltava, 2020. P. 92-93. 130. Chechotkin O. V., Voronyanskyi V. I., Kartashov M. I. Biochemistry of agricultural animals: textbook. Kharkiv: RVV KhZVI. 2000. 466 p.

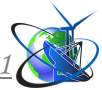
10. Chechotkin O.V., Voronyanskyi V.I., Kucherenko O.M. Exchange of proteins and nucleic acids in broiler chickens under the influence of the microbiome // Abstracts of reports VI Ukrainian Biochemical Congress. Academy of Sciences of Ukraine, Ukrainian Biochemical Society, Institute of Biochemistry named after O. V. Paladina, Ukrainian Agricultural Academy: collection of theses of reports. Kyiv, 1992. Part 2. P. 103.

11. Chechotkin O. V., Kartashov M. I., Voronyanskyi V. I., Kucherenko O. M. Exchange of proteins and nucleic acids in broiler turkeys in relation to age and rearing technology. Problems of animal husbandry and veterinary medicine and ways to solve them in modern conditions: materials of reporting scientific conferences of the institute based on research results in 1992 and 1993. Kharkiv Zooveterinary Institute. Kharkiv, 1996. Vol. 1 (25). P. 50-51.

***Анотація.** Вільні радикали небезпечні, оскільки вони здатні легко взаємодіяти з іншими біомолекулами, включаючи нуклеїнові кислоти, білки та вільні амінокислоти, ліпіди та вуглеводи. Такі взаємодії можуть призвести до порушення функції клітинної мембрани, обмінних процесів та генетичної експресії. У ситуаціях, коли захисні сили не справляються, внаслідок підвищеної концентрації кисню або зниження антиоксидантних захисних механізмів, виникає стан окисного стресу. Це може призвести або до негайної загибелі клітин, або до більш тонких і хронічних пошкоджень, таких як розвиток злоякісних новоутворень. Зараз збільшується кількість доказів того, що пошкодження тканин, які супроводжують процес старіння, відбувається через утворення вільних радикалів. На основі наявних даних було стверджено, що тривалість життя може бути збільшена на п'ять років і більше за допомогою модифікацій харчування. Для захисту організму від РФК тварини та людина розвинули дуже потужну і складну антиоксидантну систему захисту. Вона включає різні компоненти ендogenousого і екзогенного походження.*



Ключові слова: тварини, вільні радикали, концентрація кисню, антиоксидантний захисних механізмів, процес старіння, модифікація харчування.



УДК 69:002; 69.059; 626/627; 721/728

METHOD OF DEVELOPMENT OF IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF INFORMATION SYSTEM OF SAFE OPERATION OF BUILDINGS
МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ**Terentyev O.O. / Терентьев О.О.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0001-6995-1419

Gorbatyuk Ie.V. / Горбатюк Є.В.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-8148-5323

Tyslenko O.B. / Тисленко О.Б.*Ph.D. degree / здобувач ступеня доктора філософії***Zubrij I.M. / Зубрій І.М.***Ph.D. degree / здобувач ступеня доктора філософії**Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitroflotsky Avenue, 31, 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури,**Київ, Повітрофлотський проспект, 31, 03037*

Анотація. Дана робота висвітлює питання, що пов'язані з підвищенням ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації захисту будівель. – розглянута організація нечіткого виведення інформаційної системи діагностики технічного стану будівель. Отримані рекомендації дозволяють вирішувати задачі підвищення ефективності інформаційної системи для підтримки прийняття рішень щодо діагностики технічного стану; досліджувати та реалізовувати на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель.

Ключові слова: інформаційна система, підвищення ефективності, діагностика, технічний стан, будівля, комплексна безпека, захист.

Вступ.

Серед будівель, які експлуатуються в Україні, достатньо велика частка має пошкоджені конструкції. При обстеженні технічного стану, відновленню та реконструкції таких будівель виникає задача підвищення ефективності діагностування пошкоджень, тобто визначення причин їх появи.

Останнім часом значно зростають обсяги робіт, пов'язані з комплексною діагностикою і оцінки технічного стану будівельних конструкцій, будівель і споруд. Досить часто виникає ситуація, коли виконавці не мають можливості перед обстеженням вивчити технічну документацію на будівлі і споруди, що експлуатуються протягом тривалого часу. Такі роботи виділяються як самостійний напрям будівельного виробництва, що охоплює комплекс питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності будівель, проведення ремонтно-відновлювальних робіт, робіт з реконструкцією та розробкою проектною документації.

Аналіз літературних даних.

Значний внесок у окремі аспекти зазначеного напрямку внесли вітчизняні та закордонні вчені: Вейц Р.В., Клименко Є.В., Михайленко В.М., Бушуєв С.Д., Панкевич О.Д., Терентьев О.О., Штовба С.Д.



Всі актуальні роботи пов'язані з тематикою основ організації і обробки експериментальних результатів роботи експертних систем діагностики технічного стану будівель, а також роботи, пов'язані з розробкою інформаційної системи оцінки технічного стану конструкцій будівель та регламентуються положенням «Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд» [1, 2, 3].

Даний підхід може знайти практичне застосування в організаціях, що здійснюють підтримку працездатності стану будівель.

Мета та задачі дослідження.

Обґрунтована мета і дослідження розробки підвищення ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації будівель.

Одним з напрямів реалізації комплексу завдань щодо безпечної експлуатації будівель є розробка інформаційної системи діагностики будівель на рівні нечітких систем.

Системи нечіткого виведення призначені для перетворення значень вхідних змінних процесу управління у вихідні змінні на основі використання правил нечітких продукцій. Системи нечіткого виводу повинні містити базу правил нечітких продукцій і реалізовувати нечіткий вивод висновків на основі посилок або умов, що представлені у формі нечітких лінгвістичних висловлювань.

Методика розробки підвищення ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації будівель.

На рисунку 1 представлена структурна схема роботи інформаційної системи безпечної експлуатації технічного стану будівель [4, 5].

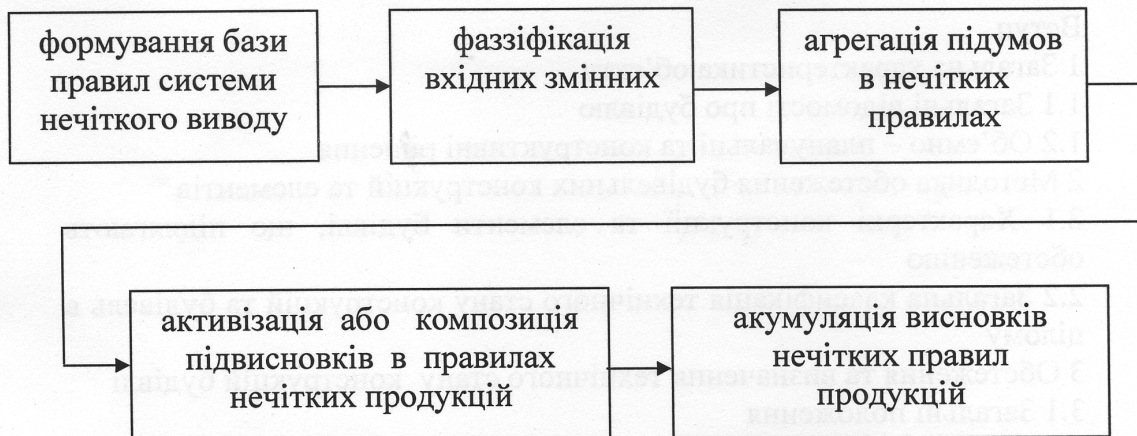


Рис. 1. Структурна схема роботи інформаційної системи безпечної експлуатації технічного стану будівель

Фаззифікація.

В контексті нечіткої логіки під фаззифікацією розуміють не тільки окремий етап виконання нечіткого виводу але і власно процес або процедура знаходження значень функції належності нечіткої множини (термів) на основі звичайних (не нечітких) початкових даних. Фаззифікацією також називають



введенням нечіткості [4].

Мета етапу фаззифікації - встановлення відповідності між конкретним (звичайно чисельним) значенням окремої вхідної змінної системи нечіткого виводу і значенням функції належності, що відповідає їй терма вхідної лінгвістичної змінної. Після завершення цього етапу для всіх вхідних змінних повинні бути визначені конкретні значення функції належності по кожному з лінгвістичних термів, які використовуються в підумовах бази правил системи нечіткого виводу.

Процедура фаззифікації виконується таким чином. До початку цього етапу передбачаються відомими конкретні значення всіх вхідних змінних системи нечіткого виводу, тобто множина значень $V' = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$. В загальному випадку кожне $a_i \in X_i$, де X_i - універсум лінгвістичної змінної β_i . Ці значення можуть бути отримані або від датчиків, або деяким іншим, зовнішнім по відношенню до системи нечіткого виводу способом.

Розглянемо кожну з підумов вигляду " $\beta_i \in \alpha'$ " правил системи нечіткого виводу, де α' - деякий терм з відомою функцією належності $\mu(x)$. При цьому значення α' використовується в якості аргументу $\mu(x)$, також знаходиться кількісне значення $b_i' = \mu(a_i)$. Це значення і є результатом фаззифікації підумови " $\beta_i \in \alpha'$ ".

Якщо в деякій підумові зустрічається терм з модифікатором, то процедура фаззифікації виконується аналогічним чином стосовно функції належності терма після виконання операції, що відповідає даному модифікатору.

Етап фаззифікації закінчений, якщо знайдені всі значення $b_i' = \mu(a_i)$ для кожної з підумов всіх правил, що входять в базу правил системи нечіткого виводу. Множина значень позначимо як $B = \{b_i'\}$. Якщо деякий терм лінгвістичної змінної β_i не присутній ні в одному з нечітких висловлювань, то відповідне йому значення функції належності не знаходиться в процесі фаззифікації.

Для ілюстрації цього етапу розглянемо приклад процесу фаззифікації трьох нечітких висловлювань: "*Тріщина ст іни Волосяна*", "*Тріщина ст іни Ст упінчаст а*", "*Тріщина ст іни Наскрізна*" - для вхідної лінгвістичної змінної β_1 - "*Тріщина ст іни*". Їм відповідає нечітке висловлювання першого вигляду: " $\beta_1 \in \alpha_1$ ", " $\beta_1 \in \alpha_2$ ", " $\beta_1 \in \alpha_3$ ".

Нехай поточний "*Тріщина ст іни*" оцінюється як 7 мм, тобто $a_1 = 7$. Тоді фаззифікація першого нечіткого висловлювання дає в результаті число 0, яке означає його ступінь істинності і виходить підстановкою значення $a_1 = 7$ в якості аргумента функції належності терма α_1 (рис. 2).

Фаззифікація другого нечіткого висловлювання дає в результаті число 0.67 (приблизнене значення), яке означає його ступінь істинності і виходить підстановкою значення $a_1 = 7$ в якості аргумента функції належності терма α_2 (рис. 3).

Фаззифікація третього нечіткого висловлювання дає в результаті число 0, яке означає його ступінь істинності і виходить підстановкою значення $a_1 = 7$ в якості аргумента функції належності терма α_3 (рис. 4).

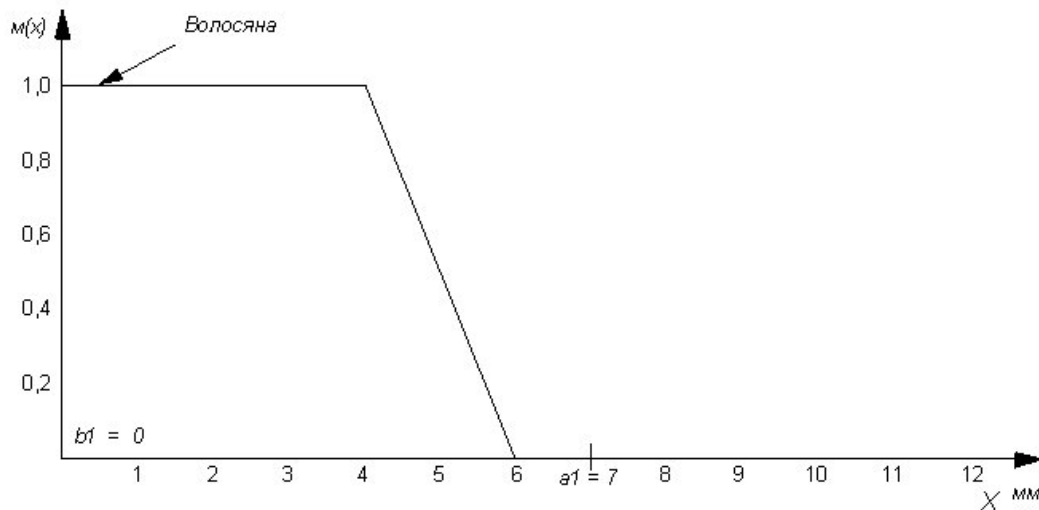
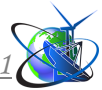


Рис. 2. Приклад фаззифікації вхідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни" для нечіткого висловлювання "Тріщина стіни Волосяна"

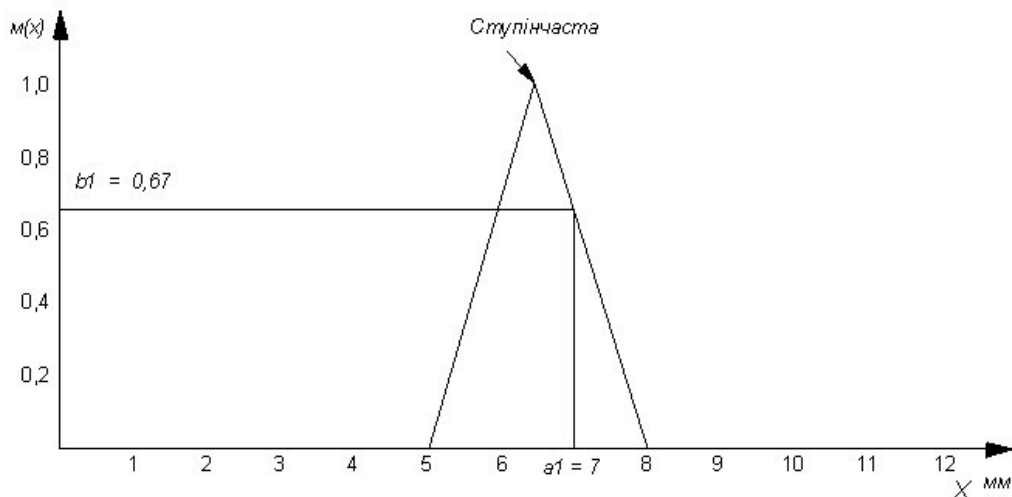


Рис. 3. Приклад фаззифікації вхідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни" для нечіткого висловлювання "Тріщина стіни Ступінчаста"

Агрегація.

Агрегація є процедурою визначення ступеню істинності умов по кожному з правил системи нечіткого виводу. Процедура агрегації виконується наступним чином. До початку цього етапу передбачаються відомими значення істинності всіх підумов системи нечіткого виводу, тобто множина значень $B = \{b_i\}$. Далі розглядається кожна з умов правил системи нечіткого виводу. Якщо умова правила представляє собою нечітке висловлювання вигляду 1 (висловлювання " $\beta \in \alpha$ ", де β - найменування лінгвістичної змінної, а α - її значення, якому відповідає окремий лінгвістичний терм з базової термножини T лінгвістичної змінної β) або 2 (висловлювання " $\beta \in \Delta \alpha$ ", де Δ - модифікатор, відповідний таким словам, як: ДУЖЕ, БІЛЬШ АБО МЕНЬШ, БАГАТО БІЛЬШЕ), то ступінь його істинності рівний відповідному значенню b_i . Якщо ж умова складається з декількох підумов вигляду причому лінгвістичні змінні в підумовах попарно не рівні один одному, то визначається ступінь істинності складного висловлювання на основі відомих значень істинності підумов [5].

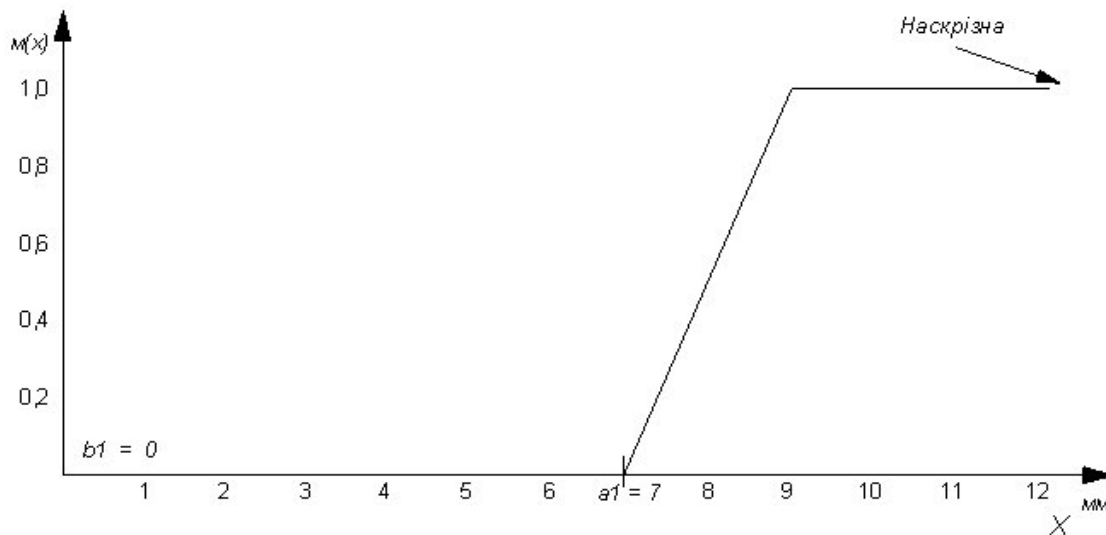
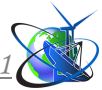


Рис. 4. Приклад фаззифікації вхідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни" для нечіткого висловлювання "Тріщина стіни Наскрізна"

Етап агрегації вважається закінченим, коли будуть знайдені всі значення для кожного з правил, що входять в базу правил системи нечіткого виводу, що розглядається. Ця множина значень позначається через $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$.

Для ілюстрації цього етапу розглянемо приклад процесу агрегації двох нечітких висловлювань: "Тріщина стіни Ступінчаста" і "Кат егорія технічного стану стіни Задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації (кат егорія II/III)" і "Тріщина стіни Ступінчаста" АБО "Кат егорія технічного стану стіни Задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації (кат егорія II/III)" для вхідної лінгвістичної змінної β_1 - "Тріщина стіни" і β_2 - "Кат егорія технічного стану стіни". Нехай поточний "Тріщина стіни" рівна 7 мм, тобто $a_1 = 7$, а поточне "Кат егорія технічного стану стіни" оцінюється як 6, тобто $a_2 = 6$. Агрегація першого нечіткого висловлювання з використанням операції нечіткої кон'юнкції вигляду:

$$T(A \wedge B) = \min \{T(A), T(B)\} \quad (1),$$

дає в результаті число 0.6 (приблизжене значення), яке означає його ступінь істинності і виходить як мінімальне із значень 0.6 і 0.667. Агрегація другого нечіткого висловлювання з використанням операції нечіткої диз'юнкції вигляду:

$$T(A \vee B) = \max \{T(A), T(B)\} \quad (2),$$

дає в результаті число 0.667, яке означає його ступінь істинності і виходить як максимальне із значень 0.6 і 0.667.

Активізація.

Активізація в системах нечіткого виводу є процедурою знаходження ступеню істинності кожного з підвисновків правил нечітких продукцій. Активізація багато в чому аналогічна композиції нечітких відносин, але нетотожна їй. При формуванні бази правил системи нечіткого виводу задаються вагові коефіцієнти F_i для кожного правила (за умовами ваговий коефіцієнт рівний одиниці) [6].



До початку цього етапу передбачаються відомими значення істинності всіх умов системи нечіткого виводу: множина значень $B'' = \{b_1, b_2, \dots, b_n''\}$, значення вагових коефіцієнтів F_i для всіх правил. Далі розглядається кожний з висновків правил системи нечіткого виводу. Якщо висновок правила є нечітким висловлюванням вигляду 1 або 2, то ступінь його істинності рівний алгебраїчному виразу відповідного значення b_i'' на ваговий коефіцієнт F_i .

Якщо висновок складається з декількох підвисновків, причому лінгвістичні змінні в підвисновках попарно не рівні один одному то ступінь істинності кожного з підвисновків рівний алгебраїчному виразу відповідного значення b_i'' на ваговий коефіцієнт F_i . Таким чином знаходяться всі значення ступенів істинності підвисновків для кожного з правил, що входять в базу правил системи нечіткого виводу. Ця множина значень позначається через $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, де q - загальна кількість підвисновків в базі правил. При цьому можливий випадок коли ваговий коефіцієнт F_i може бути заданий індивідуально для окремих підвисновків (але процедура активізації залишається колишньою).

Після знаходження множини $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, визначається функція належності кожного з підвисновків для даних вихідних лінгвістичних змінних. Для цього можна використовувати один з методів, що являється модифікацією методів нечіткої композиції:

$$\text{min - активізація: } \mu'(y) = \min \{c_i, \mu(y)\}; \quad (3);$$

$$\text{prod - активізація: } \mu'(y) = c_i * \mu(y); \quad (4);$$

$$\text{average - активізація: } \mu'(y) = 0.5 * (c_i + \mu(y)); \quad (5),$$

де $\mu(y)$ - функція належності терма, який являється значенням деякої вихідної змінної ω_j , заданої на універсумі Y .

Етап активізації вважається закінченим, якщо для кожної з вихідних лінгвістичних змінних, що входять в окремі підвисновки правил нечітких продукцій, будуть визначені функції належності нечіткої множини їх значень, тобто сукупність нечітких множин C_1, C_2, \dots, C_q , де q - загальна кількість підвисновків в базі правил системи нечіткого виводу.

Окрім методів (3) - (5), для виконання активізації можуть бути запропоновані і інші способи, засновані на модифікації різних операцій нечіткої композиції.

Для ілюстрації цього етапу розглянемо приклад процесу активізації висновку в наступному правилі нечіткої продукції (це правило не має цільового застосування і використовується формальним чином):

ЯКЩО "Тріщина ст іни Ст упінчаст а"

ТО "Кат егорія т ехнічного ст ану ст іни Задовільний, що межує з непридат ним до нормальної експлуат ації (кат егорія II/III)".

Вхідною лінгвістичною змінною в цьому правилі являється β_1 - "Тріщина ст іни", а вихідною змінною є β_2 - "Кат егорія т ехнічного ст ану ст іни". Нехай поточний "Тріщина ст іни" рівний 7 мм, тобто $a_1 = 7$ мм Оскільки агрегування умови цього правила дає в результаті $b_1'' = 0.67$, а ваговий коефіцієнт за умовчанням рівний одиниці, то значення 0.667 буде використовуватися в якості c_1 для отримання результату активізації.



Акумуляція.

Акумуляція, в системах нечіткого виводу є процедурою або процесом знаходження функції належності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини $W = \{\omega_1, \omega_2, \omega_S\}$.

Мета акумуляції - об'єднання всіх ступенів істинності висновків (підвисновків) для отримання функції належності кожної з вихідних, змінних. Причина необхідності виконання цього етапу полягає в тому, що підвисновки, що відносяться до однієї і тієї ж вихідної лінгвістичної змінної, належать до різних правил системи нечіткого виводу.

До початку цього етапу передбачаються відомими значення істинності всіх підвисновків для кожного з правил, що входять в дану базу правил системи нечіткого виводу, у формі сукупності нечітких множин: C_1, C_2, \dots, C_q , де q - загальна кількість підвисновків в базі правил (рис. 5 - рис. 7) [7].

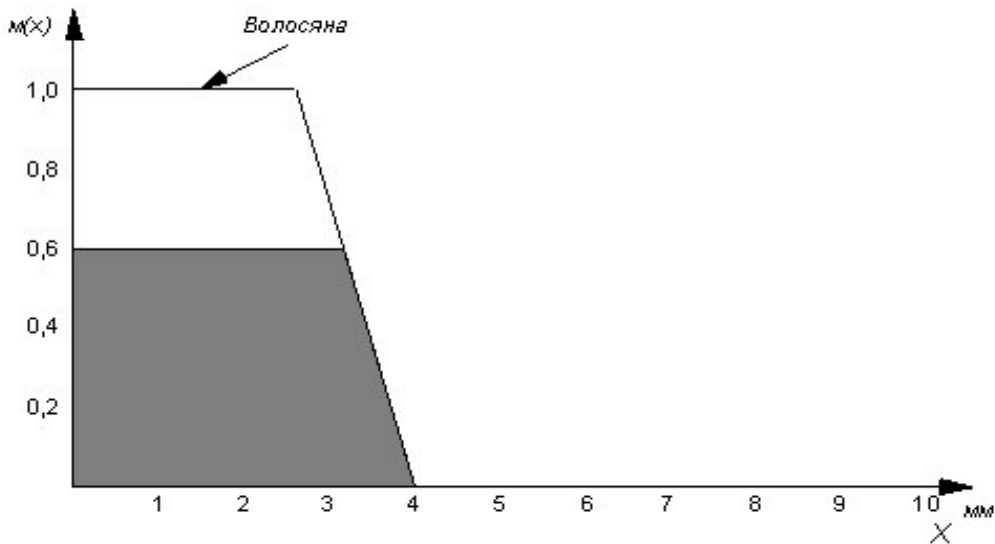


Рис. 5. Функція належності нечіткої множини s_{11} отриманого в результаті активізації для вихідної лінгвістичної змінної «Тріщина стіни»

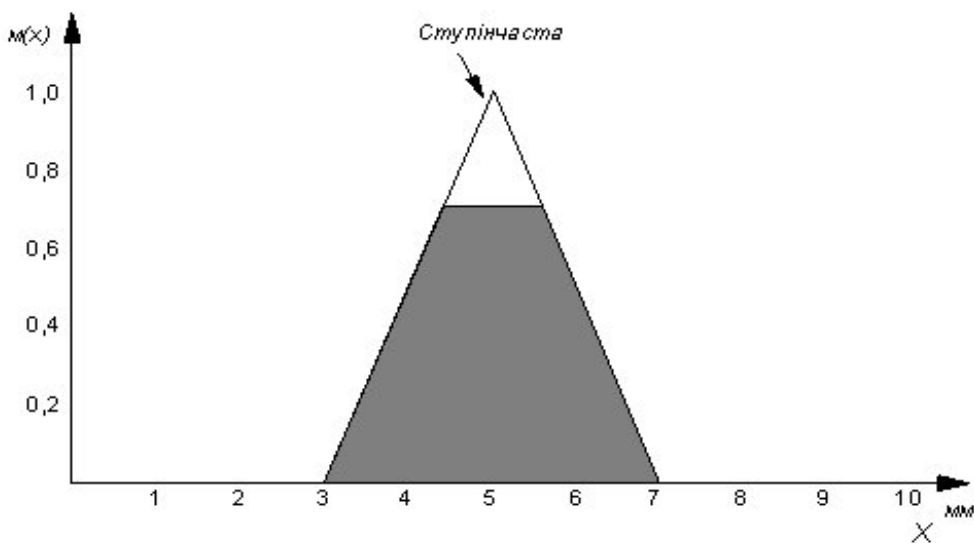


Рис. 6. Функція належності нечіткої множини s_{12} отриманого в результаті активізації для вихідної лінгвістичної змінної «Тріщина стіни»



Далі послідовно розглядається кожна з вихідних лінгвістичних змінних $\omega_j \in W$, і що відносяться до неї нечіткі множини: $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jq}$ (рис. 8).

Результат акумуляції для вихідної лінгвістичної змінної ω_j визначається як об'єднання нечітких множин. Етап акумуляції вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних будуть визначені підсумкові функції належності нечіткої множини їх значень, тобто сукупність нечітких множин: C'_1, C'_2, \dots, C'_q де q - загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних в базі правил системи нечіткого виводу.

Дефаззіфікація.

Дефаззіфікація (приведення до чіткості) в системах нечіткого виводу представляє собою процедуру або процес знаходження звичайного (не нечіткого) значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини $W = \{\omega_1, \omega_2, \omega_S\}$ [6].

Мета дефаззіфікації - використання результатів акумуляції всіх вихідних лінгвістичних змінних і отримання звичайного кількісного значення кожній з вихідних змінних, які будуть використовуватися спеціальними пристроями, зовнішніми відношенню до системи нечіткого виводу.

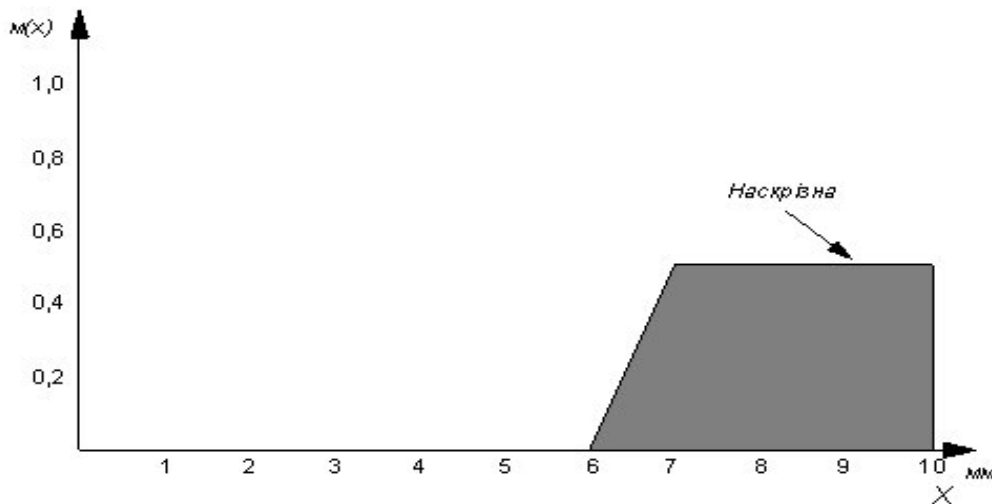


Рис. 7. Функція належності нечіткої множини с13 отриманого в результаті активізації для вихідної лінгвістичної змінної «Тріщина стіни»

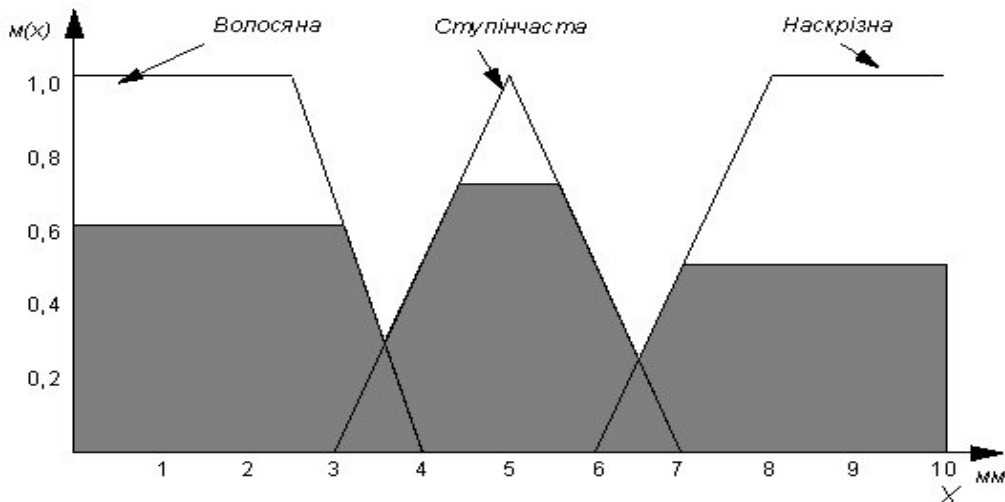
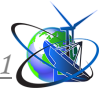


Рис. 8. Приклад акумуляції виводу для вихідної змінної «Тріщина стіни»



Вживані в сучасних системах управління пристрої здатні сприймати традиційні команди у формі кількісних значень відповідних управляючих змінних. Тому необхідно перетворити нечіткі множини в деякі конкретні значення змінних.

До початку цього етапу передбачаються відомими функції належності всіх вихідних лінгвістичних змінних у формі нечіткої множини: C'_1, C'_2, \dots, C'_s , де s - загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних в базі правил системи нечіткого виводу. Далі послідовно розглядається кожна з вихідних лінгвістичних змінних $\omega_j \in W$ і що відноситься до неї нечіткої множини C'_j . Результат дефазифікації для вихідної лінгвістичної змінної ω_j визначається у вигляді кількісного значення $y_j \in R$.

Етап дефазифікації вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних будуть визначені підсумкові кількісні значення у формі деякого дійсного числа, тобто у вигляді y_1, y_2, \dots, y_s , де s - загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних в базі правил системи нечіткого виводу.

Висновки

Проведений аналіз нечітких систем дозволяє вирішувати задачі інформаційної системи безпечної експлуатації будівель для підтримки прийняття рішень щодо діагностики технічного стану; досліджувати та реалізовувати на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель. В роботі розглянута організація нечіткого виведення інформаційної системи діагностики технічного стану будівель.

Окрім цього, формуються передумови автоматизації складної логічної обробки експертних даних. Критерієм прийняття рішення по вибору адекватного заходу для забезпечення необхідного ресурсу будівель виступає кінцевий висновок про фактичний технічний стан конструкції будівель і можливостях забезпечення її довговічності.

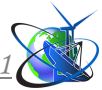
Література:

1. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М. Підвищення ефективності інформаційної системи комплексної безпеки захисту будівель. Modern engineering and innovative technologies. Issue №29. Part 1. October 2023. P. 102-111. DOI: 10.30890/2567-5273.2023-29-01-022.

2. Моделі та методи інформаційної технології системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва: підручник / Терентьев О.О., Русан І.В, Горбатьюк Є.В., Бородавка Є.В., Баліна О.І., Доля О.В., Тисленко О.Б. Київ: ЦП Компринт, 2023. 240 с.

3. Honcharenko T., Terentyev O., Gorbatyuk I. Mathematical Modeling of Information System Designing Master Plan of the Building Territory Based on OLAP Technology. Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 344. Springer, Cham. P. 3–15.

4. Терентьев О. О., Горбатьюк Є. В., Горбатьюк М. Є., Петровський В. В., Панчук Б. О. Основи організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель. The 2nd International scientific and practical conference — Achievements and prospects of modern scientific research (January 11-13, 2021)



Editorial EDULCP, Buenos Aires, Argentina. 2021. 229-237.

5. Mathematical Modeling of Online Transaction Processing System for Design of Building Territory / Tetyana Honcharenko, Kateryna Kyivska, Mariia Liashchenko, Oleksandr Terentyev, Ievgenii Gorbatyuk, Elena Dolya. 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). August 26 – 28, 2021, Lviv, Ukraine. Pp. 552-556.

6. Honcharenko T., Terentyev O., Malykhina O., Druzhynina I., Gorbatyuk I. «BIM Concept for Design of Engineering Networks at the Stage of Urban Planning», International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol. 11(5), 2021, pp.1728-1735.

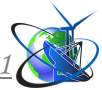
7. Terentyev Oleksandr, Gorbatyuk Eugene. Research and implementation of intellectual of neural network testing information technology systems of diagnostics of technical condition of buildings. Тези доповідей дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції «Управління розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти. Київ: КНУБА, 2022. С. 10-11.

Abstract. *This article covers issues related to improving the efficiency of information systems for the safe operation of buildings. - the organization of fuzzy output of information system of diagnostics of the technical state of buildings is considered. The received recommendations allow to solve tasks of increase of efficiency of an information system for support of decision-making concerning diagnostics of a technical condition; to investigate and implement on the basis of the apparatus of fuzzy logic the model of diagnostics of technical condition of buildings.*

Key words: *information system, efficiency improvement, diagnostics, technical condition, building, complex safety, protection.*

Стаття відправлена: 02/02/2024

© Терентьев О.О., Горбатюк С.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М.



УДК 681.515.5:622.24

ANALYSIS OF RELATIONSHIPS OF DRILLING PROCESS EFFICIENCY INDICATORS ON THE BASIS OF A SYSTEMATIC APPROACH АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКІВ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ НА ЗАСАДАХ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

Shavranskyi M. / Шавранський М.В.

ORCID: 0000-0001-6636-1069

Lahoida L. / Лагойда Л.І.

ORCID: 0000-0002-2328-8276

Zvarych H. / Зварич Г.Г.

ORCID: 0000-0002-7866-542X

Mateik H. / Матеїк Г.Д.

0000-0003-0286-389X

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,

Ivano-Frankivsk, Karpatskaya, 15,76019

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, вул.Карпатська,15,76019

Анотація: У роботі розглядаються взаємозв'язки основних показників ефективності процесу буріння з переміщенням долота на вибої свердловини, яке контролюється шляхом вимірювання переміщення верхнього кінця колони бурильних труб. Показано зв'язки проходки долота із завданнями виявлення, контролю та оптимізації процесу буріння.

Ключові слова: процес буріння, системний підхід, знос озброєння долота, оптимізація, рейсова швидкість, проходка долота.

Вступ.

Удосконалення математичних моделей і методів оптимізації технологічного процесу буріння нафтових і газових свердловин є актуальною науково-прикладною задачею у зв'язку з інтенсивним впровадженням в галузі доліт нового покоління, які забезпечують проходку на долото декілька тисяч метрів, і комп'ютерно-інтегрованих технологій [1,2,5]. З точки зору загальної теорії систем [3] досліджувані процеси мають ряд спільних характерних властивостей для різних способів буріння, серед яких для керування найважливішим є наступні:

- наявність взаємозв'язаних технологічних підсистем (поглиблення, промивання, закінчення свердловини) із складними зв'язками між ними;
- можливість управління підсистемами з використанням різних критеріїв;
- обмеженість автономності підсистеми, що викликає необхідність узгодження та координації їх сумісної роботи;
- існування задач оптимізації під час керування підсистемами;
- наявність ієрархічної структури, що обумовлено існуванням глобальної мети системи (мінімум вартості будівництва свердловини, мінімум часу будівництва свердловини) та частинних цілей окремих підсистем (мінімум собівартості метра проходки, максимум рейсової швидкості, мінімум питомих витрат енергії та ін.);
- наявність на буровій установці агрегатів великої одиничної потужності (наприклад, двигун типу АКБ-114-6 для бурової лебідки має потужність



320кВт ($U = 0,5кВ$), а типу АКБ-15-44-6 – 630 кВт ($U = 6кВ$));

- можливість постановки задачі статичної оптимізації технологічного процесу буріння на базі припущення щодо малої тривалості перехідних процесів в системі керування в порівнянні з періодом зміни збурень, зокрема міцності або буримості гірських порід;
- необхідність керування в on-line для вирішення задач оперативної оптимізації процесу буріння.

Проте, аналіз літературних джерел [1, 2, 4] показує недостатній об'єм проведених досліджень в контексті удосконалення математичних моделей процесу буріння долотами нового покоління на базі аналізу зв'язків показників процесу буріння.

Тому метою даної роботи є аналіз взаємозв'язків показників ефективності процесу буріння нафтових і газових свердловин з одним із найбільш важливих параметрів – проходкою долота. Вибір проходки (переміщення долота на вибої свердловини) для аналізу взаємозв'язків обумовлений тим, що максимум проходки на долото є одним із головних критеріїв оптимізації процесу буріння, а інші критеріє оптимізації тим чи іншим способом зв'язані з цим показником.

Основний текст.

Для аналізу цих взаємозв'язків розглянемо структурну схему процесу буріння нафтових і газових свердловин з декількома показниками ефективності (рис.1).

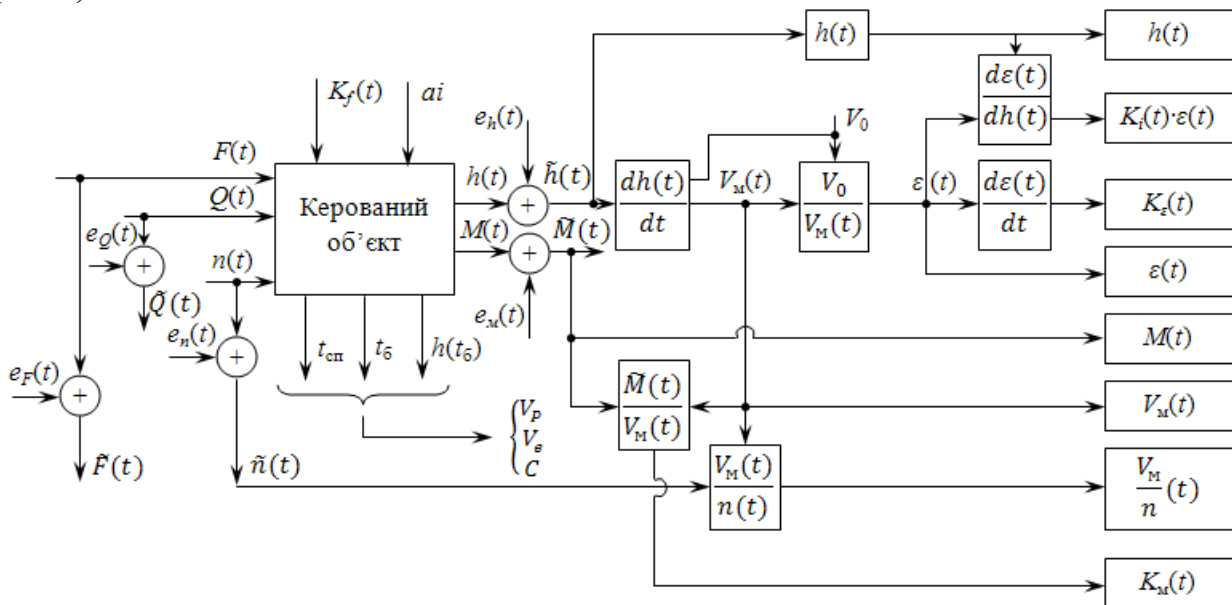


Рисунок 1 - Структурна схема процесу буріння нафтових і газових свердловин з показниками ефективності

Джерело: [2]

Відносний знос $\varepsilon(t)$ озброєння долота визначається [2,4,5] як відношення механічної швидкості V_0 під час буріння незатупленим долотом до поточного значення механічної швидкості $V_m(t)$,

$$\varepsilon(t) = \frac{V_0}{V(t)}, \tag{1}$$



де $V(t) = \Delta h / \Delta t$ – відношення переміщення Δh до часу Δt .

В процесі поглиблення свердловини відносний знос озброєння долота зростає з швидкістю, яка дорівнює

$$K_{\varepsilon}(t) = \frac{d\varepsilon(t)}{dt} = V_0 \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{V(t)} \right), \quad (2)$$

Отже показник $K_{\varepsilon}(t)$ формується на базі аналізу зміни проходки долота.

З метою оцінювання буримості і абразивності гірської породи можна використати похідну від $\varepsilon(t)$ по проходці долота $h(t)$:

$$\frac{d\varepsilon(t)}{dh(t)} = \frac{\frac{d\varepsilon(t)}{dt}}{\frac{dh(t)}{dt}} = \frac{K_{\varepsilon}(t)}{V(t)}, \quad (3)$$

де $K_i(t) = \frac{K_{\varepsilon}(t)}{V_0}$.

Як бачимо із (3), значення похідної $\frac{d\varepsilon(t)}{dh(t)}$ пропорційне швидкості зміни відносного зносу долота $K_{\varepsilon}(t)$ і обернено пропорційне механічній швидкості буріння $V(t)$. Збільшення відносного зносу озброєння долота веде до зростання похідної $\frac{d\varepsilon(t)}{dh(t)}$. На початку рейсу долота, коли воно ще не затуплене, співмножник $\varepsilon(t)$ в формулі (4) дорівнює одиниці:

$$\left. \frac{d\varepsilon(t)}{dh(t)} \right|_{t=0} = \frac{K_{\varepsilon}(t)}{V_0} = K_i(t). \quad (4)$$

Похідна $\frac{d\varepsilon(t)}{dh(t)}$ при $t = 0$ тим менше, чим менша інтенсивність відносного зношення долота $K_i(t)$. Остання залежність від параметрів режиму буріння, типорозміру долота, буримості і абразивності гірської породи. Тому за умови підтримки постійних параметрів режиму буріння цей показник може бути використаний для оцінювання буримості і абразивності гірських порід в реальному часі.

Із зменшенням показника $K_i(t)$ величина, обернена похідної $\frac{d\varepsilon(t)}{dh(t)}$, збільшується і при $K_i(t) = (K_i(t))_{\min}$ досягає свого максимального значення. Це говорить про те, що максимум проходки на долото може бути отриманий за умови, що в процесі буріння параметри режиму буріння F і n підтримуються на рівнях, які забезпечують

$$K_i(x) \xrightarrow{x \in S} \min, \quad (5)$$

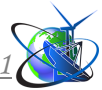
де

$$S = \{(F_i, n_i, Q_i)_{i=1, \dots, N}, F_{\min} \leq F_i \leq F_{\max}; n_{\min} \leq n_i \leq n_{\max}, h_i > 0; Q = \text{const}; M \leq M_{\max}\}.$$

Дійсно, якщо проінтегрувати рівняння (4) при $K_i = \text{const}$, то отримаємо

$$h = \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} \frac{1}{K_i \varepsilon} d\varepsilon = \frac{1}{K_i} \ln \varepsilon, \quad (6)$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – відносний знос озброєння долота на початку і в кінці відпрацювання



долота відповідно.

Із збільшенням відносного зносу озброєння долота $\varepsilon(t)$ механічна швидкість буріння зменшується

$$V_i(t) = \frac{V_0}{\varepsilon(t)}. \quad (7)$$

Отже $\varepsilon(t)$ є узагальненою оцінкою стану озброєння долота. Все сказане дозволяє вважати інтенсивність зміни відносного зносу озброєння долота одним із основних показників процесу буріння. Він може контролюватися за допомогою спеціальних обчислювальних пристроїв, побудованих на обробці інформації про поточне значення проходки долота, яка контролюється за переміщенням верхнього кінця колони бурильних труб. Це дає змогу використати показник K_i для вибору оптимальних параметрів режиму буріння.

Як показали дослідження [2] найбільш інформативним критерієм відробки долота є співвідношення

$$K_i = \frac{M \cdot n}{F \cdot V_i}, \quad (8)$$

де $F = \text{const}$, $n = \text{const}$.

Встановлені закономірності зміни крутного моменту на роторі внаслідок зносу опор шарошок, які мають стійку лінійну залежність в основний період роботи долота і експоненціальну – в завершальний період роботи долота. Ці обставини покладені в основу розробленого алгоритму. Момент підйому долота визначається, виходячи із співвідношення.

$$K_i > \dot{a}(K_i)_c, \quad (9)$$

де $(K_M)_z$ – задане порогове значення.

Оскільки для обчислень використовується інформація про механічну швидкість буріння, то дійсне значення показника K_M спостерігається на фоні завад. Тому для надійного визначення моменту підйому шарошкового долота для заміни застосовано рекурентний G – алгоритм кумулятивних сум [4].

Ще одним важливим показником буріння є проходка на один оборот V_M/n . Якщо побудувати графік залежності $\frac{V_i}{n} = f\left(\frac{F}{D}\right)$, то така крива дає змогу визначити параметр, який характеризує буримість порід.

Отже бачимо, що майже усі показники ефективності процесу буріння базуються на інформації про переміщення $h(t)$ долота на вибої свердловини. Окрім того, проходка на долото $h(t_0)$ входить і до складу таких критеріїв оптимізації як рейсова швидкість

$$V_\delta = \frac{h(t_a)}{t_a + t_{\text{нн}}}, \quad (10)$$

економічна швидкість

$$V_e = \frac{h(t_0)}{t_0 + t_{\text{сп}} + \frac{c}{B_r}}, \quad (11)$$



і собівартість метра проходки

$$\tilde{n} = \frac{\hat{A}_{\tilde{a}}(t_{\tilde{a}} + t_{\tilde{n}\tilde{i}}) + \hat{A}_{\tilde{a}}}{h(t_{\tilde{a}})}, \quad (12)$$

де B_r – вартість 1 години роботи бурової установки; B_d – вартість долота.

Отже проходка долота $h(t)$ є інформативним параметром, який є важливим для вирішення багатьох задач автоматичного контролю і керування. Проте, вимірювання цього параметру здійснюється за переміщенням верхнього кінця колони бурильних труб (КБТ) з похибками, які залежать від багатьох факторів [5]: осьової сили розтягу колони під дією власної ваги, осьової сили стиску нижньої частини КБТ при створенні осьової сили на долото, підйимальної сили промивальної рідини, температури в свердловині, навантаження від дії відцентрових сил при обертанні КБТ, розтягуючого навантаження під час прокачування промивальної рідини, сили від дії тертя КБТ в свердловині, сили згину в похилих свердловинах, динамічних сил, що зумовлені інерційності КБТ.

У кінцевому результаті це призводить до того, що дійсне переміщення долота $h(t)$ на вибої свердловини вимірюють з певною похибкою $e_h(t)$, яку можна трактувати [3] як адитивний шум.

$$\tilde{h}(t) = h(t) + e_h(t). \quad (13)$$

Тому доцільним є формування певних вимог до промислових засобів вимірювання проходки. Створення і впровадження нових засобів вимірювання проходки як і інших технологічних параметрів процесу буріння, що задовільняють вимогам технологічного контролю, зв'язане з рішенням комплексу інформаційних технічних, екологічних і економічних проблем. Інформаційними проблемами є забезпечення вірогідності вимірювань за умов апіорної та поточної невизначеності за наявності різного типу завад і забезпечення оперативного технологічного контролю з вимірюваннями проходки з потрібним кроком дискретизації.

До технічних проблем можна віднести: забезпечення надійної роботи засобів вимірювання в певних кліматичних умовах і складних умовах експлуатації; забезпечення тривалої експлуатації без обслуговування; дотримання вимог вибухобезпеки.

Економічними проблемами є забезпечення ефективного буріння свердловини за рахунок зниження собівартості метра проходки, мінімізація витрат на впровадження засобів вимірювальної техніки, створення надійних, простих і дешевих пристроїв.

До екологічних проблем можна віднести необхідність виключення аварій з долотом і викидів вуглеводнів, запобігання аварійних ситуацій і ускладнень, зв'язаних з поглибленням свердловини і спуско-підйимальними операціями.

Для вимірювання проходки використали давач подачі бурильного інструменту, що входить до складу вдосконаленої газокаротажної станції АГКС-4АЦ (рис.2).

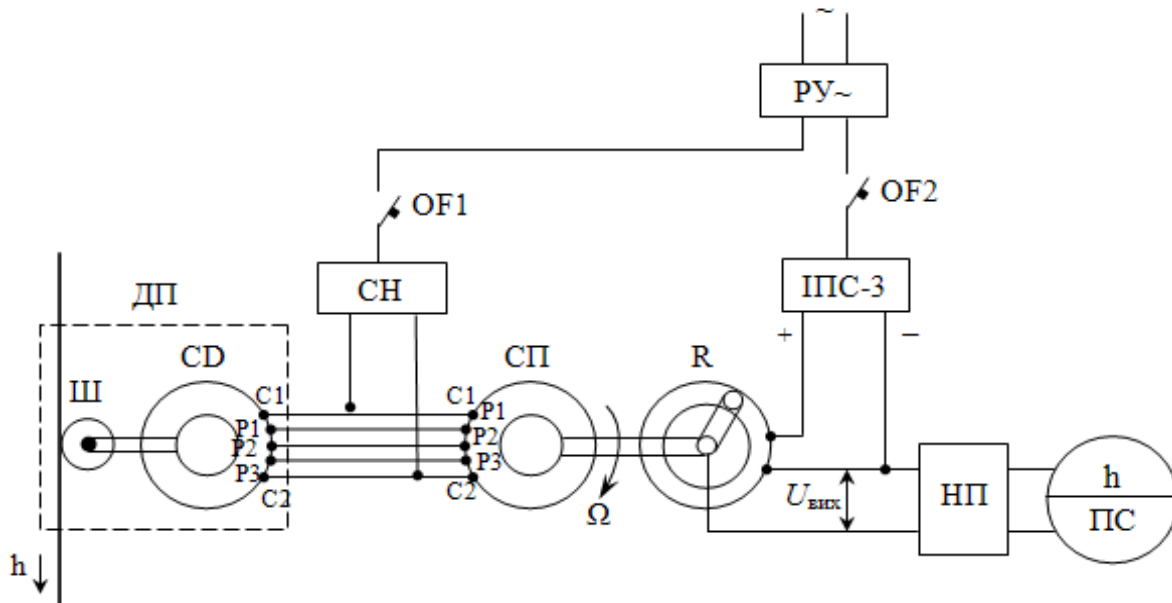
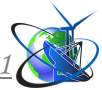


Рисунок 2 – Принципіальна схема пристрою для вимірювання переміщення верхнього кінця колони бурильних труб:

ДП – давач переміщення; **OF1, OF2** – автоматичні вимикачі;

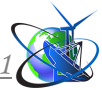
ПУ – розподільна установка змінного струму

Джерело: [2]

Дачач ДП приводиться в рух за допомогою шківa Ш, через який перекинутий сталевий трос діаметром 10мм, прикріплений одним кінцем до вертлюга, а другим – до протизваги, яка переміщується по направляючій. Трос натягнутий у напрямку переміщення протизваги до конструкції бурової вишки. Обертання шківa Ш передається сельсину-давачу СД, до якого за індикаторною схемою під'єднаний приймальний сельсин СП. Застосовані безконтактні сельсини типу БД404А (КЛ1). На валі приймального сельсину СП встановлений реохорд R з коловим переміщенням повзунка для перетворення переміщення троса в аналоговий сигнал. Живлення до нього підводиться від стабілізованого джерела постійного струму типу ПС-3. За допомогою нормуючого перетворювача НП здійснюється установка верхньої межі вимірювання переміщення h колони бурильних труб. Вихідна напруга $U_{\text{вих}}$ його подається на вхід автоматичного потенціометра КСП-2. З блоком живлення, приймальним сельсином і вимірювальним приладом давач ДП з'єднується п'ятижильним кабелем. Під час спуско-підймальних операцій і нарощування бурильного інструменту давач не від'єднується.

Для вимірювання переміщень верхнього кінця колони бурильних труб найбільш ефективним є застосування давачів компанії ASM з вимірювальним сталевим тросом, барабан намотки якого суміщений з прецизійним енкодером (потенціометром), що перетворює довжину (до 60 м) розмотаного тросу в аналоговий (DCV.ACВ, DCmA) або цифровий (TTL, RC232 або CFN) сигнал.

Вбудована в корпус давача переміщень електроніка забезпечує налаштування аналогових сигналів в стандартному діапазоні $1 \div 10\text{В}$, $4 \div 20\text{мА}$, або перетворення цифрових сигналів в форматах інтерфейсів SSI, CFNopen, Device Net, Profibus. Напруга живлення від 5 до 30 В постійного струму.



Перевагою цих давачів переміщень є стійкість до вібрацій, ударів, несприятливих умов середовища застосування і висока швидкість вимірювання позиції об'єкту (до 20 м/с), що дозволяє використовувати його і для вимірювання спуско-підймальних операцій. Крім того, ресурс давача перевищує 100 млн. операцій.

Таблиця 1 – Характеристики давачів переміщень компанії ASM

Тип давача	Діапазон, мм	Робочий діапазон температур, °С	Ступінь захисту
WS 19 KT	0-15000	-10 ÷ +70	IP64
WS 60	0-60000	-10 ÷ +70	IP52

Авторська розробка

Висновок. Був проведений аналіз зв'язків показників ефективності процесу буріння нафтових і газових свердловин на засадах системного підходу, який дозволив встановити, що головним інформативним показником процесу поглиблення є переміщення долота на вибої свердловини, яке контролюється за переміщення верхнього кінця колони бурльних труб і може бути використано в системах контролю, а також оптимального керування процесом буріння для визначення оптимальних керувальних дій, виявлення меж пластів, що відрізняються за міцністю, і виявлення початку завершального періоду роботи долота і моменту логічного завершення рейсу долота.

Література:

1. Драганчук О.Т. Аналіз відпрацювання доліт PDC на родовищах України і світу / О.Т. Драганчук, Т.О. Пригоровська // Нафтогазова енергетика. – 2008. - №4. – С.11-15.
2. Семенцов Г.Н. Автоматизація технологічних процесів в нафтовій і газовій промисловості; [навчальний посібник], ч.IV. Автоматизований контроль меж пластів гірських порід в процесі буріння свердловин на нафту і газ / Г.Н. Семенцов, Я.Р. Когуч // Київ, НАЦ ДК «Укртрансгаз». – 1998. – 204 с.
3. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу / А.П. Ладанюк // Вінниця: Нова книга – 2004. – 173с.
4. Горбійчук М.І. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин / М.І. Горбійчук, Г.Н. Семенцов // Івано-Франківськ: Факел, 2003 – 493 с.

Abstract. The analysis of viscosity indicators of the effectiveness of the process of drilling naphtha and gas drills on ambushes of a systematic approach allows us to establish what is the main informative indicator of the process of sinking and moving the bit on any drill. Please, how to control the movements of the upper end of the drill pipe column and can be used in control systems, as well as the optimal drilling process to determine the optimal drilling operations, identifying between layers that are divided into minerals, and identifying the beginning of the final period of bit operation and the moment of logical completion of the bit run.

Key words: drilling process, system approach, worn bit, optimization, trip fluidity, bit penetration.

Стаття відправлена: 05.02.2024 р.

© Шавранський М.В., Лагойда Л.І., Зварич Г.Г., Матеїк Г.Д.



UDC 666.97.035

**TECHNOLOGY OF CONCRETE AND BUILDING MORTARS
TECHNOLOGY USING SECONDARY MINERAL RESOURCES
ТЕХНОЛОГІЯ БЕТОНУ ТА БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
ВТОРИННИХ МІНЕРАЛЬНИХ РЕСУРСІВ**

Dekhta Tetiana / Дехта Тетяна Миколаївна

доцент

ORCID: 0000-0001-5023-3070

Bondarenko Serhii / Бондаренко Сергій Вадимович

доцент

ORCID: 0000-0001-9947-721X

Vasylenko Svitlana / Василенко Світлана Володимирівна

асистент

ORCID: 0000-0001-8687-4726

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
вул. Академіка Олега Петрова 24-а, Дніпро, 49600*

Анотація. На звалищах, відвалах і сховищах Придніпров'я накопичилися десятки мільйонів тон різних вторинних мінеральних ресурсів - золошлакові суміші теплових електростанцій (ТЕС), тощо).

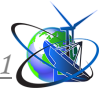
Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показали, що вібровакуумування є більш ефективним методом ущільнення золошлакових бетонів у порівнянні з традиційним методом вібраційного ущільнення. Ущільнення бетонних сумішей за допомогою вібраційного вакууму дає можливість значно збільшити щільність, міцність, морозостійкість та інші властивості таких бетонів. У бетонів з однаковою міцністю можливо зменшити витрати цементу. При цьому можливо провести негайну розпалубку, а також значно скоротити тривалість термічної обробки. Запропонований метод формування не вимагає значних капітальних витрат на впровадження, оскільки при цьому застосовується стандартне обладнання, що широко використовується в будівельній галузі та технології залізобетону. Актуальністю роботи є розробка і дослідження технології вібровакуумної обробки бетонних сумішей на основі вторинних мінеральних ресурсів, яка дозволяє отримувати бетони високої якості (підвищена щільність з міцністю та іншими властивостями). Запропоновано спосіб поліпшення якості золошлакового вакуумбетону за рахунок добавки електроліту в невеликій кількості в бетонну суміш при її приготуванні. Досліджено основні властивості віброущільнених і вібровакуумованих бетонів на основі вторинних мінеральних ресурсів, проведена порівняльна оцінка цих властивостей, доведено переваги вакуумбетонів.

Найбільш об'єктивну оцінку характеристик міцності та інших фізико-механічних властивостей бетону на основі вторинних мінеральних ресурсів, ущільненого вібраційним вакуумом, можливо отримати у виробничих умовах, наприклад, на залізобетонних заводах.

Ключові слова: вторинні мінеральні ресурси, золошлакові суміші, вібровакуумування, бетонні суміші.

Вступ. Приклад використання вакуумної технології ущільнення бетону наведено в роботі [2]. Однак був використаний легкий бетон. Він має тенденцію ламатися через високий тиск вакуумування. Тому подальші дослідження використання вторинних мінеральних ресурсів базуються на важких бетонах.

Перше повне узагальнення результатів наукових досліджень, а також виробничого досвіду з використання золошлакових відходів ТЕС наведено в 30-ті роки минулого століття. Була доведена висока ефективність використання



золошлакових відходів ТЕС при виробництві пуцоланових цементів, виготовленні стінових каменів, для виробництва легких заповнювачів, приготування легких (теплих) бетонів.

Була введена класифікація відходів ТЕС від спалювання вугілля, де вказано розділення їх на шлаки (частково розплавлені і спечені частки) і золи (дрібні неспечені частки). У свою чергу, шлаки, в залежності від виду палива, що спалюється, поділялися на: антрацитові, кам'яновугільні, буровугільні, торф'яні, горючі сланці [3]. Це визначає необхідність комплексних досліджень складу та властивостей мінеральної частини різного вугілля, яке спалюють на електростанціях, оскільки основною причиною недостатнього використання золошлаків в народному господарстві є незадовільний стан вивчення в якості сировини. Також без ретельного вивчення таких відходів та їх впливу на гідратацію, твердіння, а також експлуатаційні властивості золобетонів їх виробництво неможливо [4].

Також запропоновано класифікацію цих відходів, в основу якої покладено такі ознаки, як вид палива, що спалюється, спосіб спалювання, хімічний і мінералогічний склад мінеральної частини палива, структура і зовнішні ознаки шлаків. Було відзначено, що для характеристики технічних властивостей паливних шлаків набагато більше значення мають його зовнішні морфологічні ознаки, такі як структура, ступінь оклінкерованості, гранулометрія і колір, а не вихідний вид палива. Основна увага була приділена паливним шлакам, а склад і властивості золи-виносу практично не розглядалися [5]. При більш високому рівні заміщення природного піску в бетонах та будівельних розчинах шлаком, бетон показав меншу міцність, ніж у стандартній суміші, ущільненій вібраційним способом [6].

Незначні обсяги і низька ефективність використання золи на підприємствах будіндустрії, малі обсяги утилізації відходів енергетики не дозволяють проектувати на великих теплових електростанціях маловідходні і безвідходні технології. Недоліки золошлакових сумішей менше проявляються при використанні їх в гідротехнічному будівництві, де клас бетону визначається у віку 180 діб. На більшості підприємств будівельної індустрії при приготуванні бетонів для громадського, промислового і сільськогосподарського будівництва цей напрям виявився малоефективним, і зола-виносу практичного застосування не знайшла [7]. Неоднорідний склад золи ТЕС є одним з найбільших недоліків, які скорочують її використання. При високому вмісті крупних частинок золи-виносу (більш 0,045 мм), а також при збільшенні вмісту незгорілих частинок вугілля потреба в воді зростає. Це призводить до розшарованості бетонної суміші при ущільненні. А також до зменшення фізико-механічних властивостей золобетонів, зниження довговічності виробу або конструкції [8].

Оскільки золошлакові суміші становлять основну частину відвалів більшості теплових електростанцій, що спалюють пиловидне паливо, вони представляють особливий інтерес для підприємств будівельної індустрії, як компонент бетону. Постійно зростаючі запаси цієї сировини змогли б значно знизити існуючий дефіцит наповнювачів бетону [9].



Основна частина.

Метою дослідження є вдосконалення технології бетонів на основі вторинних мінеральних ресурсів. На практиці при цьому використовується оптимізація складу бетону за допомогою введення золи в якості традиційних заповнювачів для бетону. А також через використання вібраційної вакуумної обробки бетонних сумішей.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- підібрати раціональні склади бетонних сумішей для вакуумної обробки;
- дослідити основні фізико-механічних властивості вібровакуумованих бетонів на основі вторинних мінеральних ресурсах Придніпров'я;
- розробити технологію вібровакуумованих бетонних виробів на основі вторинних мінеральних ресурсах Придніпров'я.

Золошлакові суміші теплових електростанцій

Одна з найбільших в Європі Придніпровська ТЕС, щодня викидає на звалища тисячі тон золошлакових сумішей, завдаючи значної шкоди навколишньому середовищу.

Зерна пиловидної золи – це крихітні частинки розміром від декількох мікрон до 0,14 мм. Велика частина зерен ошлакована і округла. Частина зерен відшліфована лише зовні – під склоподібною оболонкою знаходяться мінерали, які не встигли розплавитися в момент згорання пилоподібного вугілля в печі. Структура самого зерна обумовлена його дуже коротким перебуванням у зоні високих температур. В результаті швидкого підвищення температури майже одночасно відбувається вигорання органічних речовин, що містяться у вугіллі, і спікання мінеральної частини. Газ, що виділяється під час цього процесу, спучує розплав. Різке охолодження зерен стабілізує склоподібну фазу. В результаті частинки пилоподібної золи є розплавленими зернами, багато з яких мають крихітні, переважно закриті пори.

Шлаки представляють собою склоподібні зерна розміром 0,3...20 мм неправильної форми з гострими гранями. Значна частина зерен має пори різних розмірів, які утворилися під дією пари при попаданні вогненно-рідкого шлаку в воду. Іноді зустрічаються в даній суміші більші включення шлаку - розміром до 40 мм. Хімічний склад золошлакових сумішей наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Хімічний склад золошлакових сумішей ТЕС

Вид відходів	Склад оксидів, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO+ +Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	В.п.п.
Зола	41... ...53	15... ...22	5...9	0,5	3...4	1...1,6	0,4... ...0,8	10... ...14
Шлак	48... ...56	20... ...28	9...13	0,5	4,5...5	1...1,6	0,5... ...0,6	0...1



Для приготування бетонних сумішей використовували наступні матеріали:

- шлакопортландцемент М400 (м. Кривий Ріг) (ДСТУ Б В.2.7-46-2010);
- зола-виносу Придніпровської ТЕС (ДСТУ Б В.2.7-205:2009);
- вода водопроводна (ДСТУ Б В. 2.7.-273:2011);
- електроліт - CaCl_2 (ДСТУ Б В.2.7-175:2008. ДСТУ Б В.2.7-69-98).

Бетонні суміші готували з однаковою рухливістю, яка характеризується осіданням стандартного конуса – ОК = 5...6 см.

Результати досліджень авторів [15] вказують на високу потребу у воді золобетонних сумішей. Це, на наш погляд, є основною причиною низької міцності зольного бетону при помірних витратах цементу.

Спочатку визначали ефективність вібровакуумної обробки звичайних золобетонних сумішей (без додавання електроліту). В цих дослідженнях використовували бетонну суміш із витратою цементу 280 кг/м^3 . Зразки $15 \times 15 \times 7$ см формували за допомогою вібровакуумування (з метою зменшення впливу масштабного фактору). Попереднє ущільнення бетонної суміші у формах проводили вібраційним методом протягом 7...10 с. Потім ці зразки піддавали вакуумуванню до припинення видалення надлишків води для змішування. Величина вакууму становила 0,7 (загальний вакуум приймався за одиницю). Під час вакуумування проводили періодичну вібрацію тривалістю 8...10 с кожні 1,5...2 хв (виконували два прийоми вібрації) [16].

Додавання електроліту в кількості 0,2...0,7 % від витрати цементу може суттєво збільшити кількість вилученої надлишкової води, зменшуючи при цьому тривалість вакуумування. При всіх прийнятих витратах цементу раціональне додавання електроліту становило 0,4...0,5 %. Завдяки цьому додаванню було отримано найбільшу кількість вилученої надлишкової води замішування (110 л/м^3 або 37 %). А тривалість вакуумної обробки зменшена з 6 хвилин до 4...4,5 хвилин, що дуже важливо в умовах виробництва [16].

Ці закономірності підтверджуються і результатами аналізу міцності вакуумних бетонів на основі золошлакових сумішей ТЕС (рисунок 1).

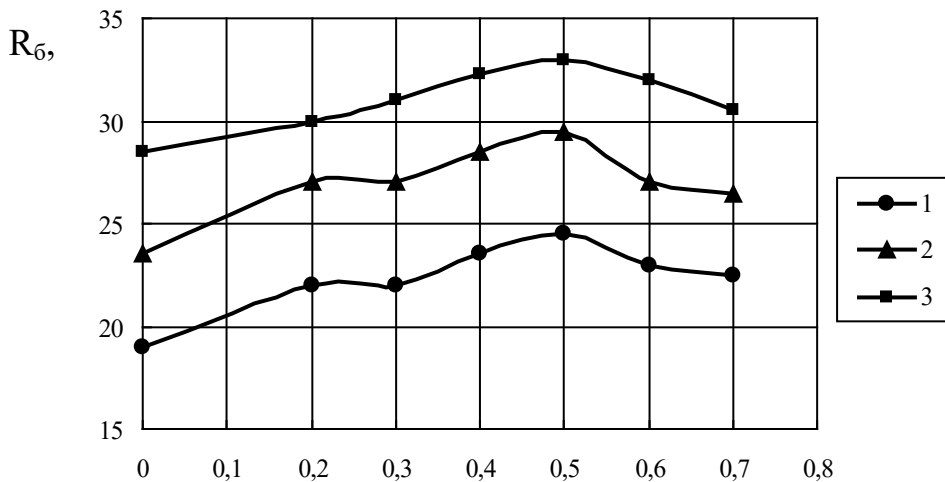


Рисунок 1 - Межа міцності золошлакового вакуумбетону залежно від витрати електроліту: 1 – при витратах цементу 280 кг/м^3 ; 2 – теж, при 350 кг/м^3 ; 3 – теж, при 400 кг/м^3



Вакуумбетони, отримані з бетонних сумішей з додаванням електроліту, мають більшу міцність порівняно з міцністю вакуумбетонів із бетонних сумішей без такої добавки. При раціональній витраті електроліту було досягнуто найбільше збільшення міцності – на 17...22 % (порівняно з міцністю вакуумбетонів із бетонних сумішей без додавання електроліту). Отримані результати переконливо пояснюються за допомогою теорії коагуляції електролітами.

У цьому випадку раціональна тривалість вакуумування становила 6 хв (виходячи зі швидкості видалення надлишку води змішування).

Широке використання в будівництві бетонів на основі відходів ТЕС дає можливість вирішити проблему місцевих заповнювачів, а також сприяє охороні навколишнього середовища [17-18].

Висновки.

1. При підборі раціональних складів бетонних сумішей для вакуумної обробки визначена оптимальна рухливість вихідної бетонної суміші, яка обумовить найбільш компактне розміщення складових в процесі вакуумування (найбільшу щільність). Така рухливість суміші зростає в міру зниження витрати цементу (з ОК = 1...2 см до 5...7 см).

2. Результати досліджень основних властивостей вібровакуумованих золошлакових бетонів підтвердили що, міцність золошлакового вакуумбетона в середньому вище міцності віброущільненого бетону з рухомих сумішей на 6...10 МПа або на 60...100 % (в залежності від витрати цементу).

3. Завдяки розробці технології вібровакуумованих виробів на основі бетонів на вторинних мінеральних ресурсах Придніпров'я надається можливість використовувати існуюче технологічне обладнання без принципових конструктивних змін, здійснювати негайне розпалублення відформованих виробів, що суттєво зменшує металоємність технології.

Список література / References

1. Mariusz Holtzer, Rafał Dańko, Angelika Kmita, Dariusz Drożyński, Michał Kubecki, Mateusz Skrzyński, Agnieszka Roczniak (2020). Environmental Impact of the Reclaimed Sand Addition to Molding Sand with Furan and Phenol-Formaldehyde Resin-A Comparison // *Materials*, Vol. 13, P. 4395. <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/19/4395>

2. Sang-Yeop Chung, Pawel Sikora, Dietmar Stephan, Mohamed Abd Elrahman (2020). The Effect of Lightweight Concrete Cores on the Thermal Performance of Vacuum Insulation Panels // *Materials*, Vol. 13, P. 2632. <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/11/2632>

3. Xiaohui Zhu. Properties of Alkali Activated Slag Concrete // *Chemical Engineering TransactionsCET Journal*, 2017. Vol. 62. P. 1009 – 1014. <https://doaj.org/article/4d39fc854a7e44749abd80068fa052c2>

4. Rimma K. Niyazbekova, Muratbek T. Userbaev, Gulnara A. Kokayeva, Lazzat S. Shansharova, Marat D. Konkanov, Saule A. Abdulina. Ash Deposits CHP – as an Additional Source of Raw Material for Construction Production // *Chemical Engineering TransactionsCET Journal*. 2018. Vol. 70 P. 649 – 654.



<https://doaj.org/article/56ad70ca5c6f438ab01cc7ac39af3b30>

5. Madhura Sridharan. Ch. Madhavi. Investigating the influence of copper slag on the mechanical behaviour of concrete // *Materialstoday: Proceedings*, 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320388039>

6. Thuy Bich Thi Nguyen, Rachot Chatchawan, Warangkana Saengsoy, Somnuk Tangtermsirikul, Takafumi Sugiyama. Influences of different types of fly ash and confinement on performances of expansive mortars and concretes. 2019. Vol. 209. P. 176 – 186. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819305124>

7. Savić Aleksandar, Vlahović Milica, Martinović Sanja, Đorđević Nataša, Broćeta Gordana, Volkov-Husović Tatjana. Valorization of fly ash from a thermal power plant for producing high-performance self-compacting concrete. 2020. Vol. 52, Issue 3. P. 307 – 327. <https://doaj.org/article/5e528041df1344bf9e3adea1ad3a8558>

8. M. Rafieizonooz, M.R. Salim, M.H. Hussin, J. Mirza, S.M. Yunus, E. Khankhaje . Workability, Compressive Strength and Leachability of Coal Ash Chemical Engineering Transactions CET Journal. 2017. Vol. 56. P. 439 – 444. <https://doaj.org/article/baced1e274354d52ba08ecd05644c32d>

9. Guo Yin-Le, Liu Xue-Ying, Hu Yue-Ping. Study on the influence of fly ash and silica fume with different dosage on concrete strength // *Internatio Symposium on Architecture Research Frontiers and Ecological Environment*. 2021. Vol. 237. doi: <https://doaj.org/article/a83ba35c625b4bce9d74f05ea549ec21>

10. Bavita Bhardwaj, Pardeep Kumar (2017). Waste foundry sand in concrete: A review // *Construction and Building Materials*, Vol. 156, P. 661-674. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817318111>

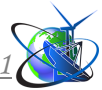
11. Rafat Siddique, Gurpreet Singh (2011). Utilization of waste foundry sand (WFS) in concrete manufacturing // *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 55, P. 885-892.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344911000802>

12. Сторожук Н.А., Павленко Т.М., Аббасова А.Р. Незаслуженно забытый способ уплотнения бетонных смесей // *Технологии бетонов*. – 2018. – № 1-2. – С. 27-31. *Storozhuk M.A., Pavlenko T.M., Abbasova A.R. Undeservedly forgotten method of compacting of concrete mixes // Concrete Technology*. – 2018. – № 1-2. – P. 27-31.

13. Рациональное использование золошлаковых смесей, зол и шлаков ТЭС в технологии бетонов / Н. В. Савицкий, Т. М. Павленко, А. Р. Аббасова // *Бетон и железобетон*. – 2014. – № 3. – С. 28 – 31. *Rational use of ash and slag mixtures, ash and slag from TPPs in concrete technology / NV Savitsky, TM Pavlenko, AR Abbasova // Concrete and reinforced concrete*. - 2014. - No. 3. - P. 28 - 31.

14. Сторожук, Н. А., Павленко Т. М., Аббасова А. Р. Основы теории формирования структурной прочности вакуумбетона при уплотнении бетонных смесей // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – 2020. – №81. – С. 139-148. *Storozhuk M.A., Pavlenko T.M., Abbasova A.R. Regularities of forming the structural strength of vacuum concrete when compacting concrete mixes // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2020, no. 81, P. 139-148.



15. Эффективный способ использования золы тепловых электростанций в технологии бетонов / Сторожук Н.А., Павленко Т.М., Аббасова А.Р. // «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». Том 29 (68) № 5, 2018. – С. 98 – 104. *Effective method of using ash of thermal power plants in concrete technology / Storozhuk NA, Pavlenko TM, Abbasova AR // "Scientific notes of Tavriya National University named after VI Vernadsky. Series: Technical Sciences ". Volume 29 (68) № 5, 2018. - P. 98 - 104.*

16. Tatyana Dekhta / Experimental Investigation and Theoretical Background of the Optimal Control of the Concrete Mixture Forming // Pavlo Pshinko, Olena Hromova, Oksana Steinbrech; *Komunikácie - vedecké listy Žilinskej univerzity v Žiline / Communications - Scientific Letters of the University of Žilina. – Slovakia, №2, 2023 – P. D39 – D42 : DOI: 10.26552/com.C.2023.034*
<https://komunikacie.uniza.sk/contents/csl/2023/02.pdf>

17. Дехта Т. М., Шпирько М. В., Бондаренко С. В., Василенко С. В. Будівельне матеріалознавство: навчальний посібник. - Дніпро: ДВНЗ «ПДАБА», 2022. - 115 с. ISBN 978-966-323-229-4.

18. Дехта Т. М. Системний аналіз в технології будівельних матеріалів / О.В. Штайнбреш, // Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції Проблеми математичного моделювання – Кам'янське, 27-28 травня, ДДТУ, 2020. – С. 97 – 98. https://docs.google.com/document/d/1Ju4wT6k4xTkU0sR2-bS-VGfLWi_F3Wamf6XdKYfngd0/edit

Abstract. *Tens of millions of tons of various secondary mineral resources have accumulated in landfills, dumps and storage facilities of the Dnieper region - ash-and-slag mixes of thermal power plants (TPPs), etc.).*

Theoretical and experimental studies showed that vibrovacuumizing is a more effective method of compaction of ash-and-slag concrete compared to the traditional vibration method. Compaction of concrete mixes using a vibrating vacuum makes it possible to increase substantially density, strength, frost resistance and other properties of such concretes. For concretes, having the equal strength, it is possible to reduce cement consumption. At the same time, immediate dismantling, as well as significant reducing the duration of heat treatment, is also possible. The proposed moulding method does not require large capital expenditures for implementation, since it uses standard equipment that is widely used in the construction industry and reinforced concrete technology. The relevance of the work is the development and research of the technology of vibrovacuum processing of concrete mixes on the basis of secondary mineral resources, which makes it possible to obtain high-quality concretes with increased density, strength and other properties. A method for improving the quality of ash-and-slag vacuum concrete by adding a small amount of electrolyte to the concrete mix during its preparation is proposed. The main properties of vibrated and vibrovacuumized concretes on the basis of secondary mineral resources are studied, a comparative assessment of these properties is carried out, and the advantages of vacuum concrete are proved.

The most objective assessment of the strength characteristics and other physical and mechanical properties of concrete on the basis of secondary mineral resources compacted by a vibrating vacuum is possible to get it in production conditions, for example, in reinforced concrete plants.

Keywords: *secondary mineral resources, ash-and-slag mixes, vibrovacuumizing, moulding, concrete*



APPLICATION OF STATISTICAL ANALYSIS FOR MEDICAL DATA ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

Doroshenko I.V. / Дорошенко І.В.

s. p.-m.s., as.prof. / к. ф.-м.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8729-1768

Knihnitska T.V. / Кнігніцька Т.В.

Doctor of Philosophy in Mathematics and Statistics /

доктор філософії у галузі математики та статистики

ORCID: 0000-0003-4614-5945

Chernivtsi National University, Chernivtsi, Kotsyubynskoho 2, 58012

Чернівецький національний університет, Чернівці, вул.Коцюбинського 2, 58012

Анотація. В статті розглянуто використання різноманітних статистичних підходів і методів машинного навчання в медицині. Проведено модельний аналіз на прикладі пацієнтів, де визначено фактори, що впливають на ймовірність виникнення інсульту. Здійснено аналіз даних, щоб встановити взаємозв'язок між фізичними характеристиками пацієнта, його шкідливими звичками, способом життя та ймовірністю виникнення інсульту. Для оцінки взаємозв'язку числових даних були побудовані моделі лінійної регресії та модель логістичної регресії для прогнозування ймовірності інсульту.

Ключові слова: статистичний аналіз, машинне навчання, лінійна регресія, логістична регресія.

Вступ.

Збільшення об'єму інформації в медицині та біології показало, що статистика є потужним інструментом концентрації знань, оскільки медицина є модельперш за все наукою експериментальною. Сучасні медичні дослідження є міждисциплінарними і тому вимагають обов'язкової участі спеціаліста-біостатистика.

1. Постановка задачі

Протягом останнього чвертьстоліття відбувся значний прогрес в галузі науки та техніки. Людство досягло успіхів у створенні роботів, які можуть виконувати різноманітні завдання надаючи допомогу у різних сферах людської діяльності. Сучасні досягнення вже не вражають нікого туристичним польотом у космос чи подорожжю міжконтинентальною ракетою навколо Землі. З неабиякими технологічними досягненнями люди, на жаль, продовжують стикатися з різними захворюваннями. Другою за частотою причиною смерті після раку є інсульт. За статистикою Всесвітньої організації охорони здоров'я, 11% всіх смертей пов'язані з крововиливом в мозок – інсультом. Відомо, що клітинний рівень організму людини залишається малодослідженим. Таким чином, застосування статистичного аналізу даних може допомогти виявити зв'язок між фізичними характеристиками пацієнтів, шкідливими звичками, віком та іншими факторами і випадками інсульту.

Основна мета цього дослідження полягає в пошуку відповідей на наступні питання:

- Чи впливає куріння на ймовірність інсульту?
- Чи впливає гіпертонія на ймовірність інсульту?
- Чи впливає вік на ймовірність інсульту?



- Чи існує лінійна залежність між індексом маси тіла та середнім рівнем глюкози в організмі, віком пацієнта?

Для вирішення цих завдань розглянемо моделі звичайної лінійної регресії та модель логістичної регресії. Основна різниця полягає в тому, що залежна змінна для лінійної регресії повинна бути числового типу, тоді як для логістичної регресії - факторного. Логістична регресія дозволяє класифікувати пацієнтів за ймовірністю на дві групи (0 - НІ, 1 - ТАК). Поза роботою над основними чотирма питаннями дослідження розглянемо описову статистику, обробку відсутніх значень та використання статистичних тестів. Інтелектуальний аналіз факторів, які впливають на ймовірність інсульту, може допомогти кожному робити висновки та розуміти важливі аспекти цього дослідження.

Дані були отримані з платформи Kaggle за наступним посиланням <https://www.kaggle.com/datasets/fedesoriano/stroke-prediction-dataset>. Дані складаються з 12 стовпців з 5110 записами. Інформація про атрибути містить:

- 1) id: унікальний ідентифікатор;
- 2) gender: «Чоловік», «Жінка»;
- 3) age: вік пацієнта;
- 4) hypertension: 0 - немає гіпертонії, 1 - є гіпертонія;
- 5) heart disease: 0 - немає захворювань серця, 1 - є захворювання серця;
- 6) ever married: "Ні" або "Так";
- 7) work type: "діти", " державна ", " ніколи не працював ", "приватна";
- 8) Residence type : "Сільський" або "Міський";
- 9) avg_glucose_level;
- 10) bmi (індекс маси тіла);
- 11) smoking_status : "раніше кури́в", "ніколи не кури́в", "кури́ть " або "невідомо";
- 12) stroke (інсульт): 1 - був інсульт, або 0 - якщо ні.

Для візуалізації світової карти рівня смертності від інсульту на 100 000 населення ми використовуємо ще один набір даних із <https://www.worldlifeexpectancy.com/cause-of-death/stroke/by-country/>.

Побудуємо карту світу, на якій відображено рівні смертності від інсульту для країн (183 країни), які вказані в цьому наборі даних (рис. 1).

Як видно з рис. 1, країни з найнижчим рівнем смертності від інсульту включають Австралію, США, Канаду та країни Європи.

2. Результати

Набір даних містить числові та факторні змінні. Наприклад, змінна gender є фактором типу (чоловічий, жіночий, інший).

На рис. 2 представлено індекс маси тіла в залежності від віку. Після досягнення 40 років людина будь-якого індексу маси тіла може стикнутися з ризиком інсульту. Таким чином, ймовірність виникнення інсульту зростає після 40 років для всіх груп населення. Цікаво відзначити, що на тому ж рисунку індекс маси тіла не має чіткої взаємозв'язку з інсультом. Пацієнти з різними значеннями індексу маси тіла можуть уникнути ризику інсульту.

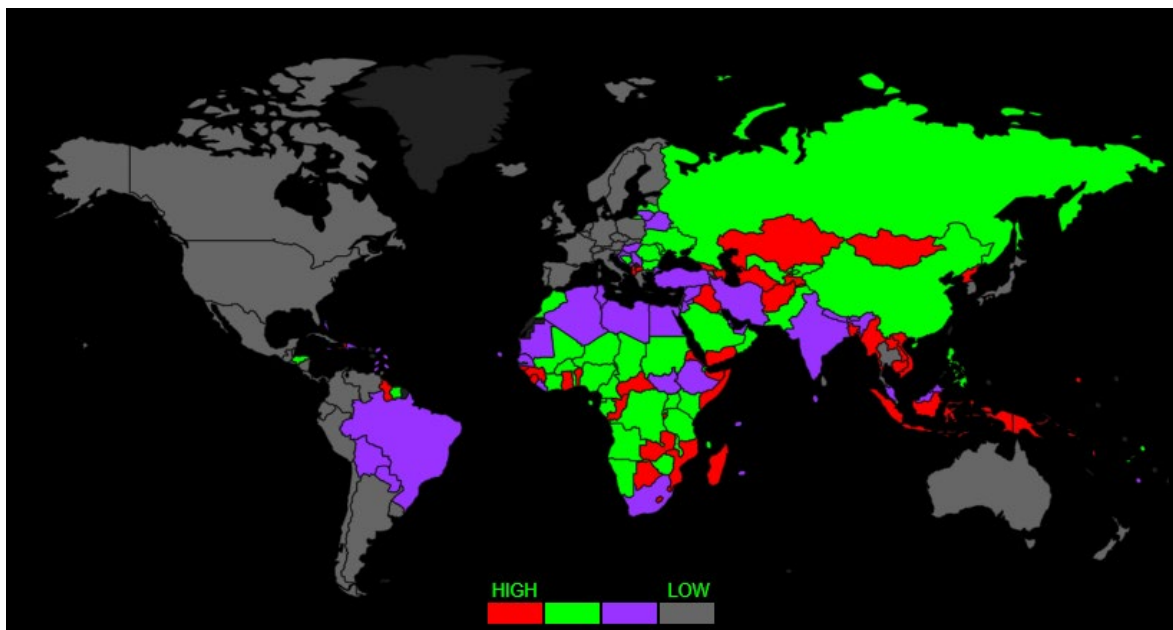


Рис. 1 «Смертність від інсульту на 100 000 населення»

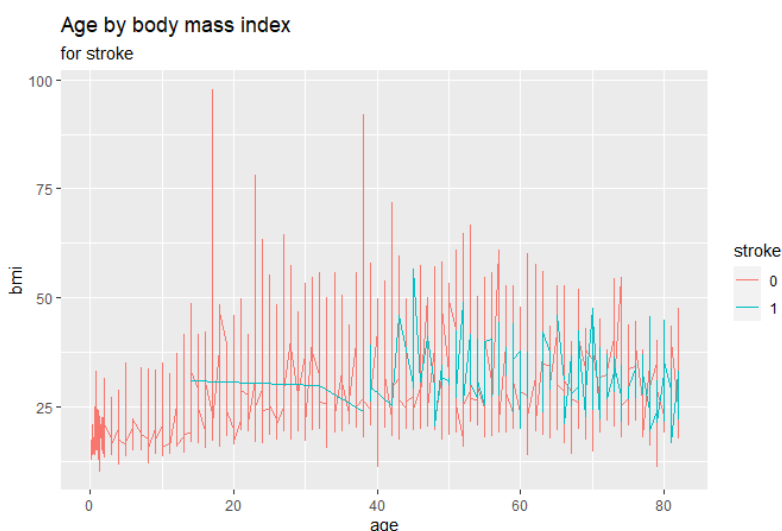


Рис. 2 «Індекс маси тіла за віком»

На рис. 3 представлена корелограма даних. Схематично видно, що атрибути або стовпці в початковому наборі даних не виявляють значущої кореляції між собою. Кореляція розглядається як слабка, якщо коефіцієнт кореляції знаходиться в межах від -0,3 до 0,3.

Тепер створимо модель лінійної регресії, щоб визначити, чи існує лінійна залежність між індексом маси тіла та середнім рівнем глюкози. На рис. 4 відображено цю взаємозалежність, де індекс маси тіла виступає залежною змінною, а середній рівень глюкози – незалежною змінною.

Рівняння лінійної регресії має такий вигляд:

$$bmi = 25.63 + 0.03 * avg_glucose_level.$$

Тепер розглянемо, як вік впливає на середній рівень глюкози. З цією метою ми побудуємо іншу модель лінійної регресії та представимо її на графіку (рис. 5). З рисунку 5 видно, що зі збільшенням кількості років пацієнта середній рівень глюкози також зростає.

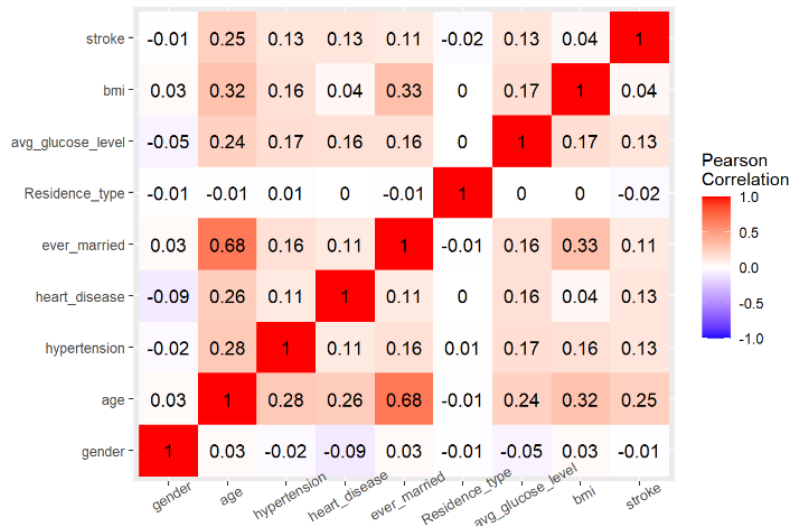
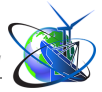


Рис.3 «Корелограма»

Simple Linear Regression Model

The relationship between average glucose level and body mass index

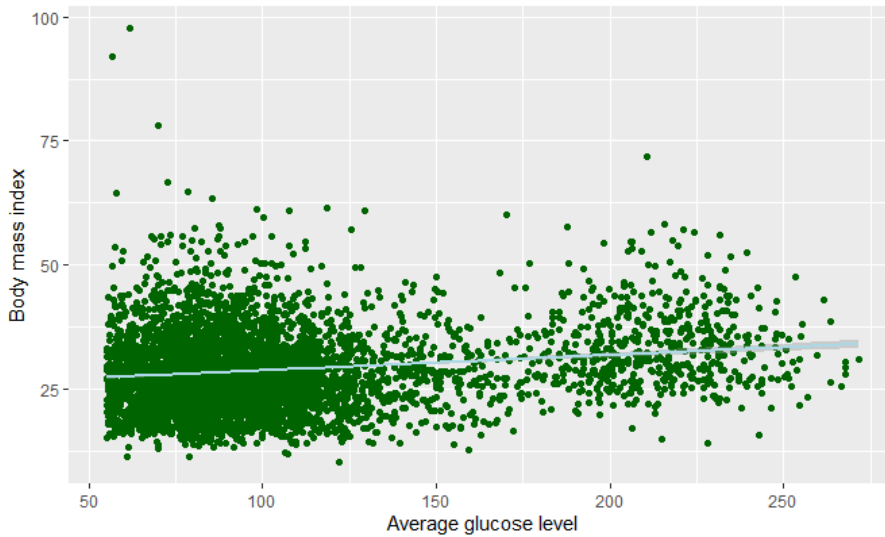


Рис. 4 «Модель лінійної регресії для ВМІ»

Simple Linear Regression Model

The relationship between average glucose level and age

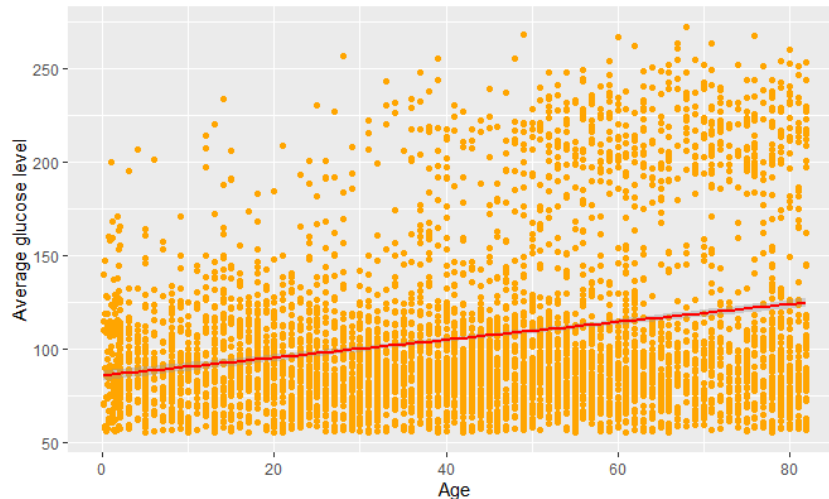


Рис. 5 «Модель лінійної регресії для змінної *average_glucose_level*»



Рівняння лінійної регресії для цієї залежності має наступний вигляд:

$$\text{average glucose level} = 85.53 + 0.47 * \text{age}.$$

Важливо відзначити, що обидві побудовані моделі є нерепрезентативними. Іншими словами, існують інші фактори, які впливають на змінну відповіді. Цей висновок став очевидним після аналізу значень коефіцієнтів детермінації. Звичайно прийнято вважати модель прийнятною, якщо коефіцієнт детермінації перевищує 80%. У нашому випадку цей показник становить приблизно 10% в обох випадках.

Лінійна регресія не може служити інструментом для визначення ймовірності того, чи стане пацієнт жертвою інсульту. У нашому випадку відповідна змінна *stroke* може приймати лише два можливі значення. Тут на допомогу приходить логістична регресія, яка дозволяє отримати відповідь у вигляді ймовірності від 0 до 1.

Отже, логістична регресія - це метод, який використовується для прогнозування залежної змінної (інсульт), заданої незалежними змінними (вік, індекс маси тіла тощо), так, що залежна змінна є категоріальною.

Формула моделі логістичної регресії:

$$P(X) = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}}{e^{(\beta_0 + \beta_1 X)} + 1}$$

У логістичній регресії, коли значення незалежної змінної збільшується на одиницю вимірювання, показник змінюється з логарифмом коефіцієнта β_0 .

Таблиця 1. показує результати моделі логістичної регресії. Ми не перераховуємо всі незалежні змінні в таблиці, щоб не обтяжувати звіт. Змінні, не зазначені в таблиці, є статистично незначущими. Тобто вони не впливають на змінну *stroke*.

Таблиця 1. - Результати регресії

	Оцінка	Pr(> t)
(Intercept)	-5,922908	2.14e-13 ***
age	0,072741	< 2e-16 ***
hypertension1	0,563302	0,00348 **
heart_disease1	0,342615	0,13270
ever_marriedYes	-0,233803	0,37770
Residence_typeUrban	-0,102680	0,53266
avg_glucose_level	0,002709	0,06287.
`work_type_Self-employed`	-1,438607	0,09906
`smoking_status_never smoked`	-0,244233	0,20289
smoking_status_smokes	-0,074173	0,77644

Тому змінні *age* та *hypertension* є статистично значимим для ймовірності отримати інсульт.

Висновки.

У даному дослідженні проведено модельний аналіз пацієнтів, де визначені фактори, що впливають на ймовірність виникнення інсульту у пацієнтів.



Проведений аналіз даних стосується встановлення зв'язку між фізичними характеристиками пацієнта, його шкідливими звичками, способом життя та ймовірністю інсульту. Для числових даних використовувались моделі лінійної регресії. Оскільки змінна відповіді "інсульт" має факторний характер, була розроблена модель логістичної регресії для прогнозування ймовірності виникнення інсульту. Всі аналізи та обробка даних виконані за допомогою середовища R.

Література:

[1] . Neil C. Jones, Pavel A. Pevzner An Introduction to Bioinformatics Algorithms. Cambridge, Massachusetts: London.- 2004. – 436 p.

***Abstract.** The article explores the application of diverse statistical approaches and machine learning methods in medicine. A model analysis was conducted using patient data, where factors influencing the likelihood of stroke occurrence were identified. Data analysis was carried out to establish the correlation between the patient's physical characteristics, harmful habits, lifestyle, and the probability of stroke occurrence. Linear regression models and a logistic regression model were constructed to assess the correlation of numerical data and predict the probability of stroke occurrence.*

***Keywords:** statistical analysis, machine learning, linear regression, logistic regression.*

Стаття відправлена: 20.02.2024 р.

© Дорошенко І.В.



УДК 004.925

**GRAPHIC DESIGN SYSTEMS:
SELECTION CRITERIA FOR ENGINEERING EDUCATION
ГРАФІЧНІ СИСТЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ:
КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ**

Makhynko V. M. / Махинько В. М.*d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0003-2039-5137

Sharan A. V. / Шаран А. В.*s.t.s., as. prof. / к.т.н., доц.***Bespalyi V. H. / Беспалий В. Г.***Student / студент**National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, Володимирська 68, 01601*

Анотація. Сучасна сфера технічного навчання потребує використання різноманітних графічних систем. Вони розширюють можливості викладачів і здобувачів вищої освіти щодо ефективної взаємодії з технічними ідеями й концепціями, надають доступ до вивчення нових методів проєктування, вирішення складних інженерних завдань та створення інноваційних технічних рішень. У статті показано важливість графічних систем як елементів технологічного проєктування в закладах професійно-технічної та вищої освіти, розглянуто критерії вибору таких систем для їх впровадження у навчальні програми. Особливу увагу звернено на вільне програмне забезпечення, обґрунтовано його переваги для освітніх установ. Наведена інформація допоможе правильно обрати графічну систему з врахуванням технічних, технологічних і фінансових аспектів. Провівши порівняльний аналіз найпоширеніших графічних систем, запропоновано використання програмного комплексу QCAD для вирішення різноманітних завдань двовимірного проєктування. Показано, що впровадження цієї системи підвищить ефективність початкового навчання та сприятиме подальшому розвитку студентів у сфері технічного проєктування.

Ключові слова: графічна система, вільне програмне забезпечення, 2D-проєктування, критерії вибору, інженерна освіта.

Вступ.

У сучасному світі, що характеризується швидким розвитком технологічного прогресу, важливість використання різноманітних графічних систем у навчанні загалом і технологічному проєктуванні зокрема стає однією з ключових. Адже графічні системи є невіддільною частиною інженерного світу, забезпечуючи можливість вираження ідей у візуальних концепціях, які надалі можуть бути реалізовані в реальному житті. Тому заклади вищої технічної освіти, відіграючи ключову роль у формуванні майбутніх фахівців, повинні формувати у них навички не лише розуміти, але й застосовувати подібні передові технології у технічних проєктах.

Залежно від своєї складності, графічні системи дають змогу студентам і викладачам-науковцям не лише виконувати схеми та креслення, але і створювати докладні технічні моделі, що відображають усі характеристики продукту або проєкту у вигляді об'ємних просторових конструкцій, полегшуючи вивчення особливостей їхнього функціонування перед фактичною реалізацією. Графічні системи відіграють ключову роль у створенні технічних креслень,



інженерних схем та інших важливих графічних документів, що використовуються у наукових дослідженнях і наступному виробництві. В навчальних закладах різного рівня ці системи стають незамінними інструментами для навчання майбутніх інженерів, архітекторів, та інших фахівців у сфері технології.

Основний текст.

Застосування графічних систем в технологічному проектуванні дає змогу створювати високоякісні та точні технічні креслення, які є основою для виробництва складних систем та пристроїв, інноваційних рішень у різних галузях і сферах діяльності. Уміння працювати з графічними системами стає важливим активом для студентів і випускників, оскільки полегшує проведення власних наукових досліджень, покращує якість розробок, підвищує їх конкурентоспроможність на ринку праці. Тому вибір графічної системи для навчання технологічному проектуванню є складним і важливим завданням закладу освіти, вимагаючи розгляду різних критеріїв і факторів. Адже ця система або стане надійною базою для майбутньої ефективної роботи випускника, або буде втраченим часом, який можна було б витратити на опанування ефективнішої системи. Особливо зважаючи на факт, що підвищення спроможностей кожної графічної системи зазвичай супроводжується ускладненням її інтерфейсу та функціонування. І, як наслідок, до зростання кількості часу, потрібного для її впевненого використання. Не варто забувати й того, що людина традиційно звикає до певної програми, опанованої на початку навчання і зазвичай не має достатнього часу в подальшій професійній діяльності для переходу на нову систему. Тож навчальні заклади повинні вибирати програмне забезпечення, яке не лише відповідає академічним потребам, але й сприяє розвитку актуальних навичок студентів та їх готовності до реальних викликів сучасного технічного світу.

Спробуємо сформулювати критерії вибору графічних систем для впровадження в освітньому просторі, розглянемо основні аспекти (вартість, зручність використання, технічні характеристики), які слід враховувати, обираючи оптимальну програму графічного проектування для навчання й наукових досліджень.

У сучасному світі спостерігається зростання популярності вільного програмного забезпечення (ВПЗ). Для освітніх закладів використання ВПЗ є необхідним кроком у напрямку до відкритого доступу до знань і розширення можливостей для навчання різних груп студентів. ВПЗ зазвичай розповсюджується з відкритим вихідним кодом, що означає вільний доступ до нього для вивчення і можливого використання чи модифікування під конкретні потреби й запити користувача. Основними перевагами ВПЗ для освітніх цілей є [3, 4, 7–9]:

✓ демократизація освіти (ВПЗ зазвичай розповсюджується безоплатно або за значно нижчою за комерційні аналоги ціною, що робить навчання доступнішим для студентів з різних соціальних прошарків, забезпечуючи рівний доступ до засобів і технологій);

✓ удосконалення навичок програмування та комп'ютерної інженерії



(можливість редагування та адаптації вихідних кодів ВПЗ дає студентам можливість використовувати свої навички програмування для вирішення конкретних технічних завдань, додавання нових функції та розширення наявних можливостей);

✓ вільний освітній простір і кооперація (ВПЗ сприяє вільному обмінові знаннями й технічною інформацією між викладачами й студентами, а також в колі спільноти, де користувачі програми активно підтримують одне одного, даючи поради, створюючи навчальні матеріали й спільно вирішуючи технічні проблеми);

✓ стимулювання співпраці між навчальними закладами та спільнотами розробників задля обміну знаннями, досвідом та ресурсами для взаємного розвитку й подальшого удосконалення ВПЗ.

Додатковою перевагою використання ВПЗ в закладах освіти є можливість їх використання навіть для завдань, не пов'язаних напряму з технологічним проектуванням. Наприклад, завдяки доступності вихідних кодів ВПЗ може бути використане на кафедрах комп'ютерного спрямування для проведення наукових досліджень у сфері програмування, створення інноваційних проєктів, що відразу ж будуть апробовані на конкретних задачах.

Як підсумок, ВПЗ відкриває нові горизонти у навчанні, забезпечуючи студентам доступ до передових технологій і сприяючи розвитку їхніх спеціалізованих навичок і творчого потенціалу. Це важливий інструмент сучасної освіти, спроможний суттєво підвищити якість підготовки майбутніх фахівців у сфері технологічного проєктування, тож саме ВПЗ слід розглядати як основного претендента за наявності кількох альтернатив з приблизно однаковими функціональними можливостями.

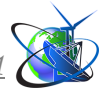
Якщо говорити саме про графічні системи, тут додатково слід враховувати такі критерії [2, 5]:

✓ потреби і завдання (якщо навчальною програмою передбачено опанування певного виду проєктування, важливо обрати програмний засіб, який надає достатньо інструментів саме для такого моделювання, тож для інженерних спеціальностей доцільно звернути увагу насамперед на потужні 2D-системи, тоді як архітектурним спеціальностям важливо мати систему, що передбачає легке просторове 3D-проєктування);

✓ потужність і функціональність (системи повинна забезпечувати виконання широкого спектру завдань, а також можливість взаємодії з іншими програмами і платформами, адже в межах одного навчального закладу тематика навчальних і дослідницьких проєктів може бути надзвичайно різноманітною);

✓ зручність і легкість опанування (оскільки система обирається для опанування новачками, зрозумілість інтерфейсу та доступу до основних функцій є ключовими аспектами, що сприятимуть швидкому вивченню й подальшому використанню програми без необхідності витратити академічні години на власне вивчення основ роботи з нею);

✓ вартість і ліцензійна політика (ціна комерційного програмного забезпечення може стати критичним фактором для навчальних закладів, що мають обмежене фінансування, тож доцільно насамперед розглядати системи,



доступні безоплатно чи за зниженою для закладів освіти вартістю);

✓ підтримання та навчання (якщо впровадження обраної системи вимагає початкової підтримки та подальшого супроводу, важливо, чи надають компанії-виробники доступ до навчальних матеріалів, вебінарів та інших ресурсів, що полегшують цей процес і сприяють швидшому опануванню обраної програми);

✓ можливість інтеграції (графічна система повинна бути сумісною з іншими програмами та технічними засобами, що використовуються в навчальному закладі, передбачати можливість імпорту та експорту файлів, а також взаємодію з різноманітними пристроями);

✓ підтримання різних платформ, на яких можна використовувати обрану графічну систему (якщо система підтримує Windows, macOS та Linux, це забезпечує більшу гнучкість у встановленні на комп'ютери різного технічного рівня та створює однакові можливості для всіх користувачів, незалежно від їхніх операційних систем);

✓ наявність активної спільноти користувачів та розробників, яка може надавати поради, розробляти додаткові інструменти й полегшувати вирішення технічних проблем.

Врахування цих критеріїв дасть змогу навчальному закладові зробити обґрунтований вибір графічної системи, що забезпечить швидкий і якісний процес навчання та перспективність подальшого використання у майбутній професійній діяльності.

У останні роки ринок програмного забезпечення для виконання технічних креслень пережив значний розвиток, що привело до розширення вибору доступних закладам освіти варіантів. Розглянемо основні програми для виконання креслень, звертаючи увагу на їхній функціонал, переваги й можливі недоліки.

Однією з найпопулярніших та найрозповсюдженіших програм для виконання технічних креслень є AutoCAD — дво- і тривимірний автоматизований проєктувальний комплекс, що включає повний набір інструментів для комплексного тривимірного моделювання (підтримується твердотіле, поверхневе і полігональне моделювання). AutoCAD дає можливість отримати високоякісну візуалізацію моделей за допомогою рендерингу, пропонує широкий спектр інструментів для розроблення складних проєктів і забезпечує можливість інтеграції з іншими програмами та платформами. Завдяки цьому програма стала своєрідним еталоном для інших програм подібної спрямованості. Водночас така універсальність закономірно викликала ускладнення системи для початкового опанування, появу великої кількості інструментів, значна частина яких може й не бути використана в окремому конкретному проєкті. Також слід брати до уваги досить високу вартість цього програмного комплексу, що робить його не найкращим вибором для бюджетних навчальних закладів (хоча заради справедливості слід зазначити, що розробники AutoCAD надають широку підтримку освітнім установам та пропонують освітню безоплатну ліцензію на свій продукт). Конкурентом AutoCAD на цьому сегменті ринку професійного програмного забезпечення є SolidWorks — програмний продукт для 3D-проєктування виробів будь-якого ступеня



складності й промислового дизайну. Для моделювання відносно простих тривимірних об'єктів може бути також використана програма SketchUp, що має як повнофункціональну платну версію, так і безоплатний варіант, обмежений насамперед щодо можливості експортування в інші формати. Цікавим варіантом для освітніх закладів може стати BricsCAD — система автоматизованого проектування, яка поєднує можливості 2D- та 3D-моделювання і має безоплатний річний академічний доступ для використання в освітніх цілях з можливістю подальшого продовження ліцензії. Подібний варіант для студентів і освітніх закладів пропонує і розробник CAD Schroer у своєму програмному продукті M4 Personal. Гідним ВПЗ-конкурентом згаданих програм на ринку 3D-проектуювання є FreeCAD — система автоматизованого проектування загального призначення, яка розповсюджується на умовах ліцензій GNU GPL і GNU LGPL і призначена насамперед для моделювання в галузі машинобудування і промислового дизайну, але може бути використана і в багатьох інших сферах (наприклад, архітектурі) [10]. Маючи високий інтеграційний потенціал (у FreeCAD широко використовуються відкриті бібліотеки, призначені для наукових обчислень і мова програмування Python, а саму FreeCAD також можна використати в інших програмах як бібліотеку), FreeCAD може стати для навчальних закладів перспективною програмою щодо використання в освітніх і дослідницьких цілях.

Серед графічних систем, які надають можливості 2D-проектуювання, вибір значно ширший. Найчастіше у цій сфері згадують вже представлений вище AutoCAD, а також DraftSight і LibreCAD. Як бачимо (табл. 1), DraftSight за напрямом 2D-проектуювання має порівняний з AutoCAD рівень функціональності й сумісності (у тому числі підтримання стандартного для подібних креслень формату файлів DWG), але більшість цих можливостей представлено лише у платній версії. Тоді як LibreCAD надає базовий набір інструментів для створення креслень і може стати гарним вибором для користувачів, які шукають насамперед безоплатну й легку у використанні програму для простих 2D-проектів.

Таблиця 1 — Порівняльна характеристика систем для 2D-проектуювання

<i>Характеристика</i>	<i>AutoCAD</i>	<i>DraftSight</i>	<i>LibreCAD</i>
Доступність	Платна	Безкоштовна/Платна	Безкоштовна
Підтримання DWG/DXF	Так	Так	Так
Функціональність	Висока	Висока	Середня
Інтерфейс	Складний	Середній	Простий

[Узагальнено авторами]

На жаль, значно менше відомо широкому загалу про відкриту мультиплатформенну систему для 2D-проектуювання QCAD. Хоча вона практично цілковито відповідає сформульованим у даній статті вимогам до програм, які можуть бути використані в освітніх закладах для вивчення принципів і опанування інструментів створення технічних креслень різного спрямування [1, 6]:



- ✓ вільне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, що розповсюджується за ліцензією GPL версії 3 (GPLv3);
- ✓ інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дає змогу швидко опанувати систему і зосередитися саме на 2D-конструюванні, а не на вивченні особливостей і принципів функціонування програми;
- ✓ підтримка стандартних форматів файлів DWG та DXF, що дозволяє легко обмінюватися проектами з іншими CAD-системами;
- ✓ наявність значної кількості безоплатних навчальних матеріалів, онлайн-уроків та відеоінструкцій, які допомагають опанувати QCAD і демонструють приклади його використання для вирішення технічних задач різного рівня складності;
- ✓ QCAD має активну спільноту користувачів і розробників, які готові надавати підтримку та відповідати на запитання, що особливо корисно для студентів, які можуть отримати поради й відповіді на свої запитання від досвідчених користувачів.

До того ж QCAD також має платну версію (QCAD Professional) з розширеними можливостями: підтриманням формату DWG та новіших версій DXF, можливість експорту в SVG, створення багатосторінкових PDF, 24-розрядна глибина кольору, додаткові інструменти проектування і надає можливість повноцінного ознайомлення з нею для кращого розуміння відповідності потребам конкретного проєкту чи освітньої траєкторії.

Порівнюючи характеристики прийнятої за стандарт програми AutoCAD і QCAD у сфері 2D-проектування (табл. 2), можемо зробити висновок, що остання є гідною альтернативою для вибору технічними освітніми закладами. Адже дає змогу враховувати конкретні потреби користувача, зазвичай обмежений бюджет освітньої установи та досить низькі системні вимоги до комп'ютерної техніки, на яку може бути встановлений QCAD. До того ж з часом випускник, орієнтуючись на свої потреби у професійній діяльності, може перейти на платний варіант QCAD, отримавши (в уже звичному графічному середовищі) додаткові інструменти й можливості та витративши при цьому в декілька разів менше, порівняно з придбанням AutoCAD, коштів.

Таблиця 2 — Порівняльна характеристика AutoCAD і QCAD

<i>Характеристика</i>	<i>AutoCAD</i>	<i>QCAD</i>
Доступність	Платна	Безкоштовна (Community Edition) / Платна (QCAD Professional)
Операційні системи	Windows, macOS	Windows, macOS, Linux
Версії	Різні версії для різних потреб	Базова Community Edition, QCAD Professional
2D/3D моделювання	2D та 3D	Тільки 2D
Інтерфейс	Розширений і потужний	Легкий і дружній до користувача
Формати файлів	DWG, DXF, DWF, PDF, BMP, PNG, JPEG	DWG, DXF, SVG, PDF, BMP, PNG, JPEG



Сумісність з іншими CAD	Відмінна	Висока, особливо через DWG і DXF
Розширені можливості	Широкі можливості 2D- та 3D-проектів	Обмежені для 2D-проектів
Підтримка спільноти	Велика активна спільнота користувачів	Активна спільнота користувачів та розробників
Навчальні ресурси	Велика кількість навчальних матеріалів та курсів	Велика кількість безкоштовних навчальних матеріалів і відеоуроків

[Узагальнено авторами]

Висновки.

У статті було показано важливість використання сучасних графічних систем у сфері технічної освіти для підготовки високваліфікованих і висококонкурентних фахівців інженерних спеціальностей. Провівши аналіз освітніх потреб і можливостей, було сформульовано критерії вибору програм для виконання технічних креслень різної спрямованості. Особливу увагу було звернено на вільне програмне забезпечення, що за багатьма характеристиками є доцільнішим для використання у закладах професійно-технічної та вищої освіти. На прикладі графічних систем для 2D-проектування проведено порівняння найпоширеніших програм, запропоновано використання системи QCAD, що відповідає основним освітнім, дослідницьким та виробничим вимогам. Маючи інтуїтивно зрозумілий інтерфейс (частково перекладений українською) і наявність основного інструментарію для виконання графічних робіт різного рівня складності, ця програма може стати базовою платформою для легкого входження у сферу технічного дизайну й технологічного проектування.

Література:

1. Andrew Mustun (2009). *QCAD – An Introduction to Computer-Aided Design*. CreateSpace Independent Publishing Platform. Available at: <https://qcad.org/en/documentation/the-qcad-book>.
2. Cheng, L.-Y. and Barbosa, C.C. (2007). The Use of freeware in the teaching of engineering design graphics, in *International Conference on Engineering Education*. from <http://icee2007.dei.uc.pt/proceedings/papers/339.pdf>.
3. Corbly, J.E. (2014). The Free Software Alternative: Freeware, Open Source Software, and Libraries, *Information Technology and Libraries*, 33(3), p. 65. Available at: <https://doi.org/10.6017/ital.v33i3.5105>.
4. Diego Guacho, M. and Rivadeneira, F.M. (2014). Implementation of computer laboratories in schools at low-cost with environmental perspective, in *2014 First International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*. IEEE, pp. 39–47. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2014.6819942>.
5. García, R.R. *et al.* (2007). Teaching CAD at the university: Specifically written or commercial software?, *Computers & Education*, 49(3), pp. 763–780. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.013>.



6. Hontoria, L. (2001). QCad, diseño en 2D, *Linux Actual: la primera revista en castellano del sistema operativo Gnu/Linux*, 3(21), pp. 52–55.

7. Miller, K.W., Voas, J. and Costello, T. (2010). Free and Open Source Software, *IT Professional*, 12(6), pp. 14–16. Available at: <https://doi.org/10.1109/MITP.2010.147>.

8. Morais, F.H.D.O. *et al.* (no date). Universidade e Software Livre, in *Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre*.

9. St Amant, K. and Still, B. (2007). *Handbook of Research on Open Source Software: Technological, Economic, and Social Perspectives*. IGI Global.

10. Tato-Sánchez-Del-Valle, P.E., Conde-Fernández, A. and Vila-Lameiro, P. (2024). Simulation with CAD in Robotics. Free Software Versus Proprietary Software in University Teaching, in, pp. 375–384. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-51623-8_36.

Abstract. *The modern field of technical education requires the use of various graphic systems. They expand the capabilities for educators and higher education seekers for the effective interaction with technical ideas and concepts, give access to study of new design methods, meeting of engineering challenges and creation of innovative technical solutions. The paper shows the importance of graphic systems as elements of technological design in vocational and higher education institutions and examines the criteria for selecting such systems for their introduction in curricula. Particular attention is paid to free software; its advantages for educational institutions are substantiated. The information given will help select a proper graphic system subject to technical, technological and financial aspects. Based on the comparative analysis of the most common graphic systems, the paper offers to use the QCAD software package to solve various two-dimensional design tasks. It shows that the introduction of this system will improve the efficiency of primary education and promote further students' development in the field of technical design.*

Key words: *graphic system, free software, 2D design, selection criteria, engineering education.*

Стаття відправлена: 20.02.2024 р.

© Махинько В. М.



УДК 656.029:614.4

IMPACT OF PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEMS ON THE EPIDEMIC THREAT SPREADING: RESEARCH REVIEW AND ANALYSIS

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОЇ СКЛАДОВОЇ НА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЕПІДЕМІЧНОЇ ЗАГРОЗИ

Raida I.M. / Райда І.М.

Senior Lecturer / ст. викладач

ORCID: 0000-0003-3925-4692

National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Zhukovskogo, 64, 69063

Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Жуковського, 64, 69063

Анотація. В роботі зроблена спроба виконати аналіз сучасних досліджень розповсюдження епідемічної загрози в системах громадського транспорту. Розглянуті ризики поширення епідемії через транспортні системи. Проаналізовані запропоновані дослідниками шляхи моделювання розповсюдження інфекції в транспортних системах. Оглянуті методи боротьби з розповсюдженням хвороби та можливість їх реалізації на транспорті. Проаналізовано сучасні підходи щодо управління транспортом під час епідемічних небезпек.

Ключові слова: епідемія, громадський транспорт, ризик захворювання, пересування пасажирів, моделювання, заходи зменшення потенційних ризиків захворювання

Вступ.

У 2019 році людство зустрілося із новою хворобою – COVID-19, яка за рік набула епідемічних масштабів. Вже в березні 2020 Всесвітня організація охорони здоров'я визнала епідемію коронавірусу пандемією. Станом на липень 2023 року в світі захворіли на COVID-19 більше 690 мільйонів чоловік, з яких майже 7 мільйонів померли [1]. Україна також зіткнулася із цією хворобою – майже 5 мільйонів захворілих та більше 100 тисяч померлих [2]. COVID-19 став найпотужнішою пандемією за останні 100 років.

Весь цей час людство боролось із розповсюдженням цієї хвороби та її наслідками, використовуючи різноманітні заходи, які до цього не застосовувались. Не стали виключенням і пасажирські перевезення. Пересування пасажирів громадським транспортом почало розглядатися як можливий шлях розповсюдження хвороби. Відповідно, багато країн висунули особливі вимоги та обмеження щодо функціонування громадського транспорту під час пандемії.

Наукова спільнота долучилася до досліджень ролі транспорту в розповсюдженні хвороби, щоб відповісти на цілу низку питань, які стосуються безпечної експлуатації транспорту під час епідемічних спалахів. Ця робота є спробою проаналізувати різні напрямки таких досліджень, їх результати та визначити спектр подальших наукових дослідницьких робіт з метою зниження рівня небезпеки експлуатації громадського транспорту. З багатьох наукових робіт на цю тематику окремо виділено десять, які, на думку автора статті, добре відображають сучасний стан зазначених вище напрямків досліджень (таблиця 1).



Таблиця 1 – Наукові роботи з досліджень впливу транспортної складової на розповсюдження епідемічної загрози*

№	Рік видання	Місце дослідження	Вид транспорту	Джерело даних про пересування пасажирів	Використані моделі	Запропоновані заходи зменшення потенційних ризиків
3	2011	Великобританія	автобус, трамвай	анкетування	множинне регресійне моделювання	-
4	2021	Сінгапур	автобус	смарт-карти пасажирів	динамічна контактна мережа пасажирів, нестандартна модель SEIR	використання засобів індивідуального захисту, зменшення кількості поїздок, закриття окремих маршрутів, обмеження місткості ТЗ, ізоляція критичних пасажирів
5	2020	США	громадський транспорт	перепис населення США 2010, дослідження транспорту Нью-Йорка	Trans-SEIR	використання засобів індивідуального захисту, скринінг пасажирів
6	2020	Китай	метрополітен	смарт-карти пасажирів	контактна мережа пасажирів, модель SIR	цільова імунізація, вакцинація, карантин, контроль над наповненням станцій пасажирами
7	2017	США	автобус	моделювання	мережа поїздок транспортних засобів	-
8	2021	Південна Корея	громадський транспорт	смарт-карти пасажирів	змінна в часі зважена мережа зустрічей, модель SEIR	використання засобів індивідуального захисту, соціальне дистанціювання
9	2022	США	метрополітен	моделювання	модель SEIR	-
10	2021	США	автобус	система автоматичного підрахунку кількості пасажирів	контактна мережа пасажирів	зменшення місткості транспортного засобу
11	2018	США	громадський транспорт	дані про використання населенням громадського транспорту	удосконалена модель SEIR	зменшення довжини поїздок, збільшення плати за проїзд
12	2021	Китай	метрополітен	моделювання	удосконалена модель SEIR	використання засобів індивідуального захисту, методи пасивного та активного контролю

* - порядкові номери таблиці 1 відповідають порядковим номерам джерел у списку літератури

Авторська розробка



Основний текст

Географія проведення досліджень є доволі широкою й охоплює Північну Америку, Європу та країни Азії (рисунок 1).



Рисунок 1 – Географія проведення досліджень

Авторська розробка

Розглянуті дослідження охоплюють різні види громадського транспорту (рисунок 2).

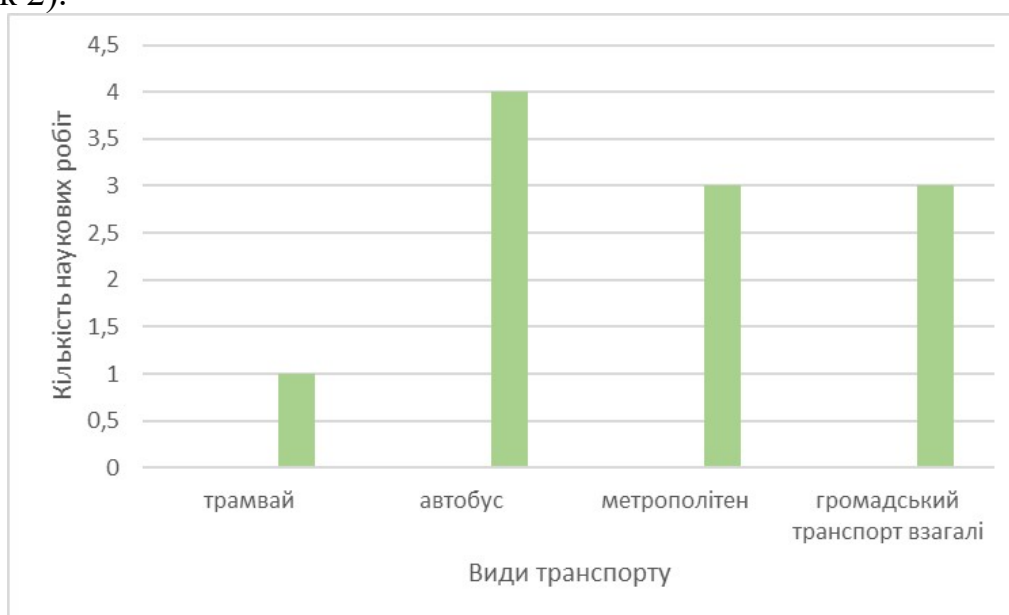


Рисунок 2 – Види транспорту, які досліджувалися в наукових роботах

Авторська розробка

COVID-19 передається різними способами. Простішим й, мабуть, найнебезпечнішим є контакт між хворою та здоровою людиною при перебуванні в безпосередній близькості одна від одної повітряно-крапельним шляхом, тобто так, як передаються різноманітні гострі респіраторні вірусні інфекції. В цьому сенсі транспорт є місцем, де таких контактів доволі багато, а, відповідно, це може бути небезпечним.



Ще у 2011 році в роботі [3] автори виявили значущий зв'язок між користуванням автобусом чи трамваєм за п'ять днів до появи перших симптомів захворювання та саме виникненням гострого респіраторного захворювання. Автори відмічали, що найбільші ризики виникають при випадковому використанні громадського транспорту й можуть бути різними для різних захворювань.

Роль систем громадського транспорту для нормального функціонування великих міст складно переоцінити. Чим більшим є місто, тим більшими є потреби в мобільності його мешканців, які й задовольняє система громадського транспорту.

В роботі [4] зазначається, що ефективний транспорт відіграє ключову роль у підтримці економіки міста під час епідемічних спалахів.

Однак систему громадського транспорту в частині, де її безпосередньо використовують пасажирів, складають окремі закриті осередки (транспортні засоби, вокзали, станції метрополітену тощо). Характерною особливістю цих місць є можлива потенційно висока щільність пасажирів, а відповідно доволі невеликі відстані між ними. Саме цей фактор та тривалість знаходження пасажирів в системі громадського транспорту зумовлюють сприйняття цієї системи, як каталізатору при розповсюдженні епідемічної загрози.

Міська транспортна система має вплив на фундаментальну динаміку інфекційних захворювань, може змінювати кількість вторинних інфекцій, сприяти розповсюдженню захворювання містом [5]. Громадський транспорт стає важливим каталізатором пандемії грипу та потенційно може прискорювати темпи поширення інфекційних захворювань [6].

Автобусна система може відігравати вирішальну роль в поширенні високоінфекційних захворювань [4]. Закритий і відносно багатолюдний простір в автобусах є ідеальним для поширення хвороби, а загальна кількість пасажирів, які їдуть в автобусі, пропорційна ймовірності зараження [7].

В роботі [8] громадський транспорт називають критичним фактором зараження.

Однак не всі науковці так критичні в оцінці громадського транспорту як основного каталізатору розповсюдження захворювань. В роботі [5] стверджується, що пряма передача інфекції під час поїздок у системах громадського транспорту може не бути основним джерелом розповсюдження. Автори роботи вказують, що в залежності від структури транспортної мережі, частка прямого зараження в транспорті становить не більше 17,6 % від загальної кількості захворювань. Це свідчить про те, що роль, яку відіграє система міського транспорту під час спалахів інфекційних захворювань, не є однозначною й потребує подальших досліджень.

Враховуючи вище сказане, перед організаторами транспортного обслуговування постає серйозне питання: як оптимально управляти транспортом, забезпечуючи водночас мобільність населення та ефективно стримування поширення хвороби під час епідемії.

В роботі [9] зазначається, що ефективне управління громадським транспортом під час пандемії стає, навіть, критично важливим політичним



рішенням.

Для управління транспортною системою чи окремими її складовими й попередження розповсюдження інфекційної загрози через елементи транспортної системи потрібно мати уявлення про механізми цього розповсюдження. Тому багато науковців приділяють увагу саме цьому аспекту, вивчаючи різні складові процесу передачі захворювання в системах міського транспорту. Для цього активно використовується моделювання. Дослідники пропонують нові власні моделі, удосконалюють вже існуючі чи використовують відомі моделі для певних конкретних осередків транспортної системи. Пропонується умовний розподіл досліджень за використаними моделями (рисунок 3).

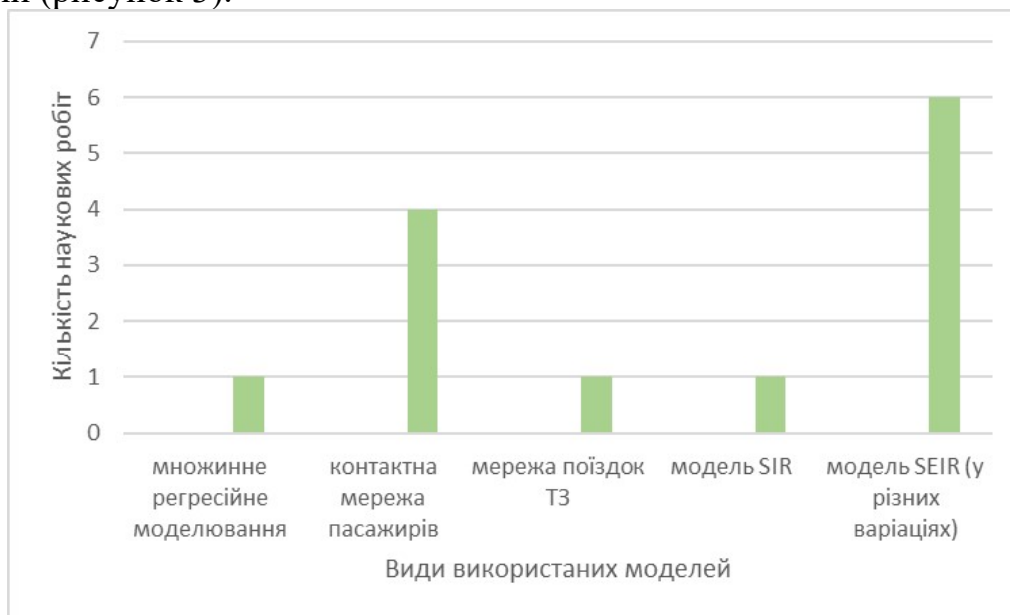


Рисунок 3 – Розподіл досліджень за використаними моделями

Авторська розробка

В основі практично всіх досліджень цього напрямку є ідея поєднання моделей розповсюдження інфекційних захворювань з моделями транспортної рухливості мешканців певної території чи користувачів певної транспортної системи.

Сучасні моделі транспортної рухливості враховують динаміку цього процесу. Ще у 2017 році в роботі [7] була запропонована нова мережева структура, яка здатна фіксувати динаміку пасажирських подорожей і яку можна використовувати для ефективної ідентифікації компонентів системи громадського транспорту з найвищим ризиком, тобто для виділення конкретних поїздок, які мають найбільшу ймовірність подальшого поширення хвороби.

В дослідженнях враховувався характер руху для певних територій. Так в роботі [5] фіксувалася динаміка мобільності населення під час подорожей за рахунок поділу певної території на зони й класифікацію населення на мешканців та відвідувачів по відношенню до цих зон.

Але найбільшого розвитку набуває побудова контактних мереж пасажирів громадського транспорту. Саме вони добре пристосовуються для подальшого аналізу процесу проникнення хвороби серед окремих мандрівників. Останні



досягнення в теоріях складних мереж і моделюванні епідемії встановили разючий зв'язок між структурою мережі та динамікою захворювання і поширення епідемії.

В роботі [8] автори розглядали змінну в часі зважену мережу зустрічей у громадському транспорті й на її базі моделювали інфекційний процес поширення COVID-19. Для отримання даних про поїздки використовувалися дані смарт-карт пасажирів міста Сеул, виділялися ланцюжки поїздок та виконувався загальний розподіл трафіку з використанням агентських моделей. Контакти з іншими користувачами громадського транспорту були проаналізовані під час імітації фактичних пересувань інфікованих людей у мережі громадського транспорту.

Такий же метод отримання інформації (дані смарт-карт) використовувався й в роботі [4]. Тут модель також дозволяла фіксувати змінні в часі контакти пасажирів на індивідуальному рівні. Автори стверджують, що реальні контактні мережі за своєю суттю динамічні. Зв'язки з'являються, зникають, і змінюються із часом, і їх краще представляти в рамках тимчасової або змінної в часі мережі. Тому моделювання епідемічного процесу на громадському транспорті має базуватися саме на мережі контактів, що змінюється в часі.

В роботі [10] мережа контактів пасажирів розглядалася в рамках транзитного автобусного маршруту. За її допомогою оцінювалися потенційні ризики посадки на зупинках маршруту. Також вона може використовуватись для моделювання ефекту окремих обмежувальних заходів (максимальна кількість пасажирів в автобусі, тощо).

Автори роботи [7] створювали мережу контактів, використовуючи дані моделі попиту на подорожі на основі діяльності пасажирів. На створеній мережі моделювався один чи декілька спалахів епідемії. Для цього використовується стохастична імітаційна агентська модель для моделювання поширення інфекції між особами.

Дослідники в роботі [6] стверджують, що контактні мережі потрібно розглядати як функції мобільності людини, тобто сама мобільність людини формує контактні мережі під час подорожей і це має подальший вплив на розповсюдження захворювання серед окремих пасажирів.

Для моделювання поширення інфекційних захворювань використовуються здебільшого дискретні компартментні моделі, тобто моделі з поділом всіх людей на певні групи, які відображають стан окремої людини стосовно певного захворювання. Динаміку руху окремих одиниць між групами описують нелінійними диференціальними рівняннями.

Можливо найпростішою такою моделлю є SIR, яка поділяє всіх людей на три групи (компартменти): сприятливі, інфіковані, видалені. Саме така модель використовувалася в дослідженні [7].

Розвитком моделі SIR є компартментна модель SEIR, яка виконує поділ вже на чотири групи: сприятливі, заражені, інфекційні, видалені. Ця модель є найрозповсюдженішою й широко використовувалася для моделювання грипоподібних та інших респіраторних захворювань. Так у 2018 році в роботі [11] саме ця модель застосовувалася для відтворення процесу передачі хвороби



в замкнутому просторі (коридорі), яким рухається, наприклад, потік пасажирів метрополітену. Результати цієї роботи показали залежність швидкості передачі інфекції від щільності натовпу.

Автори роботи [5] запропонували удосконалену модель Trans-SEIR, яка пристосована для моделювання зараження у подорожі. Ця модель відокремлює зараження під час подорожей від інших (наприклад, заражень на місці роботи). Фактично модель SEIR накладається на модель мобільності, щоб відобразити просторову неоднорідність динаміки захворювання.

Компартментні моделі в силу своїх особливостей використовують певні припущення. Представники груп в них є однорідними з однаковою поведінкою. Якщо потрібно врахувати індивідуальні показники мобільності населення, в пригоді стануть так звані мережеві моделі, які можуть реалізовувати як виключно індивідуальний підхід до оцінювання окремої досліджуваної одиниці (наприклад, пасажира) так і підхід на основі певного признаку одиниць. В роботі [4] запропоновано модель поширення епідемії на основі системи громадського транспорту, де фіксуються змінні в часі контакти між пасажирами на індивідуальному рівні.

Для запобігання розповсюдження хвороби, в тому числі й у транспорті, загально відомими є кілька дієвих заходів, а саме: дотримання максимально можливої безпечної відстані від інших пасажирів; носіння захисної маски на обличчі; здійснення подорожей в непіковий час та уникання скупчення людей. Ці заходи (окрім носіння засобів індивідуального захисту) в транспортних системах реалізувати доволі складно. Але прагнути до цього потрібно. Результати роботи [8] стверджують, що обов'язкове носіння масок в години пік знижує рівень зараження на 93,5 %. Якщо при цьому ще й дотримуватись соціальної дистанції, то це значення сягає 98,1 %. Носіння маски співставне із дотриманням 2-метрової соціальної дистанції для запобігання COVID-19.

Ще одним дуже потужним заходом може стати вхідний контроль пасажирів до транспортної системи. В роботі [5] надані докази ефективності вимірювання температури пасажирів перед потраплянням до транспортної мережі. Однак такі заходи доволі складно реалізувати на практиці.

Дуже важливим є захід з уникнення скупчення людей. Чим менше можливих потенційних контактів між пасажирами, тим меншим є загальний ризик захворювання під час таких контактів. В цьому сенсі може йти мова про використання для перевезень менших за місткістю транспортних засобів з метою зменшення кількості потенційних контактів пасажирів. В роботі [5] дійшли висновків, що при впровадженні «режиму низької місткості» ймовірність зараження є значно нижчою у порівнянні із «режимами середньої або великої місткості».

В роботі [8] стверджується, що тривалість контакту інфікованих осіб тісно пов'язана з рівнем завантаження громадського транспорту.

Ці фактори призводять до появи ряду політик управління транспортом під час епідемічних спалахів. Однією з типових стратегій боротьби з епідемією є зниження кількості поїздок на певній території (місті, районі, тощо). В роботі [4] показана лінійна залежність скорочення поїздок та поширення епідемічної



загрози. Коли всі поїздки скорочуються більше ніж на 80 %, зниження ризику захворювання починає прискорюватися. Коли всі поїздки зменшуються на 98 %, поширення хвороби фактично припиняється. Це означає, що контроль подорожей може бути ефективним лише на екстремальному рівні [4].

В роботі [9] розглядається можливість виділення частки населення, якій дозволено користуватися певним маршрутом громадського транспорту. Зазначається, що такий підхід призводить до зниження ризиків розповсюдження епідемії при підтримці мобільності частки населення. Реалізація заходу можлива через зменшення частоти обслуговування на маршруті або обмеження пропускної здатності зупиночних пунктів [9].

Ще одним дієвим заходом щодо зменшення потенційних ризиків захворювання є закриття окремих маршрутів. В роботі [4] вивчали мережу автобусних маршрутів в умовах закриття від 10 до 90 % маршрутів за різними принципами їх вибору. Так, в разі закриття спочатку автобусних маршрутів із високим попитом спостерігається більший вплив на розповсюдження інфекції – закриття 40 % найбільш затребуваних автобусних маршрутів зменшує очікуване розповсюдження інфекції на 15,3 %. Закриття спочатку маршрутів з меншим попитом чи взагалі закриття маршрутів випадково не є таким ефективним [4].

Однак закриття маршрутів транспорту пов'язано із зростанням незручностей для пасажирів, наприклад, із ускладненням потрапляння до лікарень, що під час епідемії є вкрай небажаним.

Альтернативою закриттю маршрутів розглядають обмеження максимального навантаження пасажирів на окремих транспортних засобах з метою зменшення кількості контактів між пасажирами. В роботі [4] доведено, що ефект від такого обмеження стає значущим за умови обмеження 50 % максимального навантаження та більше й зростає, зрозуміло, з підвищенням цього значення. З однаковим відсотком уражених пасажирів метод обмеження максимального навантаження на окремих транспортних засобах є менш ефективним за метод закриття маршрутів, однак він зберігає певний рівень мобільності населення [4].

Значного зниження відносного ризику розповсюдження захворювання можна досягти, якщо максимальну кількість пасажирів у транспортному засобі обмежити до 15 осіб [10]. При цьому для врахування зменшення пропускної здатності й збереження розумного часу очікування пасажирів на зупинках, пропонується збільшення частоти руху транспорту на маршруті.

Найефективнішим підходом є ізоляція впливових пасажирів на ранній стадії, при якій епідемічний процес можна суттєво знизити за невеликої кількості захворілих [4]. В роботі [12] пропонується створення статичного захисного бар'єрного шару на прикладі міського залізничного транспорту, тобто певної інфраструктури та засобів захисту (прилади для вимірювання температури, бокси для медичного персоналу, обладнання для тестування на станціях метро, тощо).

Висновки.

Підсумовуючи все вище згадане, можна зробити кілька висновків:



- громадський транспорт дійсно є джерелом можливого розповсюдження епідемічної загрози й, при певних умовах, може мати каталізаторний ефект на розповсюдження;
- застосування загальновідомих заходів боротьби із розповсюдженням інфекції (індивідуальні захисні засоби, соціальна дистанція) повинні вимагатися й реалізовуватися в транспортній інфраструктурі;
- методи реалізації заходів боротьби із епідемічною загрозою можуть бути різними, залежать від особливостей окремих територій та транспортних мереж та потребують подальших досліджень з уточненням конкретних параметрів реалізації того чи іншого методу.

Література:

1. COVID-19 Coronavirus Pandemic. World statistics and information portal. URL: <https://www.worldometers.info/coronavirus/> (дата звернення 15.06.2023).
2. Коронавірус в Україні. Офіційний інформаційний портал МОЗ України. URL: <https://covid19.gov.ua/> (дата звернення 15.06.2023).
3. J. Troko, P. Myles, J. Gibson, A. Hashim, J. Enstone, S. Kingdon, C. Packham, S. Amin, A. Hayward, J. Van-Tam “Is public transport a risk factor for acute respiratory infection?” in BMC Infectious Diseases 11, article number: 16 (2011). DOI: 10.1186/1471-2334-11-16.
4. B. Mo, K. Feng, Yu Shen, C. Tam, D. Li, Y. Yin, J. Zhao “Modeling epidemic spreading through public transit using time-varying encounter network” in ScienceDirect, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 122, January 2021, 102893. DOI: 10.1016/j.trc.2020.102893.
5. X. Qian, S.V. Ukkusuri “Modeling the spread of infectious disease in urban areas with travel contagion” in Cornell University, arXiv: 2005.04583 (May 2020). DOI: 10.48550/arXiv.2005.04583.
6. X. Qian, L. Sun, S.V. Ukkusuri “Scaling of contact networks for epidemic spreading in urban transit systems” in ResearchGate, February 2020. DOI: 10.1038/s41598-021-83878-7.
7. A. Bota, L.M. Gardner, A. Khani “Identifying Critical Components of a Public Transit System for Outbreak Control” in Networks and Spatial Economics 17, 1137-1159 (2017). DOI: 10.1007/s11067-017-9361-2.
8. D. Ku, C. Yeon, S. Lee, K. Lee, K. Hwang, Y.C. Li, S.C. Wong “Safe traveling in public transport amid COVID-19” in Science Advances, Vol. 7, Issue 43 (Oct 2021). DOI: 10.1126/sciadv.abg3691.
9. Qi Luo, M. Gee, B. Piccoli, D. Work, S. Samaranayake “Managing public transit during a pandemic: The trade-off between safety and mobility” in ScienceDirect, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 138, May 2022, 103592. DOI: 10.1016/j.trc.2022.103592.
10. P. Kumar, A. Khani, E. Lind, J. Levin “Estimation and Mitigation of Epidemic Risk on a Public Transit Route using Automatic Passenger Count Data” in Transportation Research Record, 2021, Vol. 2675(5), 94-106. DOI: 10.1177/0361198120985133.
11. Z. Du, Y. Bai “Detecting the impact of public transit on the transmission of



epidemics” in Cornell University, arXiv: 1801.09333 (Jan 2018). DOI: 10.48550/arXiv.1801.09333.

12. Y. Zhuang, Y. Chen “Risk management of Covid-19 epidemic spread in urban rail transit based on SEIR model” in Sixth International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT 2021), 2021, Chongqing, China. DOI: 10.1117/12.2624679.

***Abstract.** Public transport systems are one of the factors in the spread of epidemic threats. Moreover, the use of public transport carries the risk of spreading the epidemic due to direct contact of passengers with each other in passenger transport vehicles during trips. That situation requires changes in approaches to transport management during epidemic hazards. The article analyzes the methods proposed by scientists nowadays to prevent the spreading of infectious diseases and the possibility of using these methods regarding public transport systems.*

***Key words:** epidemic, public transportation, risk of illness, passenger trips, simulation, passenger encounters.*

Стаття надіслана: 16.02.2024 р.

© Райда І.М.



УДК 629.423

MODEL OF A SYSTEM FOR ADAPTING ENTERPRISE ROLLING STOCK FLEETS TO CHANGES IN ENVIRONMENTAL CONDITIONS**МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АДАПТАЦІЇ ПАРКІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ПІДПРИЄМСТВ ДО ЗМІН УМОВ СЕРЕДОВИЩА****Khara M.V. /Хара М.В.***c.t.s., docent /к.т.н., доцент*

ORCID: 0000-0002-6818-7938

Maslak G.V. /Маслак Г.В.*c.t.s., docent /к.т.н., доцент*

ORCID: 0000-0001-7256-5543

Krasulin O.S. / Красулін О.С.*Senior Lecturer /ст. викладач*

ORCID: 0000-0001-891-3264

Shatokhina V.V. / Шатохіна В.В.*Student***Shuba D.A. / Шуба Д.А.***Student**Pryazovskyi State Technical University, Dnipro, Dmytro Yavornytskyi st., 19, 49005**Приазовський державний технічний університет, Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19, 49005*

Анотація. Запропоновано модель адаптивних рішень забезпечення готовності рухомого складу підприємств для кожної фази економічного циклу, яка дозволяє керувати кількістю транспортних одиниць, які забезпечують вантажопотоки у фазах кризи, депресії, поживлення та підйому економіки.

Ключові слова: методи управління готовністю парків, рухомий склад, економічні цикли, адаптаційна модель, транспортні процеси, коефіцієнт готовності, економічні процеси, залишковий ресурс.

Вступ .

Відомі теорії, на основі яких визначається готовність транспортної техніки та парків рухомого складу відповідати роботі підприємства у стабільних умовах. Проте, відсутні методи управління готовністю парків у період кризових явищ – різкого спаду виробництва, зміни обсягів транспортної роботи, умов воєнного стану, коли стають надмірними існуючий парк рухомого складу та ремонтні потужності, а в період виходу з кризи – підйому виробництва та його пікових значень, парки рухомого складу, які є у підприємства, стають недостатніми як по кількості транспортних одиниць, так і по їх структурі.

Проблема полягає в управлінні станом рухомого складу, необхідності ухвалення рішень в умовах циклової динаміки економічних процесів; у необхідності розробки адаптаційних методів та механізмів управління функціонуванням парків рухомого складу промислових підприємств.

Основний текст

Відомі моделі забезпечення готовності рухомого складу, що базуються на теорії надійності та теорії відновлення. Їх неповнотою є відсутність моделі забезпечення готовності парків рухомого складу в умовах зовнішнього середовища, що змінюються, пов'язаних з циклічними закономірностями економічного розвитку і змінами стану в країні [1, 2, 3].



Виконаний аналіз відомих досліджень та публікацій дозволив сформулювати нове завдання управління готовністю вагонів промислового транспорту, модель якої ґрунтується на генерації системи заходів циклічної та ситуаційної (циклоситуаційної) адаптації до змін зовнішніх та внутрішніх умов середовища, у яких функціонують промислові підприємства.

Забезпечення експлуатаційної готовності рухомого складу підприємств характеризує його технічна характеристика та насамперед його надійність [1] і технологія забезпечення якості відновлювальних робіт.

У класичній теорії цикли коливань вантажопереробки включають чотири фази, характерні для парків рухомого складу: кризис (спад); депресія (стагнація) нижча точка спаду; пожвавлення (експансія) чи фаза відновлення; підйом (бум, пік).

Управління експлуатаційною готовністю парку рухомого складу промислових підприємств – багатоетапне завдання. Її рішення спрямоване на підвищення ефективності транспортної системи в цілому при виконанні умови її адекватності обсягам перевезень та у своєчасному виявленні та попередженні несправностей, що знижують готовність до перевізного процесу.

Як механізм генерації системи заходів готовності рухомого складу промислового транспорту у фазах економічного циклу запропоновано адаптаційну модель, що передбачає послідовне забезпечення рівня фазової готовності, значення якого задає особа яка приймає рішення (ОПР).

У період кризи вагонні парки продовжують зберігати початковий кількісний склад, а обсяг перевезень різко падає. І тут коефіцієнт готовності збільшується з допомогою відбору до роботи вагонів з великими ресурсами і великих резервів ремонтного виробництва, тобто коефіцієнт готовності зростає у разі зниження витрат на його забезпечення.

Адаптаційна модель фази кризи побудована на функціональній залежності готовності парку рухомого складу – k_z^K забезпечувати трансформацію облікового складу парку до настання кризи – n_{cn} у робочий парк фази кризи n_p^K за критерієм максимального залишкового ресурсу R_{max} рухомого складу, що переводиться зі стану n_{cn} в стан n_p^K :

$$k_z^K = f(n_p^K); n_p^K = \left(\sum_{i=1}^n n_{ci} - \sum_{j=1}^K n_{Rminj} \right). \quad (1)$$

Якщо рухомий склад пропрацював безперервно час α , тоді середній залишковий ресурс:

$$R(\alpha) = \frac{\int_0^{\infty} P(x) dx}{P(\alpha)} \quad (2)$$

де $P(x)$ - ймовірність безвідмовної роботи транспортної одиниці протягом часу x

Адаптаційна модель готовності парку – k_z^D забезпечувати логістичні потоки у фазі депресії побудована на закономірності теорії простого відновлення, а саме трансформації парку n_p^K в робочий парк n_p^D за рахунок заміни транспортних одиниць, що вибувають через фізичне старіння,



$$\sum_{i=1}^n n_c \text{ новими} \sum_{i=1}^D n_n, \text{ де } \sum_{i=1}^n n_c = \sum_{i=1}^D n_n$$

$$k_z^D = f(n_p^D); n_p^D = n_p^K - \sum_{i=1}^n n_c + \sum_{i=1}^D n_n, \tag{3}$$

$$n_c(t) = n_p^D F_c(t) + \int_0^t v(t-\tau) F_c(t) d\tau, \tag{4}$$

де $F_c(t)$ – функція розподілу тривалості періоду до відновлення; $v(t-\tau)$ – інтенсивність відмови за проміжок часу $(t-\tau)$; τ – час, протягом якого визначається число списаних транспортних одиниць.

Модель адаптації готовності парку – $k_z^{O,\Pi}$, яка забезпечує матеріалопотоки у фазах поживлення та підйому, побудована на принципах теорії розширеного відновлення, а саме трансформації парку n_p^D в робочі парки n_p^O та n_p^Π . Для цього поряд із заміною транспортних одиниць, що вибувають внаслідок старіння, вводиться додаткова кількість, яка розраховується рішенням рекурентних рівнянь із змінними коефіцієнтами r_1, \dots, r_n , що враховують зростання вантажопереробки :

$$k_z^{O,\Pi} = f(n_p^{O,\Pi}); n_p^{O,\Pi} = n_p^D + \sum_{i=1}^n n_n^{O,\Pi}. \tag{5}$$

Модель адаптивних рішень забезпечення необхідного рівня коефіцієнта готовності, який задовольняє вимогам особи, яка приймає рішення для кожної фази економічного (промислового) циклу, описує залежність кількості транспортних одиниць у парку залежно від вантажопотоку $n_p = f(Q)$ для кожної фази циклу $i = (K, D, O, \Pi)$ і тоді, згідно з залежностями (1–5) слід, що системна робоча модель генерації готовності рухомого складу виглядає так:

$$\left| \begin{aligned} k_z^w &= F[z; U; U_\Sigma] \geq k_z^w SAT_{\text{ППР}}; n_p = f(Q_i), i = (K, D, O, \Pi) \\ k_z^K &= f(n_p^K); n_p^K = \left(\sum_{i=1}^n n_c - \sum_{j=1}^K n_{R\min} \right) \\ &\downarrow \\ k_z^D &= f(n_p^D); n_p^D = n_p^K - \sum_{i=1}^n n_c + \sum_{i=1}^n n_n \\ &\downarrow \\ k_z^{O,\Pi} &= f(n_p^{O,\Pi}); n_p^{O,\Pi} = n_p^D + \sum_{i=1}^n n_n^{O,\Pi} \end{aligned} \right| \tag{6}$$

Реалізація моделі, її перевірка для умов металургійного підприємства ґрунтується на процесі визначення показника коефіцієнта готовності середньостатистичної одиниці рухомого складу. Процес її функціонування – це випадковий процес у часі з обмеженою кількістю можливих станів S_n : ($n = 1 \div 6$, S_1 – працездатний стан; S_2 – стан прихованої відмови; S_3 – стан відновлення після відмови; S_4 – стан планового ТО, S_5 – стан планового аварійно- відновного ремонту, S_6 – стан позапланового аварійно-відновлювальних операцій.



Для вирішення завдання використано апарат теорії марківських процесів. Наприклад, середньостатистичний вагон в умовах промислового підприємства може перебувати в одному із шести станів (рис. 1). Перехід зі стану до стану відбувається з інтенсивностями, що визначаються показниками надійності вагона та показниками якості функціонування системи ТО.

Це стосується як інтенсивностей відмов λ , так і інтенсивностей відновлень μ . Як приклад нами використано вихідну інформацію про показники надійності середньостатистичного вагона підприємства [4]. Закон розподілу, що характеризує зміну показників надійності цього об'єкта, визначено в результаті статистичного аналізу даних за дворічний період.

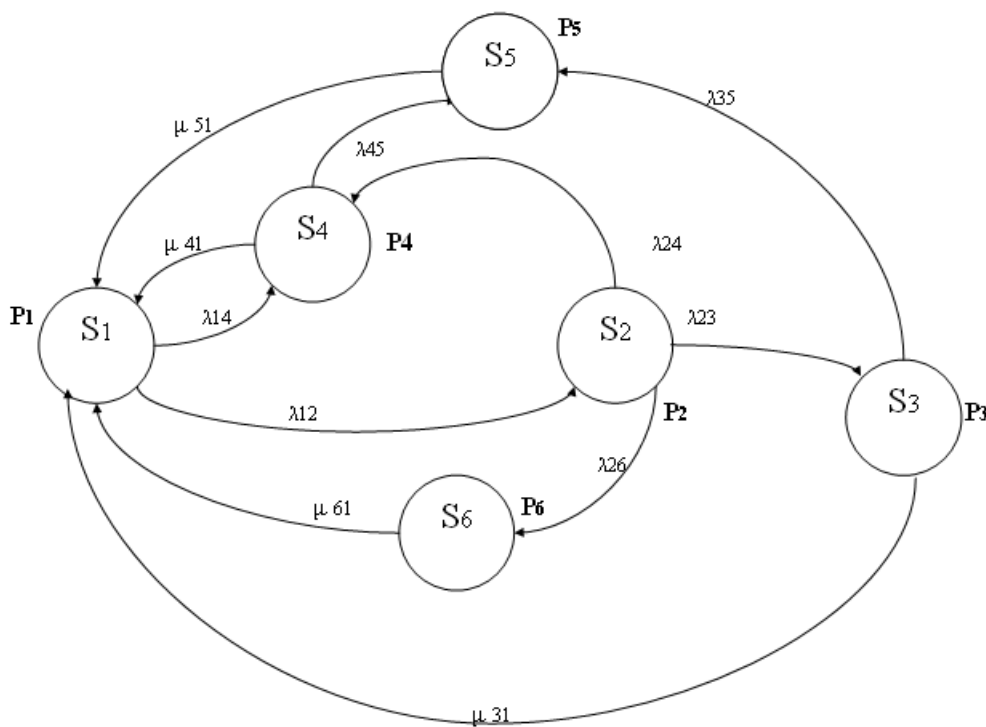


Рисунок 1 – Граф станів середньостатистичного вагона в умовах промислового підприємства

Авторська розробка

Результати аналізу теоретичних робіт у галузі надійності [5, 6] дозволяють охарактеризувати безвідмовність вагона за цей період експлуатації законом гама розподілу, Він широко використовується для опису поступових (зносних у широкому розумінні) відмов, відмов внаслідок накопичення пошкоджень, часу відновлення та ін. Це дозволить обчислити інтенсивність відмов середньостатистичного вагона промтранспорту протягом досліджуваного періоду часу:

$$\lambda = \frac{\zeta}{\Gamma(\eta)} t^{\eta-1} e^{-\zeta t} \quad (7)$$

$$\sum_{k=0}^{\eta-1} \frac{1}{k!} (\zeta t)^k \exp(-\zeta t)$$

де $\Gamma(\eta)$ – гамма-функція; η – параметр форми; ζ – параметр масштабу.



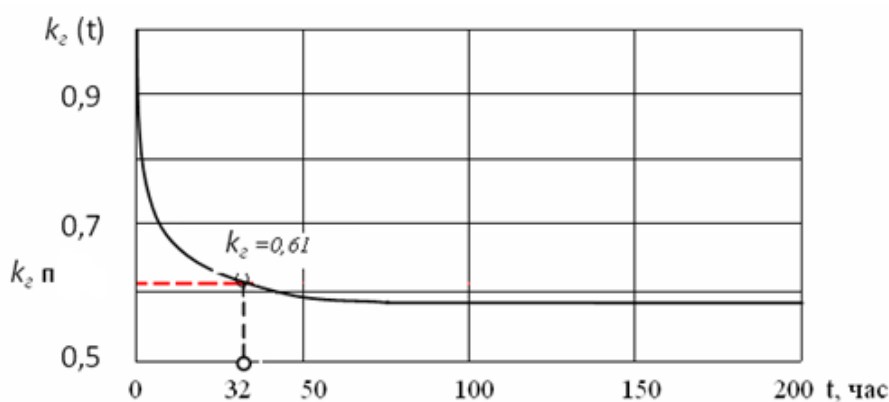
В цьому випадку інтенсивність відмов вагона дорівнює $\lambda = 7,36 \cdot 10^{-5}$ відмов/години.

Для виділених шести станів вагона S_n ($n = 1 \div 6$) приймемо інтенсивності відмов близькими до тих, які зустрічаються в практиці експлуатації та характеризуються показниками інтенсивності відмов λ_n та інтенсивності відновлень μ_n . Результати розрахунку інтенсивності відмов середньостатистичного вагона при його переході з одного до стану в інший (рис. 1) наведені нижче:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 7,36 \cdot 10^{-5} \text{ відмов/час}, \lambda_{23} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ відмов/час} \\ \lambda_{14} &= 2,45 \cdot 10^{-6} \text{ відмов/час}, \lambda_{26} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ відмов/час}, \lambda_{24} \\ &= 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ відмов/час} \\ \lambda_{45} &= 3,43 \cdot 10^{-6} \text{ відмов/час}, \lambda_{35} = 3,06 \cdot 10^{-5} \text{ відмов/час} \end{aligned}$$

Стан середньостатистичного вагону промислового підприємства представлено за допомогою диференціальних рівнянь Колмогорова.

Рішення рівняння Колмогорова виконано у пакеті Mathcad за допомогою функції **rkfixed**. Аналіз отриманого графіка в середовищі Mathcad (рис. 2) дозволяє зробити наступний висновок: експлуатація середньостатистичного вагона групи вагонів промислового підприємства, характеризується наступними параметрами. Наприклад, ділянка підприємства обслуговується двома групами вагонів із 20 одиниць кожна, при цьому 14 вагонів перебувають у резерві цієї ділянки. При експлуатації вагона на досліджуваній ділянці протягом $t = 32$ годин коефіцієнт експлуатаційної готовності середньостатистичного вагону знижується з 0,87 до критичного рівня та набуває значення $k_2 = 0,61$. Різке зниження експлуатаційної готовності компенсується практично за рахунок заміни вагонів, вагонами з резерву. Дане зниження викликано впливом комплексу факторів: зношеністю рухомого складу, фізико-хімічними властивостями вантажу, який перевозиться, і значними обсягами перевезень – наприклад за 32 години на підприємстві «аглодоменими вертушками» перевозиться до 15 тис. тонн агломерату.



k_{2n} - мінімальне значення коефіцієнту готовності

Рисунок 2 – Коефіцієнт готовності вагона в умовах промислового підприємства



В умовах функціонування вагонного господарства промислових підприємств тимчасовий показник, який характеризує міжремонтний період експлуатації вагонів становить 48 годин, що є вищим за розрахунковий $t = 32$ години. Отримані результати дозволяють зробити висновок про високий ступінь зносу вагонів та необхідність заходів згідно з запропонованими нами рішенням.

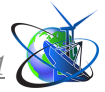
Висновки.

Фактичний стан та аналіз функціонування вагонних парків дозволяє зробити висновок про те, що основою нових методів та нової організації забезпечення готовності вагонів промислового транспорту підприємства є використання моделі генерації та системи заходів для циклічної та ситуаційної (циклоситуаційної) адаптації до змін зовнішнього та внутрішнього економічного середовища промислового підприємства.

Література:

1. Губенко, В. К. Логістика надійності та екологічності вагонопотоків промпідприємств сітірайонів: монографія / В. К. Губенко, М. В. Хара, А. О. Лямзін. – Донецьк: ТОВ "Цифрова типографія", 2014. – 383 с.
2. Губенко, В. К. Адаптація транспорту металопотоків до економічного середовища, що змінюється : монографія / В.К. Губенко, І.В. Ніколаєнко, А.В. Тарасенко; НАН України, Ін-т економіки промисловості. – Донецьк: Вебер, 2009. – 235 с.
3. Khara, M. V. Supply Chain Management and Networks / M. V. Khara, I. V. Nikolaienko, A. O. Lyamzin // Crisis and Risks Engineering for Transport Services: collective monograph / Nataliia Chernova, Valerii Samsonkin, Iuliia Bulgakova etc.; edited by Nataliia Chernova, Konrad Lewczuk. – Kyiv: Talcom, 2022. – P.142–160.
4. Губенко, В. К. Факторная цепь готовности к транспортно–технологическим операциям вагонов промышленного транспорта / В.К. Губенко, М.В. Хара // Вісник Призов. держ. техн. ун–ту : зб. наукових праць. – Маріуполь, 2008. – Вип. 18. – С. 226–229.
5. Основи надійності літальних апаратів [Текст]: навч. посіб. О. М. Нечипоренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 240 с. Бібліогр.: с. 235- 239.
6. Болтянська Н. І. Надійність технологічних систем: курс лекцій / Н.І. Болтянська. – Мелітополь: Люкс, 2019. – 168 с.

***Abstract.** A model of adaptive solutions for ensuring the readiness of rolling stock for each phase of the economic cycle is proposed, which allows you to manage the number of transport units that provide freight flows in the phases of crisis, depression, revival and economic recovery. The problem lies in the management of rolling stock, the need to make decisions in the conditions of cyclical dynamics of economic processes; in the need to develop adaptation methods and mechanisms for managing the operation of rolling stock parks of industrial enterprises. The analysis of well-known research and publications made it possible to formulate a new task of managing the readiness of industrial transport wagons, the model of which is based on the generation of a system of measures for cyclical and situational (cyclosituational) adaptation to changes in the external and internal conditions of the environment in which industrial enterprises operate. Ensuring the operational readiness of rolling stock of enterprises is characterized by its technical characteristics*



and, first of all, its reliability and the technology of ensuring the quality of restoration works. As a mechanism for generating a system of measures for the readiness of rolling stock of industrial transport in the phases of the economic cycle, an adaptation model is proposed, which provides for the consistent provision of the level of phase readiness, the value of which is set by the person who makes the decision. The actual state and analysis of the functioning of wagon fleets allows us to conclude that the basis of new methods and new organization of ensuring the readiness of industrial transport wagons of the enterprise is the use of a generation model and a system of measures for cyclical and situational (cyclosituational) adaptation to changes in the external and internal economic environment of an industrial enterprise.

Key words: *fleet readiness management methods, rolling stock, economic cycles, adaptation model, transport processes, readiness factor, economic processes, residual resource.*

Статья отправлена: 20.02.2024 г.

© Хара М.В., Маслак Г.В., Красулін О.С., Шатохіна В.В., Шуба Д.О.



УДК 624.072.012

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE STRUCTURAL REINFORCED WITH FIBER REINFORCED POLYMER BARS

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ СТИСТУНИХ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З КОМПОЗИТНОЮ СТЕРЖНЕВОЮ АРМАТУРОЮ

Клюмов Ю.А. / Клімов Ю.А.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-4275-7058

*Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitrenih sil of Ukraine ave., 31, 03680**Київський Національний університет будівництва і архітектури,**Київ, пр. Повітряних сил України, 31, 03680*

Анотація: В роботі наведені результати експериментальних досліджень міцності бетонних зразків з композитною склопластиковою і базальтопластиковою арматурою на осьовий стиск при різних значеннях коефіцієнту армування і міцності бетону. Встановлено, що руйнування зразків носить крихкий характер, і при коефіцієнтах поздовжнього армування в межах 0,02.. 0,023 і міцності бетону 16,5 МПа і 27,8 МПа збільшення міцності зразків на осьовий стиск склало 12,3...21,9%. При цьому розрахункові значення міцності композитної арматури на стиск при руйнуванні склали 0,327...0,350 від тимчасового опору композитної арматури. Останнє дозволяє розглядати можливість врахування роботи композитної арматури на стиск з призначенням відповідних значень опору при проектуванні конструкцій.

Ключові слова: композит, арматура, склопластик, базальтопластик, міцність, руйнування, стиск, напруження.

Вступ

У сучасній світовій будівельній практиці все більшого поширення набуває композитна неметалева арматура, однією з головних переваг якої є більш висока корозійна стійкість в порівнянні з традиційною сталевією арматурою.

Композитна неметалева арматура являє собою основний несучий стержень і зовнішній шар, що утворює періодичний профіль арматури. Несучий стержень створюється гладким профілем з тонких волокон скла, базальту або інших матеріалів діаметром 5... 20 мкм, який просочений сполучною термореактивною смолою (пластиком). Композитна арматура виробляється пултрузійним методом – шляхом протягування волокон, просочених сполучною речовиною, через формуючу матрицю або методом підтрузії – без використання матриці. Профіль періодичного поперечного перерізу формується шляхом вдавлювання об'язки обмотки в зовнішній формувальний шар або шляхом спірального намотування несучого стрижня об'язувальним джгутом. Тимчасовий опір композитної арматури, в залежності від типу волокон несучого стрижня – скла, базальту, вуглеця або арамід, складає 600... 4000 МПа, модуль пружності – 50..130 ГПа відносно подовження після розриву – 2,0..4,0 %, щільність – 1,40...2,80 т/м³. Арматура характеризується лінійною залежністю напруження-деформації і з крихким руйнуванням зразків при випробуваннях на розтяг.

Проведені до цього часу експериментальні дослідження у галузі композитної арматури включали в себе дослідження механічних характеристик



в тому числі їх зміни у часі, зчеплення арматури з бетоном, довговічності при експлуатації у різних середовищах, включаючи агресивні, міцності, жорсткості і тріщиностійкості бетонних конструкцій з композитною арматурою та інші.

Разом з тим, кількість експериментальних досліджень механічних характеристик композитної арматури при стиску є вельми обмеженою, в яких зокрема встановлено, що міцність композитної арматури на стиск значно менше її міцності на розтяг і може скласти від 10 до 50% відповідних значень, залежить виду волокна, його об'ємної долі, типу смоли, розмірів зразків і методу випробувань[3], руйнування зазвичай проходить в наслідок мікрівипучівання або перекручування волокон несучого стерня у межах матриці, також меншим на 15-20% є і модуль пружності при стиску у порівнянні з модулем пружності при розтягу [1, 2, 3].

У зв'язку з цим, при проектуванні конструкцій міцність композитної арматури на стиск не враховується взагалі [1, 2, 3, 4, 5], або приймаються її обмежені значення, як 100 МПа і 130 МПа, відповідно, для композитної арматури з міцністю на розтяг 600 МПа і 800 МПа [6].

В той же час, зважаючи на те, що для визначення міцності композитної арматури на стиск випробувались окремі зразки арматури з співвідношенням довжини до діаметру 1:1 або 1:2 і їх руйнування відбувалося внаслідок мікрівипучівання волокон несучого стерня у межах матриці, доцільно було б визначати міцність на стиск на зразках композитної арматури, розташованій у бетоні, який стримує поперечні деформації волокон (мікрівипучівання), що відповідає роботі арматури у реальних конструкціях.

Основний текст

Ця робота присвячена експериментальним дослідженням по визначенню міцності композитної арматури на стиск на підставі результатів випробувань бетонних зразків з арматурою на осьовий стиск. У якості варіюваних факторів приймалися міцність бетону на стиск і коефіцієнт поздовжнього армування.

У якості дослідних були прийняті бетонні зразки (призми) квадратного поперечного перерізу розмірами 100x100 мм і довжиною 400 мм.

Для поздовжнього армування дослідних зразків були використані сталеві арматурні стержні періодичного перерізу класу А500С діаметром 16 мм, стержні з склопластикової арматури діаметром 16 мм класу АСК600 і базальтопластикової арматури класу АБК 600 діаметром 12 мм [6, с. 9]. Коефіцієнт поздовжнього армування зразків складав 0,02-0,023.

Всього було випробувано 27 зразків, які були поділені на 2 серії (І і ІІ) в залежності від міцності бетону на стиск, відповідно, – 27,9 МПа і 16,5 МПа. В межах серії зразки з арматурою класу А500С, класу АСК 600 і АБК 600 позначалися літерами, відповідно «S», «G» і «B». Еталонні зразки (бетонні призми без поздовжнього армування) позначалися літерою «C».

Склад експериментальних досліджень наведений в таблиці 1, схеми випробування армування дослідних зразків - на рисунку. 1. У процесі випробувань фіксувалися руйнівне навантаження і вид руйнування зразків.

Зразки випробувались у віці 28 діб. Випробування проводилися на пресі П-125, який був обладнаний електронним динамометром. Зразки завантажували



безперервно зі швидкістю, що забезпечувала збільшення розрахункового напруження в зразках в межах $0,6 \pm 0,4$ МПа/с і доводили до повного руйнування. Час випробувань зразка до руйнування складав 4-7 хвилин.

Таблиця 1 - Склад експериментальних досліджень

Серія	Марка	Міцність бетону на стиск, МПа	Поздовжнє армування, A_f	Коефіцієнт поздовжнього армування, ρ_f	Кількість дослідних зразків, шт.
I	I-0	27,9	–	0	3
	I-S		Ø16 А500С	0,02	3
	I-G		Ø16 АСК600	0,02	6
	I-B		2Ø12 АБК600	0,023	6
II	II-0	16,5	–	0	3
	II-G		Ø16 АСК600	0,02	6

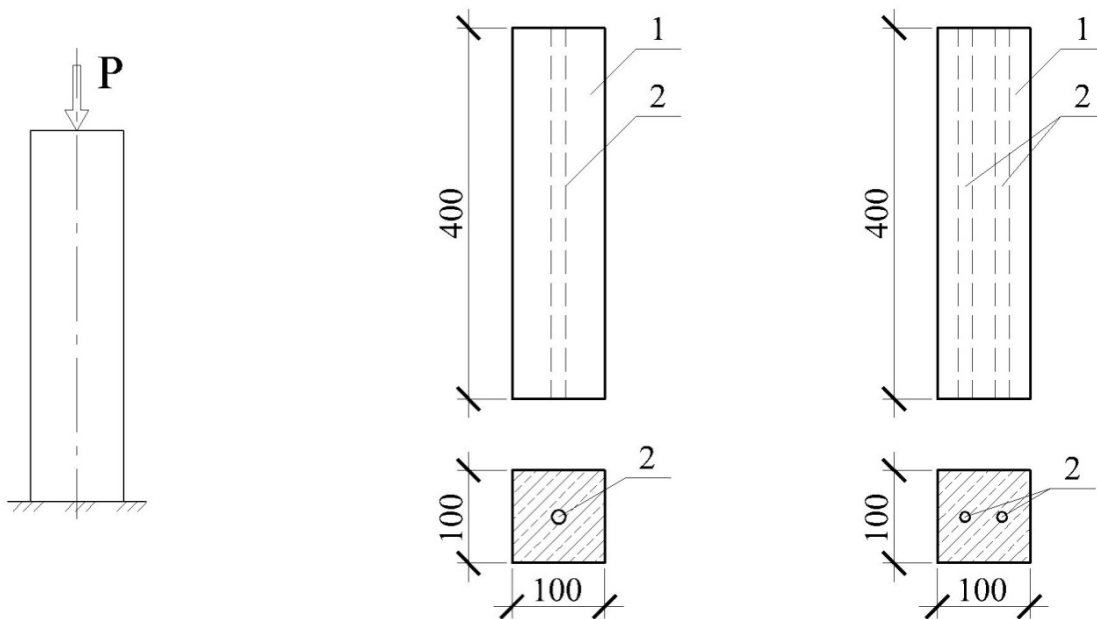


Рис. 1 - Схема випробувань (а) іконструкція дослідних зразків при розміщенні одного (б) і двох (в) стержнів арматури у поперечному перерізі; 1 – бетонна призма; 2 – стержень (стержні) композитної арматури

За результатами випробувань обчислювалися напруження у поздовжній арматурі на стадії руйнування зразка за умови сумісної роботи арматури і бетону на всіх етапах навантаження. Виходячи з цього, напруження в арматурі обчислювалися за формулою:

$$\sigma_{fc} = \frac{P_u - (A_c - A_{fc})f_c}{A_{fc}} \quad (1)$$

де σ_{fc} – напруження в арматурі;



P_u – руйнівне навантаження;

A_c – площа поперечного перерізу зразка;

A_{fc} – площа поперечного перерізу арматури зразка;

f_c – міцність бетону за результатами випробувань бетонних зразків (марки

I-0 і II-0, табл.1).

В результаті проведених досліджень встановлено, що руйнування зразків з композитною арматурою носить крихкий характер і не відрізняється від руйнування зразків з металевою арматурою. Результати експериментальних досліджень – руйнівне навантаження і розрахункові значення напружень в поздовжній арматурі дослідних зразків при руйнуванні, обчислені за формулою (1), наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Результати експериментальних досліджень

Серія	Марка зразка	Руйнівне навантаження P_u , кН	Середнє значення руйнівного навантаження $P_{u,med}$, кН	Напруження в арматурі, σ_{fc} , МПа	Середнє значення напруження в арматурі $\sigma_{fc,med}$ МПа
1	2	3	4	5	6
I	I-0-1	304	278,6	—	—
	I-0-2	265			
	I-0-3	267			
	I-S-1	356	377,69	413,3	520,8
	I-S-2	384		549,9	
	I-S-3	393		598,7	
	I-G-1	312	312,29	194,0	195,7
	I-G-2	315		208,4	
	I-G-3	306		164,5	
	I-G-4	312		193,7	
	I-G-5	317		218,1	
	I-G-6	312		193,7	
	I-B-1	316	320,05	192,7	210,1
	I-B-2	339		296,8	
	I-B-3	316		192,7	
	I-B-4	314		184,0	
	I-B-5	315		188,3	
	I-B-6	320		212,2	
II	II-0-1	169	164,67	—	—
	II-0-2	168			
	II-0-3	157			



II-G-1	202		202,1	
II-G-2	201		197,2	
II-G-3	190	200,83	142,5	196,3
II-G-4	210		241,9	
II-G-5	210		241,9	
II-G-6	192		152,4	

Висновки

Узагальнення, систематизація і аналіз результатів проведених досліджень дозволяють зробити такі основні висновки.

Поздовжнє армування сталевую і композитною арматурою призводить до збільшення міцності бетонних елементів при центральному стиску. Так, поздовжнє армування сталевую арматурою класу А500С при відповідному коефіцієнті 0,02 призводить до збільшення міцності при центральному стиску на 35,6%.

В той же час, при решті рівних умов, армування композитною склопластиковою і базальтопластиковою арматурою з більшим класом міцності на розтяг - АСК600 і АСК600 призводить до значно меншого збільшення міцності при центральному стиску, відповідно на 12,3 % при коефіцієнті армування 0,02 і 14,9% при коефіцієнті армування 0,023 (табл.2, серія I). Зі зменшенням міцності бетону з 27,8 МПа до 16,5 МПа, як і очікувалось, відсоток збільшення міцності елементів при армуванні композитною арматурою збільшувався – у проведених дослідах з 12,3 % до 21,9% (табл.2, серія II).

Розрахункове значення напружень у сталевій арматурі при руйнування складало 520,8 МПа, що відповідало міцності арматури на стиск (розтяг).

Розрахункове значення напружень у композитній склопластиковій і базальтопластиковій арматурі на стадії руйнування складало 196,3...210,1 МПа, що відповідало 0,327...0,350 від тимчасового опору композитної арматури.

Таким чином, міцність композитної склопластикової і базальтопластикової арматури на стиск у бетонному масиві вище ніж при випробуванні окремих стрижнів, але все ж таки не перевищує 35% від тимчасового опору композитної арматури. На це значення, після проведення додаткових експериментальних досліджень і введення відповідного коефіцієнта надійності, у подальшому можна орієнтуватися при проектуванні конструкцій.

Література

1. ACI 440.1R-15 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber Reinforced Polymer (FRP) Bars. // American Concrete Institute // - 2006. -83 p.
2. Reinforcing Concrete Structure with Fiber Reinforced Polymer. Design Manual № 3. // - ISIS Canada Research Network. – 15.5p.
3. FIB Bulletin 40: FRP reinforcement in RC structures. // - International Federation for Structural Concrete 2007. - 160 p.



4. CNR-DT 203/2006 Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars. // -National Research Council, ROME – CNR June 2007. - 35 p.

5. ШНК 2.03-14-18 Бетонные конструкции с композитной полимерной арматурой. // - Министерство строительства республики Узбекистан, Ташкент, 2018.- 157 с.

6. ДСТУ - Н Б. В.2.6-155:2010 Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу. // - Мінрегіонбуд України, Київ, 2012. – 28с.

Abstract. *Fiber reinforced polymer (FRB) bars, which is increasingly used in construction practice, has, first of all, a higher corrosion resistance compared to traditional reinforced steel bars. Experimental research carried out so far in the field of properties of (FRB) bars included the research of mechanical characteristics, including their changes over time, adhesion to concrete, durability during operation in various environments, including aggressive ones, strength, rigidity and crack resistance of concrete structures with (FRB) bars and others. At the same time, there is little research on the compressive strength of (FRB) bars in concrete structures.*

This paper presents the results of experimental studies of the axial compressive strength of concrete samples with glass-polymer and basalt-polymer (FRB) bars at different values of the reinforcement coefficient and concrete strength. It was found that the destruction of samples is fragile, and with longitudinal reinforcement coefficients within 0.02.. 0.023 and concrete strength of 16.5 MPa and 27.8 MPa, the increase in axial compressive strength is 12.3... 21,9%. At the same time, the calculated values of the compressive strength (FRB) bars at fracture were 0.327... 0.350 of the tensile strength, which allows us to consider the possibility of taking into account the compressive strength of (FRB) bars in the design of structures.

Key words: *polymer, fiber, reinforcement, bars, glass-polymer, basalt-polymer, strength, fracture, compression, stress.*



UDC 711.25

THE ECOLOGICAL ASPECT OF ESTABLISHING A NETWORK OF SPORTS AND LEISURE COMPLEXES WITHIN AN URBAN ENVIRONMENT

Baibak D.O.*Ph.D. student*

ORCID: 0000-0003-3878-2194

*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,
Kharkiv, Marshal Bazhanov Street, 17, 61002*

Abstract. *This article investigates the ecological aspect of forming a network of sports and leisure complexes within the structure of a modern city. It has also identified techniques for forming these complexes within a city's green spaces. Additionally, the main elements of the network of sports and leisure complexes and their principles of integration into the "ecological framework" of a city have been determined. These elements and principles can be used for planning and developing various cities, contributing to the creation of a more sustainable and environmentally balanced environment.*

Key words: *ecological framework of a city, green space, integration, network, sports and leisure complex, urban environment.*

Introduction.

The consequences of ongoing urbanization include not only economic development and technological progress but also a range of negative phenomena. One of the negative aspects is the deterioration of both the physical and mental health of urban populations [1, p. 82], which suffer from hypodynamics and lack of physical activity. The comfort of urban conditions reduces the levels of physical exertion in both occupational and domestic settings, leading to a deterioration in the functioning of all physiological systems of the body. Therefore, the increasing interest in an active lifestyle among city residents and the growing significance of the environment for sports and leisure activities should be considered a natural process.

In this study, sports and leisure complexes (SLCs) are considered as a collection of physical activity facilities that urban residents. These complexes which vary in size and equipment, are located in parks, gardens, squares, boulevards, and riverfronts, which tend to be close to residential areas (Fig. 1-3). Each SLC includes a different set of sports grounds designed for such types of physical activity as panna football, streetball, bodyweight workouts, CrossFit, skateboarding, BMX, and parkour. These complexes, along with pathways for pedestrians and cyclists connecting various locations within these complexes and residential areas, form a network of sports and leisure complexes. This contributes to the promotion of an active lifestyle and the development of sports communities in the city. Thanks to the accommodation and accessibility of these complexes in different areas of the city, residents have the opportunity to more fully utilize their potential for physical development and engage in a healthy lifestyle [2].

Thus, the SLC network is defined as a special functional type of urban space. It is an important component of the urban environment that contributes to its humanization, and spatial integrity, as well as the health improvement and increased



social activity of the population. SLCs play a special role in satisfying the needs of urban residents to realize their creative potential and self-actualization during leisure time. Their functions encompass physical exertion, restoration of various resources (physical, spiritual-intellectual, energetic, and psycho-emotional), as well as enhancing informal communication among the population, fostering social cohesion [6, p. 74]. The importance of supporting these life processes is emphasized in the concepts of sustainable urban and community development [7-9]. Furthermore, the organization of the SLC network is an essential aspect of shaping an attractive urban environment.

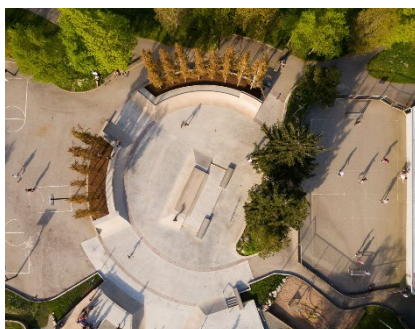


Figure 1 - Sports and leisure complex in the structure of Ambleside Park, West Vancouver, BC, Canada.

A source: [3]



Figure 2 - Sports and leisure complex in the structure of the Youth Park, Kharkiv, Ukraine.

A source: [4]



Figure 3 - Sports and leisure complex on an empty industrial site, Lemvig, Denmark.

A source: [5]

It can be argued that in the post-war period, the need for recovery and development of sports and leisure environments in Ukrainian cities will increase. Therefore, questions of rational placement of elements of the SLC network, their effective utilization and accessibility, as well as ensuring comfortable parameters of the physical activity environment, become relevant. The latter is especially important in the context of climate change [10, p. 9]. The harmonious combination of artificial and natural components in the formation of the SLC network will contribute to addressing the ecological problems of the modern city.

The research hypothesis consists of the assumption that integrating elements of the SLC network into the "ecological framework" of a city (taking into account their anthropogenic load) will ensure an increase in the effectiveness of its operation.

In this study, the "ecological framework" of a city is defined as a set of geosystems (both natural and artificial) that perform specific ecological functions within the urban territory [11, p. 33]. It includes natural areas (e.g., forests, natural river valleys, and streams), landscaped areas (e.g., parks, gardens, boulevards, and squares), as well as landscaped areas of public, industrial, and communal facilities [12].

The purpose of the work is to study the ecological aspect of forming the SLC network within the structure of the modern city. The main focus of the study is aimed at determining the techniques and principles for integrating elements of the SLC network into the "ecological framework" of a city.



To achieve the research objective, the following **tasks** were consistently solved:

- analysis of scientific and practical experience in shaping locations for sports leisure within the structure of urban green spaces;
- identification of elements of the SLC network recommended for placement within the structure of urban green spaces;
- determination of principles for integrating elements of the SLC network into the "ecological framework" of a city.

Analysis of research sources and recent publications.

Works that consider the variety of functional content of green areas in a city and the conditions for their rational use, including for sports leisure, are important for this study.

A study by Lee et al. points out that in studying the use of urban green space, it is important to consider not only its characteristics such as accessibility, quality, availability of amenities, attractiveness, and safety, but also its functionality. The local community uses the green space for various types of activities, whether for physical exercise or socio-cultural events. However, it is the functionality of the space that determines the practical benefit it can provide [13]. A study by Vernihorova that the effectiveness of park facilities' functioning and the opening of new horizons in these areas depend on solving several problems: maintaining park ecosystems as they provide recreational and cultural opportunities; the presence of appropriate program support for urban parks in their activities; increasing the rating of parks in the lives of residents; attracting additional funds and interested people; and creating new parks that will satisfy all categories of residents [14, p. 73].

In 2009, the municipal government of Copenhagen proposed an action plan called "Pocket Parks, Trees, and Other Green Spaces," which focused on integrating public spaces with urban landscape planning. This increased access to green public spaces emphasized their physical and environmental benefits and therefore changed the land use model [15; 16]. Scientific studies also emphasized the necessity of ensuring equal access to green public spaces [17]. Research on their spatial distribution has profound implications for optimizing spatial location and promotion of sports activities [18; 19]. People living more than 1 km away from green spaces are less likely to use them for exercise and fitness compared to those living closer than 300 m [20]. One of the main conclusions of Ribeiro and Nowak is that differences in urban typology, population density, as well as household conditions, and socioeconomic data should be key considerations in formulating green space usage policies [21]. Such a remark becomes one of the main tasks when using a network approach. It is essential for ensuring equal opportunities in the use of sports facilities in a city and taking into account the needs of different social groups.

For example, urban parks located in neighbourhoods with low socio-economic status and outside the central area of the cities such as Helsinki, Berlin, Bucharest, and Lisbon were structurally less diverse than parks located in the city core [22]. In the Netherlands, it was found that green spaces in poorer areas are less aesthetically appealing than in wealthier areas [23]. Additionally, among adult residents, there is a tendency towards prolonged sedentary leisure (over 3 hours per day), which is a more common practice in areas with less green space [24].



Due to the dynamic development of cities, road infrastructure, recreational spaces, and the necessity to preserve the landscape, newly drafted local spatial development plans require close cooperation between architects, landscape designers, gardeners and specialists from many other fields [25]. Together, these studies contain important aspects for the formation of the SLC network within the structure of cities.

The works of landscape architecture have been highly beneficial for this study, addressing issues such as the effective distribution of anthropogenic load on green areas, the selection of natural components to obtain certain effects (including microclimatic effects), and harmonious combinations of natural and anthropogenic elements [26-30].

One aspect of anthropogenic impact is noise pollution. Noise, which is one form of physical (wave) pollution of the environment, can become a significant issue when integrating SLC into the green spaces of cities. For example, walking is the most common form of physical activity in natural areas, but jogging is becoming increasingly common. Joggers move faster and create more noise than walkers, especially on gravel surfaces. Therefore, wildlife may perceive them as a significant threat. Scientific studies confirm that land users should regulate not only the type of stimuli that may disturb wildlife but also the speed of movement in the surrounding environment [31]. Studies also indicate that plants under the influence of noise grow more slowly, they have excessive (even complete, leading to death) release of moisture through the leaves, and may experience cell disruptions. Leaves and flowers of plants located near loudspeakers die [32]. Therefore, effective regulation and limitation of noise pollution becomes an extremely important task for landscape designers and urban space architects.

Methodology.

The research methodology involves an interdisciplinary approach, which allows the consideration of the integration of SLCs into the "ecological framework" of a city from different points of view, taking into account both ecological and social aspects. This approach includes analysis and systematization of scientific works on the research topic; visual and iconographic analysis to obtain detailed information about the object of study; comparison of different techniques for integrating sports and leisure facilities into the urban landscape; development of principles that consider the preservation of natural ecosystems in the city and avoid negative impacts on natural elements.

Main text.

Analysis of practical experience in forming SLCs enabled to identification of their main elements and planning techniques that contributed to addressing the task of harmonizing natural and anthropogenic components in the structure of the urban environment.

Thus, in Canadian cities, the infrastructure of sports leisure for urban residents is developed based on the preservation of the natural environment. For example, SLCs are located with consideration for preserving the forested area and natural landscape in Central Park in Burnaby, British Columbia (Fig. 4-6). The area of the recreational territory is 86.4 hectares. The percentage of greenery is 80%. The interaction of SLCs with the "ecological framework" involves integrating small sports grounds into the



natural surroundings. This planning technique promotes a balance between anthropogenic load and the sustainability of the natural landscape.

In this example, the SLC is represented by an outdoor fitness area consisting of 12 stations equipped with outdoor exercise equipment. They are located at certain distances from each other along the 2.5-kilometer Trail of Hope. This complex is intended for a systematic effect on a person's physical condition: maintaining and supporting optimal cardiovascular functional activity and developing balance, strength, and flexibility.

The circular graveled route, Trail of Hope, is connected to outdoor fitness circuit stations which have recycled tire rubberized surface. This creates a unique "ribbon" type of SLC that is characterized by its branching spatial form, adding a new aspect to improving the physical training of users. It provides the opportunity not only to engage in sports but also to explore the natural environment. These locations highlight the main natural features of its territory to park visitors.

The SLC also includes a cycling route designed for use by pedestrians, cyclists, joggers, and individuals using wheelchairs. This cycling route significantly expands the opportunities for physical improvement for various categories of park visitors. The track runs along the perimeter of the park, forming a 3.5-kilometer loop, and ends near the Patterson SkyTrain station. It is equipped with a special rubberized surface that provides optimal shock absorption, and it is also equipped with lighting systems to ensure comfortable use of the track at night. This creates favorable conditions for engaging in physical activity in a natural environment, emphasizing the importance of an inclusive approach.

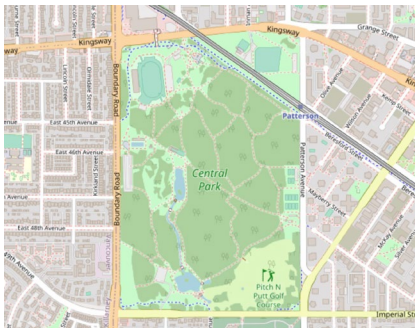


Figure 4 - Scheme of Central Park in Burnaby, BC, Canada.

A source: by author



Figure 5 - Fitness area within the structure of Central Park.

A source: by author



Figure 6 - Fitness area within the structure of Central Park.

A source: by author

Another example is Mount Pleasant Park in Vancouver, British Columbia (Fig. 7-9). This Park is located near residential buildings and a school, providing easy access for youth and school children. The recreational area covers 1.12 hectares. The functional structure of this park also includes the SLC, consisting of a skateboard park and streetball courts, as well as a cycling route.

Typically, locating a skateboard park near a residential area causes significant unintended noise impacts on nearby residents. In this case, it was no exception. Skateboarding at Mount Pleasant Park was occurring after 10 pm and prior to 6 am, resulting in significant noise. Independent noise assessments indicated that



skateboarders at this facility generated noise levels exceeding permitted decibel levels according to Noise Control By-law No. 6555. As a result, in 2013, an action plan was developed to reduce noise pollution. Modifications were made to the design of the skateboard park for this purpose: a 3-meter chain-link fence was installed, and signs were placed around its perimeter indicating the permitted hours of use (from 9:00 am to 9:00 pm), requirements regarding respect for nearby neighbors and safety information. The gates leading to the skateboard park are manually locked and unlocked daily. Practical application results indicate that these measures proved ineffective. Currently, the operating hours of the skateboard park are monitored by volunteers who take measures to ensure compliance with the established quiet hours by youth [33, p. 2].

The percentage of greenery in the park is 75%. Green areas containing various types of trees and shrubs are used both on the periphery of sports and leisure areas and within them. This leads to several important consequences:

- Greenery creates a natural barrier that reduces the impact of negative factors such as noise and dust, which may arise due to car parking and the proximity of sites to the road. This enhances the comfort of park users and maintains the cleanliness of the natural environment;
- Different types of plants help visually and functionally delineate various designated areas (e.g., sports, recreation, and playground). This helps effectively organize the park space and enhances its functionality;
- Using various types of trees, shrubs, and flowers allows for creation of a free landscape layout. This makes it more attractive and natural for visitors and adds artistic value to the place.

The bike route runs along the eastern part of the park on Ontario Street. It is a protected bike lane separated from traffic by physical barriers such as planters, curbs, or bollards. This approach promotes safe and convenient movement for cyclists and other route users, avoiding potential accidents with vehicle traffic.



Figure 7 - Scheme of Mount Pleasant Park in Vancouver, BC, Canada.

A source: by author



Figure 8 - Streetball court within the structure of Mount Pleasant Park.

A source: by author

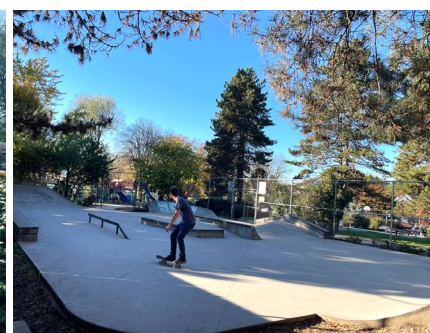


Figure 9 - Skateboard park within the structure of Mount Pleasant Park.

A source: by author

The Culture and Recreation Park along the riverfront in Rzeszów, Poland (Fig. 10-12), stands out for its diverse opportunities for entertainment and physical activity.



The total area of the recreational area is 14.08 hectares, with greenery comprising 87% of this area. A defining feature of this area is the presence of the Vistula River, which forms a significant ecological corridor running through the central part of the city. This provides convenient access to the park for all city residents.

The green area of the park, located on the left bank of the river, includes the SLC. This complex consists of a street workout area, skateboard park, dirt park, and snow park, all compactly organized spatially. Additionally, there are bike routes and a running track equipped with a rubberized surface, situated along the riverfront. This creates ideal conditions for relaxation and physical activity in one of the nodes of the city's "ecological framework" and provides diverse opportunities for residents to develop their sports skills. The planning organization techniques are subject to the features of the natural landscape with a picturesque character.

Sports and leisure facilities, such as the skateboard park, dirt park, and snow park, are strategically separated from residential areas and located adjacent to the sports complex and parking, mitigating the impact of noise pollution on the surrounding environment. In particular, the skateboard park, with its special mobile covering, is an effective facility suitable for use during the winter season. This technical solution expands the functional range of the facility, which in turn increases demand for its services throughout the year.



Figure 10 - Scheme of Culture and Recreation Park in Rzeszów, Poland.

A source: by author



Figure 11 - Street workout area within the structure of Culture and Recreation Park.

A source: by author



Figure 12 - Dirt park near Culture and Recreation Park

A source: by author

The Urban Park on VDNG in Kyiv, Ukraine is a characteristic example of the SLC (Fig. 13-15). The recreational area covers three hectares. The Park is located adjacent to the botanical garden and has good transportation connections with various districts of the city. This location promotes the development of various sports and provides opportunities for outdoor activities in a natural environment. The complex includes a skateboard park, streetball courts, street football courts, street dance area, street workout area, and parkour area, as well as a 3.5-kilometer long running track along the forest.

One of the characteristic features of the planning organization of SLCs in Ukrainian cities is the clustering of sports and leisure facilities in one area. The planning organization of these complexes predominantly follows a regular pattern.



Greenery is mainly located around the perimeter, while they are usually absent inside the area. For example, the Urban Park on VDNG only has 27% of greenery, which may potentially hurt the microclimatic and aesthetic characteristics of the complex's environment.

Similar planning techniques for SLCs can be observed in cities like Kharkiv, Lviv, and Lutsk. This planning technique needs improvement, particularly taking into account ecological and aesthetic aspects to ensure a favorable microclimate and convenience for users.



Figure 13 - Scheme of Urban Park on VDNG in Kyiv, Ukraine.

A source: by author



Figure 14 - The Urban Park on VDNG in Kyiv, Ukraine.

A source: [34]



Figure 15 - Panna football grounds in Urban Park on VDNG.

A source: [34]

Another example is the GAME Streetmekka in Esbjerg, Denmark, which emerged from the reconstruction of a historic railway depot (Fig. 16-18). The area of the site is one hectare. This modern SLC is designed for the development of street sports and is accessible all year round. It caters to various age groups. It includes areas such as a covered transition zone and a skateboard park, indoor and outdoor streetball courts, a street dance area, and a street art area.

The architectural complex has a circular shape with an open central area. It aims to stimulate the internal and external activity of visitors. This structure implements the clustering of sports and leisure facilities on one site while providing a smooth transition from the architectural structure to the natural environment. Research shows that the percentage of greenery in this area is 50%, which contributes to the creation of a harmonious facility. The greenery located between the covered part of the complex and the central open space serves as a transitional zone and enhances interaction with the natural surroundings. This adds aesthetic value to the facility and promotes comfortable use of the space.

Adjacent to the SLC is the construction of Remiseparcken, where pathways and slopes are being formed for a future forest garden. However, its significance lies not only in functionality but also in its contribution to ecological sustainability. By minimizing the need for maintenance and simultaneously promoting the removal of a significant amount of CO₂, the project addresses the task of improving environmental quality and reducing the carbon footprint.

A significant aspect of this project is the municipality's decision to preserve trees on the site, despite the necessity for soil remediation measures to address site



contamination. This demonstrates a substantial approach to preserving the natural environment and biodiversity within urban planning and underscores the importance of natural resources for sustainable development.



Figure 13 - Scheme of the GAME Streetmekka in Esbjerg, Denmark.

A source: by author



Figure 14 - The central outdoor courtyard at GAME Streetmekka.

A source: [35]

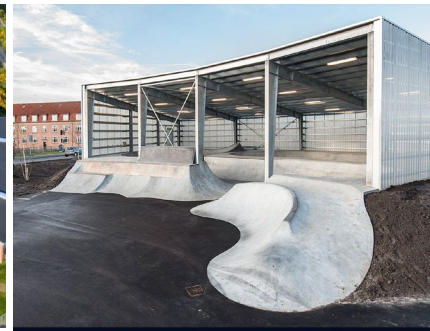


Figure 15 - Skateboarding area at GAME Streetmekka.

A source: [35]

Results.

Based on the analysis of practical experience in forming SLCs, elements that are integrated into the "ecological framework" of a city have been identified. The main elements include:

- **sports and leisure modules.** These are specialized areas designed for various forms of physical activity, including extreme sports;

- **sports and leisure routes.** These routes are intended for a safe and comfortable walking, cycling, and jogging to places where visitors can engage in physical activity. These specialized pathways such as pedestrian, running, and bike lanes connect different sports and leisure modules and recreation areas;

- **recreation areas.** These are specially equipped locations designed for rest and recovery during physical activities and also for picnics or snacks during long distances. These areas are situated along sports and leisure routes;

- **landscaping elements.** These include trash bins, benches, changing rooms, gazebos, bicycle parking, and others, that ensure the convenience environment for sports and leisure;

- **engineering communications elements.** These elements include water supply, sewage, and electricity, which provide the comfort and safety to residents engaged in sports and leisure activities.

The analysis of planning techniques for the identified elements of the SLC network within the structure of the city's "ecological framework" revealed that a significant number of sports and leisure modules have small dimensions (up to 0.01 hectares). These modules include locations with outdoor fitness and street workout equipment for workout exercises. They are characterized by a flexible planning structure, allowing for easy integration into diverse green spaces within the city. It was also found that they have a relatively low anthropogenic impact, which positively affects the environment. Such playgrounds have environmentally safe surfaces and can be located under the canopy of trees without causing them harm. It can be considered that they are harmoniously integrated into the "ecological framework." In



such an environment, anthropogenic and natural elements form a balanced integrity, with natural elements often prevailing. It ensures an active functional utilization of the natural landscape as an integral part of the SLC. They are conveniently located within the structure of urban gardens, squares, and waterfronts, as well as along sports and leisure routes that intersect large urban green spaces (parks, forest parks).

Sports and leisure modules designed for street football or streetball require an area of up to 0.24 hectares and also have a relatively low anthropogenic impact on green spaces. They can be successfully situated within the structure of urban squares and parks.

At the same time, for practicing extreme sports such as skateboarding, stunt scootering, BMX, and rollerblading, large areas of up to 0.63 hectares are typically required. These modules are limited in planning flexibility due to the need for specialized elements and architectural solutions for the safe practice of these types of physical activities. Such types of SLCs, bordering or situated within green areas, form unique "anthropogenic islands" amid green spaces. There is a limited functional use of natural components, where their function is restricted to providing a comfortable microclimate and addressing planning tasks. In this case, it is important to create planning safeguards to prevent the disruption of the spatial integrity of the city's "ecological framework" and to align the level of anthropogenic impact with the characteristics of the natural landscape of a particular site. It is appropriate to locate this type of SLCs in neglected areas (for example, in the context of renovating neglected industrial sites) and to form green areas nearby to improve the microclimate and spatial aesthetics.

Recreational areas and landscaping elements can be situated along sports and leisure routes, as well as adjacent to significant sports and leisure modules, provided that measures are taken to preserve the natural environment and enhance the natural components on the site.

The design of engineering communication elements must take into account the characteristics of the natural landscape.

The integration of elements of the SLC network into the "ecological framework" of the city is an important task for creating an environmentally sustainable and functionally efficient urban environment. Based on the work carried out, the following principles have been identified:

- **preservation of the natural environment** involves avoiding negative impacts on ecosystems and preserving ecological corridors when locating SLCs;

- **flexibility in planning decisions** involves a full consideration of the natural conditions of the areas where elements of the SLC network are located;

- **ensuring accessibility**, which involves making SLCs accessible to all residents, regardless of their age, physical condition, or place of residence. This is achieved by creating convenient pathways for pedestrians and cyclists;

- **a balanced distribution of functions** which involves offering a variety of types of recreational activities to meet the needs of all segments of the population. It is important to balance the distribution of functions and types of leisure activities;

- **use of sustainable materials and technologies**, which involves using durable materials and technologies that reduce negative environmental impact and ensure a



long operational period when developing sports and leisure modules;

- **consideration of ecological design**, which involves incorporating elements of ecological design into the formation of sports and leisure modules and recreation areas, such as using local plants and creating natural barriers to reduce noise;

- **monitoring**, which involves observing and assessing the impact of implemented projects on the natural environment and the health of residents. Monitoring is essential for effective management and maintenance.

Summary and conclusions.

The formation of the SLC network is an extremely relevant and promising aspect of modern city development. Today's urbanization not only involves shaping urban infrastructure but also preserving ecological balance, which requires an integrated approach. This approach should consider the residents' needs for active leisure, physical activity, and the preservation and support of ecological balance in urban ecosystems.

This study has identified planning techniques for forming SLCs within the structure of green spaces, the diversity of which can be classified by various criteria. Additionally, the main elements of the SLC network that are integrated into the "ecological framework" of a city have been identified: sports and leisure modules, sports and leisure routes, recreational areas, landscaping elements, and engineering communication elements.

Taking into account the modern features of SLC formation, fundamental principles of integrating SLC network elements into the "ecological framework" of a city have been derived. These encompass the preservation of the natural environment; flexibility in planning decisions; ensuring accessibility; using sustainable materials and technologies; considering ecological design; and monitoring. These principles enable the determination of the effectiveness of SLC integration into the urban environment.

Therefore, integrating the SLC network into the "ecological framework" of a city is seen as a path to sustainable urban development that meets society's needs. The identified principles of integrating SLC network elements into the "ecological framework" of a city can be applied in various cities to improve the quality of life for the population and serve as an important source of information for decision-making regarding urban environment development and urban planning. Further research should focus on increasing SLC accessibility for all population groups and refining integration principles, particularly through monitoring and assessing the impact of implemented projects on the urban environment and residents' health.

References:

1. World Health Organization & UN-Habitat. (2016). Global report on urban health: equitable healthier cities for sustainable development. *Environment, Climate Change and Health*. 241 p.

2. Pawłowski C. S., Winge L., Carroll S. et al. (2017). Move the Neighbourhood: Study design of a community-based participatory public open space intervention in a Danish deprived neighbourhood to promote active living. *BMC Public Health*, 17, 481. DOI: 10.1186/s12889-017-4423-4



3. The Peter Sullivan Skatepark (Ambleside Skatepark). Evolve Camps. Retrieved from <https://www.evolvecamps.com/facilities/british-columbia/ambleside-skatepark/>
4. Skeyt-park urban-park Kharkiv [Skate Park Urban Park Kharkiv]. Right Park. Retrieved from <https://rightpark.com.ua/skei-t-park-urban-park-harkov/>
5. LEMVIG Skatepark / EFFEKT. ArchDaily. Retrieved from https://www.archdaily.com/470077/lemvig-skatepark-effekt?ad_medium=gallery
6. Dreval I., & Baibak D. (2021). Content specification of the concept "sports and leisure complex" for researching urban environment development. *Municipal economy of cities*, 1(161), 69-76. DOI: 10.33042/2522-1809-2021-1-161-69-76
7. Gold Coast Sport and Physical Activity Strategy 2022–2032. City of Gold Coast.
8. A More Active Scotland: Scotland's Physical Activity Delivery Plan. (2018). The Scottish Government.
9. Sport, youth fitness and physical activity. Retrieved from <https://national-policies.eacea.ec.europa.eu/youthwiki/chapters/denmark/73-sport-youth-fitness-and-physical-activity>
10. Foderaro L. W., & Klein W. (2023). The Power of Parks to Promote Health. San Francisco: Trust for Public Land. Retrieved from <https://www.tpl.org/parks-promote-health-report>
11. Volkov, V. (2020). Settlement territory as a leading component of the ecological framework of a big city: Array. *Municipal Economy of Cities*, 4(157), 32-37. DOI: 10.33042/2522-1809-2020-4-157-32-37
12. Baidikov I. A., & Pashchenko V. M. (2004). Landshaftnyy karkas yak prostorova y strukturna osnova ekomerezhni [The landscape frame as a spatial and structural basis of the eco-network]. *Ukrainian Geographical Journal*, 4, 11-18.
13. Lee A. C., Jordan H. C., & Horsley J. (2015). Value of urban green spaces in promoting healthy living and wellbeing: prospects for planning. *Risk Manag Healthc Policy*, 8, 131-137. DOI: 10.2147/RMHP.S61654
14. Vernihorova N. (2021). Urban Parks as an Innovative Social Space and a Factor of Social and Environmental Welfare. *Scientific Bulletin Economics*, 8(4), 69-78. DOI: 10.52566/msu-econ.8(4).2021.69-78
15. Copenhagen Municipality. (2012). Lommeparker, Træer, og Andet Grønt: Strategi for et grønnere København [Pocket parks, trees, and other green: Strategy for a greener Copenhagen].
16. Karin K. Peschardt, Jasper Schipperijn, & Ulrika K. Stigsdotter. (2012). Use of Small Public Urban Green Spaces (SPUGS). *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(3), 235-244. DOI: 10.1016/j.ufug.2012.04.002
17. Stanfield E., & van Riemsdijk M. (2019). Creating public space, creating 'the public': Immigration politics and representation in two Copenhagen parks. *Urban Geography*, 40(9), 1356-1374. DOI: 10.1080/02723638.2019.1591807
18. Zhang Y., Yi Ming Y., & Shi B. (2023). Spatial distribution characteristics and causes of public sports venues in China. *Sci Rep*, 13(1), 15056. DOI: 10.1038/s41598-023-42308-6
19. Toftager M., Ekholm O., Schipperijn J., Stigsdotter U., Bentsen P., Grønbæk



M., Randrup T. B., & Kamper-Jørgensen F. (2011). Distance to green space and physical activity: a Danish national representative survey. *J Phys Act Health*, 8(6), 741-749. DOI: 10.1123/jpah.8.6.741

20. Hooper P., Boruff B., Beesley B., Badland H., & Giles-Corti B. (2018). Testing spatial measures of public open space planning standards with walking and physical activity health outcomes: Findings from the Australian national liveability study. *Landscape and Urban Planning*, 171, 57-67. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.12.001

21. Ribeiro G., & Nowak A. (2022). Green Spaces, Health, and Social Equity in the City of Copenhagen. In Z. Enlil (Ed.), *Proceedings of the 58th ISOCARP World Planning Congress*, 1st ed., 1, 1681-1697.

22. Vierikko K., Gonçalves P., Haase D. et al. (2020). Biocultural diversity (BCD) in European cities – Interactions between motivations, experiences and environment in public parks. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126501. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.126501

23. de Vries, Sjerp, Arjen E. Buijs, & Robbert P. H. Snep. (2020). Environmental Justice in The Netherlands: Presence and Quality of Greenspace Differ by Socioeconomic Status of Neighbourhoods. *Sustainability*, 12(15), 5889. DOI: 10.3390/su12155889

24. Storgaard R. L., Hansen H. S., Aadahl M., & Glümer C. (2013). Association between neighbourhood green space and sedentary leisure time in a Danish population. *Scandinavian Journal of Public Health*, 41(8), 846-852.

25. Nowak P. (2021). Limited space for trees in the urban planning of the city (on the example of selected locations in Szczecin and Goleniów). *Space & FORM*, 47, 123-146. DOI: 10.21005/pif.2021.47.C-02

26. Snäll T., Lehtomäki J., Arponen A. et al. (2016). Green Infrastructure Design Based on Spatial Conservation Prioritization and Modeling of Biodiversity Features and Ecosystem Services. *Environmental Management*, 57, 251-256. DOI: 10.1007/s00267-015-0613-y

27. Chi-Ru Chang, Ming-Chun Chen, & Mong-Huai Su. (2021). Natural versus human drivers of plant diversity in urban parks and the anthropogenic species-area hypotheses. *Landscape and Urban Planning*, 208, 104023. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.104023

28. C.Y. Jim. (2017). Intense summer heat fluxes in artificial turf harm people and environment. *Landscape and Urban Planning*, 157, 561-576. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2016.09.012

29. LaPaix R., & Freedman B. (2010). Vegetation Structure and Composition within Urban Parks of Halifax Regional Municipality, Nova Scotia, Canada. *Landscape and Urban Planning*, 98(2), 124-135. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2010.07.019

30. Tzu-Ping Lin, Kang-Ting Tsai, Ruey-Lung Hwang, & Andreas Matzarakis. (2012). Quantification of the effect of thermal indices and sky view factor on park attendance. *Landscape and Urban Planning*, 107(2), 137-146. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2012.05.011

31. Hannah Lethlean, Wouter F. D. Van Dongen, Kristal Kostoglou, Patrick-



Jean Guay, & Michael A. Weston. (2017). Joggers cause greater avian disturbance than walkers. *Landscape and Urban Planning*, 159, 42-47. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2016.08.020

32. Mishchenko V. V. Vplyv antropohennoho navantazhennya na ekosystemy rekreatsiynykh zon urbanizovanykh terytoriy [The impact of anthropogenic load on the ecosystems of recreational zones in urbanized areas] [master's thesis]. National Aviation University; 2020. 99 p.

33. Park Board Meeting. (2015). Vancouver Board of Parks and Recreation. Retrieved from <https://parkboardmeetings.vancouver.ca/2015/20150427/REPORT2-MountPleasantSkateboardFacilityLocation-2015-04-27.pdf>

34. Urban-park na VDNH: yaki lokatsiyi dostupni dlya vidviduvannya [Urban Park on VDNH: which locations are available for visiting]. Ukrainian Pravda. Retrieved from <https://life.pravda.com.ua/culture/2021/08/27/245750/>

35. GAME Streetmekka. Archello. Retrieved from <https://archello.com/project/game-streetmekka-esbjerg>

Scientific adviser: Doctor of Architecture, Assoc. Prof., Prof. Dreval I.V.

Article sent: 16.02.2024

© Baibak D.O.



UDC 721

**THE CONCEPT OF THE LIFE CYCLE OF A CONSTRUCTION OBJECT AS
A BASIS FOR EFFECTIVE PROJECT MANAGEMENT****КОНЦЕПЦІЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ ЯК ОСНОВА ДЛЯ
ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ**

Ivanova L. / Іванова Л.С.

PhD, Associate Professor

ORCID: 0000-0002-3993-9176

Kyiv National University of Construction and Architecture,

Povitroflotskyi Avenue 31, 03307, Kyiv, Ukraine

Київський національний університет будівництва і архітектури,

просп. Повітрофлотський 31, 03307, м. Київ, Україна

Анотація: У цій статті розглядається концепція життєвого циклу архітектурного об'єкта та його важливість у процесі створення, експлуатації та управління будівельними проектами. Автор робить акцент на важливості інтеграції концепції життєвого циклу об'єкта архітектури у технологію Building Information Modeling (BIM). Дослідження побудовано на досвіді автора щодо будівельної галузі України, але логіка життєвого циклу об'єкту архітектури не залежить від географії та, навіть, від дозвільної бази регіону реалізації об'єкту.

Життєвий цикл об'єкта визначає послідовність етапів, через які проходить будівельний об'єкт, починаючи від ідеї створення та закінчуючи ліквідацією чи реконструкцією (капітальним ремонтом). У статті аналізуються ключові аспекти кожного етапу життєвого циклу, включно інвестиційний етап, підготовчі роботи, проектування, реалізацію, експлуатацію, обслуговування та завершення циклу у вигляді реконструкції чи ліквідації об'єкта. Також досліджуються фактори, що впливають на кожен із цих етапів, такі як фінансові аспекти, технічні вимоги, ризики та стратегії управління. Ця стаття пропонує інсайти для фахівців у галузі будівництва та архітектури щодо оптимізації процесів управління та максимізації ефективності на всіх етапах життєвого циклу архітектурного об'єкта.

Ця стаття надає детальний аналіз життєвого циклу будівельного об'єкту задля використання у побудові моделі BIM для оптимізації управління проектами та підвищення їхньої ефективності на всіх етапах існування об'єкту.

Ключові слова: життєвий цикл, об'єкт архітектури, будівництво, BIM, концепція, інформаційна модель

Вступ.

Життєвий цикл об'єкту архітектури — це концептуальна модель, що містить сукупність взаємопов'язаних етапів послідовного зміни стану об'єкту від задуму створення до реконструкції (реставрації) або повної його ліквідації (знесення, демонтажу). Ця концепція спроектована для управління ресурсами, що долучаються у створення, експлуатацію та підтримку об'єкту архітектури протягом експлуатації.

У цій статті автор приділяє значну увагу необхідності побудови детальної концепції життєвого циклу об'єкта тому, що це є умовою для створення ефективної моделі об'єкту в системі BIM (Building Information Modeling), яка надає можливість інтегрувати дані [1] про будівельний об'єкт на всіх етапах його життєвого циклу. Концепція життєвого циклу об'єкта у BIM дозволяє створити єдину інформаційну модель, яка містить усі дані про проект, включно



геометричні, геодезичні, технічні, витратні та інші дані. Такий підхід забезпечує ефективне управління інформацією та аналізувати різні сценарії розвитку проекту на всіх етапах його життєвого циклу. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення на основі даних, що сприяє підвищенню ефективності та зниженню ризиків. BIM сприяє підвищенню прозорості та співпраці між учасниками проекту на всіх його етапах та забезпечує більш ефективну взаємодію суб'єктів архітектури та зниження ймовірності помилок.

Дослідження ґрунтуються на знаннях та досвіді автора в галузі будівельної галузі України. Проте слід зазначити, що логіка життєвого циклу архітектурного об'єкта не обмежується географічними чи регіональними особливостями, такими як дозвільні процедури та нормативні акти, прийняті у конкретному регіоні. Іншими словами, незважаючи на те, що автор спирається на свій досвід в українській будівельній сфері, принципи та фактори, що визначають життєвий цикл архітектурного об'єкта, є універсальними та застосовними у різних контекстах та географічних сферах.

Основна частина.

Протягом життєвого циклу об'єкт проектується, створюється і функціонує як матеріальний об'єкт, об'єкт нерухомості або майновий комплекс. Формалізація етапів життєвого циклу об'єкта архітектури дозволяє визначати для кожного з них завдання, необхідну вихідну інформацію і очікувані результати роботи, які потім стають частиною вхідної інформації для наступних етапів, або служать підставою для повернення до вже пройдених етапів з метою їх коригування [2], [3]. Всі етапи формально розділені, але фактично протягом життєвого циклу йде перетікання та перехрещення суб'єктів, даних, рішень та задач із одного етапу до іншого, всі етапи пов'язані між собою. Життєвий цикл архітектурного об'єкту – це цілісний нероздільний процес існування об'єкту у просторі та часі. Навіть після ліквідації об'єкту документація із складу документообігу життєвого циклу зберігається у архівах суб'єктів та державному архіву.

Інвестиційний етап життєвого циклу визначає фінансові та економічні аспекти проекту та здійснюється з метою отримання достовірної інформації про економічну ефективність інвестиційного проекту будівництва та обґрунтування доцільності рішень про інвестиції або капітальні вкладення щодо об'єкта капітального будівництва. Обґрунтування інвестицій охоплює визначення вартості володіння майбутнім об'єктом, тобто потрібно детально розглянути весь життєвий цикл об'єкта до експлуатації включно, а то і повний - до виведення з експлуатації та ліквідації. Для досягнення зазначених цілей розробляється концепція інвестиційно-будівельного проекту і проводяться необхідні передпроектні проробки, які, зокрема, містять розробку бізнес-плану і обґрунтування ефективності проекту. На цьому етапі інвестори мають оцінити ризики, пов'язані з будівництвом та експлуатацією об'єкта, такі як зміни в законодавстві, непередбачені витрати або зміни у попиту на об'єкт.

Невід'ємною частиною першого етапу є вибір та рішення про раціональне використання земельної ділянки, призначеної для розміщення об'єкта капітального будівництва. Підготовчі роботи на цьому етапі охоплюють



розробку та затвердження завдання на проектування, підготовку вихідних даних, збір вихідної дозвільної документації та відомостей, необхідних для розробки проектно-документації, виконання інженерних топогеодезичних та геологічних вишукувань. У завданні визначаються вимоги до майбутнього об'єкта, включно функціональні, технічні, естетичні та економічні аспекти. Також встановлюються критерії оцінки якості та терміни виконання проекту.

Найважливішим фактором є визначення джерела (джерел) фінансування. Це може бути залучення коштів від інвесторів, банківські кредити або інші джерела фінансування. Розуміння потреб у фінансах та ефективно управління ними грають важливу роль у успіху проекту. Інвестиційний етап вимагає ретельного планування бюджету.

В якості критеріїв економічної ефективності проекту на даному етапі використовуються: чиста приведена вартість, термін окупності, індекс рентабельності, внутрішня норма прибутковості і деякі інші показники.

Інвестиційний етап також передбачає розробку стратегій для забезпечення успішного виконання проекту та досягнення поставлених цілей, а також стратегії залучення клієнтів, маркетингу та продажу.

У цілому, інвестиційний етап визначає фінансові параметри та стратегії, необхідні для успішного створення архітектурного об'єкта, та відіграє важливу роль у його подальшому розвитку та успіху.

На *другому етапі* життєвого циклу здійснюється розробка проектно-кошторисної документації з метою проектного забезпечення будівельних робіт. Цей етап обіймає ряд послідовних підетапів: безпосередньо розробка окремих стадій проектно-документації, затвердження та погодження проектно-документації.

Зміст і обсяг проектно-документації для окремих об'єктів будівництва визначаються нормативними документами та законодавчими актами та в цілому містять затвержені текстові та графічні матеріали, якими визначаються містобудівні, об'ємно-планувальні, архітектурні, конструктивні, технічні, технологічні рішення, а також кошториси об'єктів будівництва. Проектна документація має бути розроблена з урахуванням усіх документів будівельних норм та стандартів, чинних на час її передачі у виробництво.

Проектування починається зі створення архітектурної концепції у складі планувального рішення, композиції, зовнішнього вигляду і архітектурного стилю об'єкта. Потім відбувається розробка архітектурно-планувальних рішень, візуалізація та розробка робочої документації.

Інженерне проектування містить розробку інженерних систем об'єкта, таких як системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, електропостачання, водопостачання та каналізації, а також інші інженерні комунікації та споруди.

Конструкторська документація включає робочі креслення, специфікації та інші документи, необхідні для будівництва несучих та огорожувальних конструкцій будівлі.

Етап розробки проектно-документації є домінуючим етапом у життєвому циклі архітектурного об'єкта, оскільки саме тут формуються основні технічні та



дизайнерські рішення, що визначають подальший перебіг будівництва та експлуатації об'єкта.

Після завершення розроблення проектною документацією необхідно провести її погодження із замовником, регулюючими органами та іншими зацікавленими сторонами згідно з чинним законодавством.

На *третьому етапі* життєвого циклу здійснюється будівництво об'єкту. Підставою для початку капітального будівництва є затверджена і погоджена в установленому порядку проектна документація і дозвільні документи на будівництво.

Нове будівництво стосується будівництва будинків, будівель, споруд, їх комплексів, що здійснюється з метою створення об'єктів виробничого і невиробничого призначення, а також лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, в тому числі добудова зупинених об'єктів незавершеного будівництва.

Підготовка до будівництва охоплює систему організаційно-технічних заходів і підготовчих робіт для забезпечення будівництва об'єкта у відповідності з проектними рішеннями, вимогами законодавства та нормативних документів, а також з узгодженою діяльністю учасників будівництва.

На етапі будівництва відбувається безпосередня реалізація проектних рішень, розроблених попередніх етапах. Будівництво передбачає зведення будівельних конструкцій, встановлення інженерних систем, оздоблювальні роботи та інші процеси, необхідні для створення об'єкта.

Етап будівництва потребує ефективного управління ресурсами, трудовими силами та термінами, дотримання технічних вимог та нормативів, а також дотримання безпеки на будмайданчику.

На етапі будівництва необхідно підтримувати комунікацію із замовником, проектувальниками, підрядниками, підрозділами місцевої влади та іншими зацікавленими сторонами. Це допомагає вирішувати питання, пов'язані зі змінами у проекті, обговорювати технічні деталі та координувати дії всіх учасників процесу.

Контроль якості будівельних робіт обіймає комплекс технічних та організаційних заходів з ефективного управління якістю на всіх стадіях створення об'єкта будівництва відповідно до вимог чинного законодавства та нормативної бази, а саме:

- контроль показників якості матеріалів, виробів, конструкцій та устаткування;
- контроль технологічних процесів;
- забезпечення виконання будівельних робіт з дотриманням вимог щодо пожежної безпеки; безпеки людей; впливу на навколишнє природне середовище; впливу шуму та вібрації.

Місце етапу будівництва в життєвому циклі об'єкта архітектури полягає в тому, що він є фазою фізичної реалізації проекту, в якій абстрактні концепції та плани перетворюються на реальні будівельні конструкції. Цей етап слідує безпосередньо за етапом розробки проектною документацією і є важливою ланкою



в ланцюжку процесів, спрямованих на створення та експлуатацію архітектурного об'єкта.

Завершується цей етап прийняттям в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів.

Четвертий етап життєвого циклу – експлуатація (функціонування) об'єкта, передбачає раціональне використання будівлі (споруди) згідно з функціональним призначенням та проведення необхідних заходів до збереження стану конструкцій, при якому вони здатні виконувати задані функції з параметрами, що визначені вимогами технічної документації.

Етап експлуатації об'єкта починається з отримання дозволу на введення об'єкту в експлуатацію і завершується прийняттям рішення про капітальний ремонт, реконструкції (реставрації) об'єкта або його ліквідації (демонтажу) на підставі технічного обстеження об'єкта. Тривалість експлуатації (термін служби) визначається проектною документацією, умовами експлуатації та рішенням власника об'єкту. Експлуатація об'єкта охоплює заходи щодо його утримання, технічного обслуговування, ремонту технологічного устаткування і систем інженерно-технічного забезпечення, поточного ремонту об'єкта відповідно до вимог норм і правил експлуатації.

П'ятий етап життєвого циклу передбачає капітальний ремонт, реконструкцію (реставрацію) або ліквідацію об'єкта.

Капітальний ремонт планується в разі настання в процесі експлуатації об'єкта фізичного зносу, дефектів або руйнування будівельних конструкцій та (або) систем і мереж інженерно технічного обладнання, що визначається за висновками по результатах технічного обстеження об'єкту. Де технічне обстеження - це комплекс заходів, спрямованих на встановлення технічного стану будівельних конструкцій та інженерних мереж об'єкта з метою визначення можливості або неможливості його надійної та безпечної експлуатації.

Капітальний ремонт обіймає сукупність робіт на об'єкті будівництва, введеному в експлуатацію в установленому порядку, без зміни його геометричних розмірів та функціонального призначення, що передбачають втручання у несучі та огорожувальні системи, при заміні або відновленні конструкцій чи інженерних систем та обладнання, у зв'язку з їх фізичною зношеністю та руйнуванням, поліпшення експлуатаційних показників, а також благоустрій території.

У випадках, коли в процесі експлуатації об'єкта виникає необхідність зміни параметрів об'єкта або його частин (висоти, кількості поверхів, площі, показників виробничої потужності, обсягу та ін.) та якості інженерно-технічного забезпечення, здійснюється реконструкція об'єкта.

Реконструкція об'єкта полягає в зміні основних параметрів об'єкта або його частин (висоти, кількості поверхів, площі, обсягу), в тому числі надбудови, перебудови, розширення об'єкта, а також заміні і (або) у відновленні несучих будівельних конструкцій об'єкта, яке тягне за собою зміну класу, категорії і техніко-економічних показників об'єкта, зміна меж ділянки забудови і (або) охоронних зон об'єкта.



Для об'єктів культурної спадщини та історичних пам'яток реконструкція зазвичай включає реставрацію. Реставрація - це відновлення в первісному вигляді архітектурних об'єктів, які постраждали від часу, клімату, природних явищ або негативної діяльності людей. Таким чином, мова йде про відновлення відносно збережених пам'яток архітектури, які втратили елементи декору або окремі елементи об'єкта.

Капітальний ремонт або реконструкція об'єкта здійснюється на підставі завдання забудовника (замовника) і висновків технічного обстеження об'єкта, починається з розробки проектно-кошторисної документації, затвердження і погодження документації. Будівельні роботи здійснюються згідно з проектною документацією капітального ремонту або реконструкції. Завершується етап прийманням виконаних будівельно-монтажних і ремонтно-будівельних робіт.

Підставою для ліквідації об'єкта можуть бути рішення власника або рішення органу місцевого самоврядування або суду. Знесення вважається винятковою мірою, пов'язаною з містобудівними та іншими об'єктивними обставинами (високий фізичний і моральний знос, аварійний стан, тощо).

Заключний етап життєвого циклу об'єкта починається з прийняття рішення про виведення об'єкта з експлуатації для його подальшої ліквідації та отримання дозвільних документів згідно з чинним законодавством. Ліквідація об'єкта капітального будівництва, як правило, здійснюється відповідно до проекту організації робіт по знесенню або демонтажу. Роботи зі знесення (демонтажу) об'єктів можуть бути більш складними і небезпечними, ніж безпосередньо роботи з будівництва та реконструкції.

Завершується ліквідація об'єкту очищенням і відновленням території чи земельної ділянки, на якому розміщувався об'єкт.

Підсумки та висновки.

Життєвий цикл архітектурного об'єкта є комплексним процесом, що охоплює не тільки створення і будівництво, а й подальшу експлуатацію, обслуговування та демонтаж.

Життєвий цикл об'єкта архітектури є безперервним процесом, який допомагає не тільки успішно створити будинок, але й забезпечити його ефективне функціонування протягом усього терміну експлуатації. Він є важливим інструментом для управління ресурсами та оптимізації всіх етапів проекту, починаючи від розробки концепції та закінчуючи демонтажем чи реконструкцією. Розуміння та облік усіх етапів життєвого циклу дозволяють виявити та мінімізувати потенційні ризики, оптимізувати витрати на різні етапи проекту, а також забезпечити відповідність об'єкта архітектури потребам та очікуванням користувачів. Таким чином, ретельно та виважено підготовлений життєвий цикл архітектурного об'єкта є важливим інструментом для створення стійких та успішних будівельних проектів.

Важливо усвідомлювати, кожен етап життєвого циклу вимагає особливих підходів і управлінських рішень. Наприклад, на етапі проектування необхідно приділити увагу оптимізації структури та функціональності об'єкта, а на етапі експлуатації – забезпечення ефективного управління ресурсами та обслуговування.



Фінансові аспекти відіграють суттєву роль протягом життєвого циклу. Наприклад, розмір інвестицій на етапі проектування та будівництва може значно позначитися на майбутній експлуатації та обслуговуванні об'єкта.

Управління ризиками також має велике значення. Оцінка потенційних загроз та розробка стратегій їх мінімізації дозволяють уникнути фінансових втрат та забезпечити стабільність проекту.

Безперервне вдосконалення та оновлення об'єкта протягом його життєвого циклу є необхідними умовами для його довгострокової ефективності та конкурентоспроможності.

В цілому, розуміння та облік усіх аспектів життєвого циклу архітектурного об'єкта дозволяють ефективно керувати проектом на всіх його етапах та забезпечити досягнення поставлених цілей.

Та найбільш суттєвим та значущим результатом детальної побудови концепції життєвого циклу об'єкта є підготовка до реалізації у системі BIM технології, що є найважливішим сучасним інструментом для управління проектом та забезпечення його успішної реалізації на всіх етапах життєвого циклу.

Література:

1. Дружинін А.В., Давиденко О.А., Братішко С.М., Жилякова Г.С. Концепція інформаційних технологій в будівництві і напрямки їх розвитку в Україні // Комунальне господарство міст, 2021, том 2, випуск 162, с. 2-11, DOI: 10.33042/2522-1809-2021-2-162-2-11

2. Барабаш М.С. Архітектурно-будівельне проектування об'єкта будівництва на основі моделювання його життєвого циклу // Проблеми розвитку міського середовища. Вип.9. 2013, с.27-34

3. Іванова Л.С. Інформаційні технології моделювання життєвого циклу будівель та споруд. Science, engineering, and technologies: current issues and research: proceedings of International scientific and practical conference (Prague, March 12-13, 2021). Prague: Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2021. P. 193-196.

Abstract. This article discusses the concept of the life cycle of an architectural object and its importance in the process of creating, operating and managing construction projects. The author emphasizes the importance of integrating the concept of the life cycle of an architectural object into Building Information Modeling (BIM) technology. The study is based on the author's experience in the construction industry of Ukraine, but the logic of the life cycle of an architectural object does not depend on geography or even on the permit base of the region where the object is implemented.

The life cycle of an object determines the sequence of stages through which a construction object goes, from the idea of creation to liquidation or reconstruction (major repairs). The article analyzes the key aspects of each stage of the life cycle, including the investment stage, preparatory work, design, implementation, operation, maintenance and completion of the cycle in the form of reconstruction or liquidation of the facility. It also explores the factors that influence each of these stages, such as financial aspects, technical requirements, risks, and management strategies. This article offers insights for construction and architecture professionals to optimize management processes and maximize efficiency at all stages of the architectural object's life cycle.

This article provides a detailed analysis of the life cycle of a construction object for use in building a BIM model to optimize project management and increase efficiency at all stages of the object's existence.



Keywords: *life cycle, architectural object, construction, BIM, concept, information model*

Article sent: 20.02.2024

© Ivanova L.

**CONTENTS****Mechanical engineering and machinery**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-017> 3

DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS OF VIBRATING SIFTERS

Fedoriv V.M., Oleksandrenko V.P., Martynyuk A.V.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-079> 9

ON THE POSSIBILITIES OF USING VARIOUS PLASTICS TYPES FOR 3D PRINTING OF SUBMERGED MARINE DEVICES PARTS

Haisha O., Haisha O.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-089> 15

MEASUREMENT AND ANALYSIS NOISE LEVEL OF THE MINITRACTOR XINGTAI XT 160 DURING TRANSPORT WORK IN THE “HUMAN-MACHINE-FIELD SYSTEM”

Berezovetska O.H., Berezovetskiy S.A.

Humenuyk R.V., Berezovetskiy A.P.

Electrical engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-043> 23

DETERMINATION OF CONDITIONS OF STABILITY OF ELECTRONIC FLOWS IN SEMICONDUCTOR DEVICES AS PART OF PULSE GENERATORS

Mardziavko V.A., Rudenko A.Y.

Mining engineering. Metallurgy

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-070> 32

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CVD DIAMOND

Sokolov O.M., Harhin V.H.

Animal products. Cereals and grain. Milling industry

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-055> 38

SANITARY AND HYGIENIC EVALUATION OF THE USE OF PREPARATIONS FOR PROTECTING POULTRY FROM PATHOGENIC MICROFLORA AND ENSURING THE PROPER QUALITY AND SAFETY OF POULTRY PRODUCTS

Prylipko T.M., Bukalova N.V., Antipov A.



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-092> 46

THE CURRENT STATE OF FORENSIC COMMODITY AND FORENSIC VETERINARY EXAMINATION OF FOOD PRODUCTS

*Bukalova N. V., Prylipko T.M., Bogatko N. M.
Rusnak L.V., Bogatko A. F.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-094> 55

FUNCTIONS OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE ANIMAL BODY

Prylipko T.M., Koval T.V.

Industrial engineering. Management engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-014> 62

METHOD OF DEVELOPMENT OF IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF INFORMATION SYSTEM OF SAFE OPERATION OF BUILDINGS

*Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V.
Tyslenko O.B., Zubrij I.M.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-016> 72

ANALYSIS OF RELATIONSHIPS OF DRILLING PROCESS EFFICIENCY INDICATORS ON THE BASIS OF A SYSTEMATIC APPROACH

*Shavranskyi M., Lahoida L.
Zvarych H., Mateik H.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-051> 79

TECHNOLOGY OF CONCRETE AND BUILDING MORTARS TECHNOLOGY USING SECONDARY MINERAL RESOURCES

Dekhta T., Bondarenko S., Vasylenko S.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-076> 86

APPLICATION OF STATISTICAL ANALYSIS FOR MEDICAL DATA

Doroshenko I.V., Knihnitska T.V.

Mechanical drawing. Engineering graphics

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-068> 92

GRAPHIC DESIGN SYSTEMS: SELECTION CRITERIA FOR ENGINEERING EDUCATION

Makhynko V. M., Sharan A. V., Bospalyi V. H.



**Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles,
Highway engineering. Roads and pavements,
Railroad engineering and operation**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-047> 100

IMPACT OF PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEMS ON THE EPIDEMIC
THREAT SPREADING: RESEARCH REVIEW AND ANALYSIS

Raida I.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-088> 110

MODEL OF A SYSTEM FOR ADAPTING ENTERPRISE ROLLING STOCK
FLEETS TO CHANGES IN ENVIRONMENTAL CONDITIONS

*Khara M.V., Maslak G.V., Krasulin O.S.
Shatokhina V.V., Shuba D.A.*

Building construction

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-044> 117

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE COMPRESSIVE STRENGTH
OF CONCRETE STRUCTURAL REINFORCED WITH FIBER
REINFORCED POLYMER BARS

Klymov Y.A.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-053> 123

THE ECOLOGICAL ASPECT OF ESTABLISHING A NETWORK
OF SPORTS AND LEISURE COMPLEXES WITHIN AN URBAN
ENVIRONMENT

Baibak D.O.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit31-00-061> 137

THE CONCEPT OF THE LIFE CYCLE OF A CONSTRUCTION OBJECT
AS A BASIS FOR EFFECTIVE PROJECT MANAGEMENT

Ivanova L.



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 84.86)

*Issue №31
Part 1
February 2024*

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: February 28, 2024

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@modern techno.de
site: www.modern techno.de

Articles published in the author's edition





www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de