

p-ISSN 2308-5258

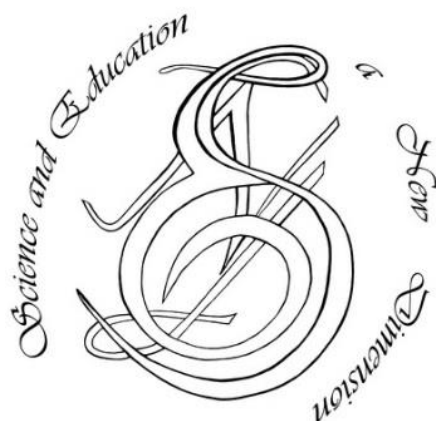
e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, VIII(27), ISSUE 224, 2020Feb.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

NATURAL  
AND  
TECHNICAL SCIENCES

TECHNICAL SCIENCES



[www.seanewdim.com](http://www.seanewdim.com)

**p-ISSN 2308-5258**

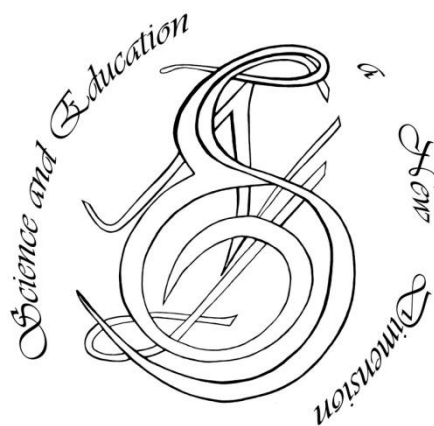
**e-ISSN 2308-1996**

VI(27), Issue 224, 2020 Feb.

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27>

**Natural and Technical Sciences**



[www.seanewdim.com](http://www.seanewdim.com)

Editorial board

**Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos**

**Honorary Senior Editor:**

**Jenő Barkáts, Dr. habil. Nina Tarasenkova, Dr. habil.**

**Andriy Myachykov**, PhD in Psychology, Senior Lecturer, Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

**Edvard Ayvazyan**, Doctor of Science in Pedagogy, National Institute of Education, Yerevan, Armenia

**Ferenc Ihász**, PhD in Sport Science, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

**Ireneusz Pyrzyk**, Doctor of Science in Pedagogy, Dean of Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

**Irina Malova**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of Department of methodology of teaching mathematics and information technology, Bryansk State University named after Academician IG Petrovskii, Russia

**Irina S. Shevchenko**, Doctor of Science in Philology, Department of ESP and Translation, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine  
Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

**Kosta Garow**, PhD in Pedagogy, associated professor, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**László Kótis**, PhD in Physics, Research Centre for Natural Sciences, Hungary, Budapest

**Larysa Klymanska**, Doctor of Political Sciences, associated professor, Head of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**Liudmyla Sokurianska**, Doctor of Science in Sociology, Prof. habil., Head of Department of Sociology, V.N. Karazin Kharkiv National University

**Marian Wloshinski**, Doctor of Science in Pedagogy, Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

**Melinda Nagy**, PhD in Biology, associated professor, Department of Biology, J. Selye University in Komarno, Slovakia

**Alexander Perekhrest**, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Nikolai N. Boldyrev**, Doctor of Science in Philology, Professor and Vice-Rector in Science, G.R. Derzhavin State University in Tambov, Russia

**Oleksii Marchenko**, Doctor of Science in Philosophy, Head of the Department of Philosophy and Religious Studies, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Olga Sannikova**, Doctor of Science in Psychology, professor, Head of the department of general and differential psychology, South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odessa, Ukraine

**Oleg Melnikov**, Doctor of Science in Pedagogy, Belarusian State University, Belarus

**Perekhrest Alexander**, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University in Cherkasy, Ukraine

**Riskeldy Turgunbayev**, CSc in Physics and Mathematics, associated professor, head of the Department of Mathematical Analysis, Dean of the Faculty of Physics and Mathematics of the Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

**Roza Uteeva**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of the Department of Algebra and Geometry, Togliatti State University, Russia

**Seda K. Gasparyan**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Yerevan State University, Armenia

**Sokuriaynska Liudmyla**, Doctor of sociological science. Prof. Head of Department of Sociology. V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

**Svitlana A. Zhabotynska**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Tatyana Prokhorova**, Doctor of Science in Pedagogy, Professor of Psychology, Department chair of pedagogics and subject technologies, Astrakhan state university, Russia

**Tetiana Hranchak**, Doctor of Science Social Communication, Head of department of political analysis of the Vernadsky National Library of Ukraine

**Valentina Orlova**, Doctor of Science in Economics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

**Vasil Milloushev**, Doctor of Science in Pedagogy, professor of Department of Mathematics and Informatics, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Plovdiv, Bulgaria

**Veselin Kostov Vasilev**, Doctor of Psychology, Professor and Head of the department of Psychology Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**Vladimir I. Karasik**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Volgograd State Pedagogical University, Russia

**Volodimir Lizogub**, Doctor of Science in Biology, Head of the department of anatomy and physiology of humans and animals, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Zinaida A. Kharitonchik**, Doctor of Science in Philology, Department of General Linguistics, Minsk State Linguistic University, Belarus

**Zoltán Poór**, CSc in Language Pedagogy, Head of Institute of Pedagogy, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Managing editor:

**Barkáts N.**

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

The journal is published by the support of Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

BUDAPEST, 2015

**Statement:**

By submitting a manuscript to this journal, each author explicitly confirms that the manuscript meets the highest ethical standards for authors and co-authors. Each author acknowledges that fabrication of data is an egregious departure from the expected norms of scientific conduct, as is the selective reporting of data with the intent to mislead or deceive, as well as the theft of data or research results from others. By acknowledging these facts, each author takes personal responsibility for the accuracy, credibility and authenticity of research results described in their manuscripts. All the articles are published in author's edition.

**THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:**

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87; ICV 2016: 73.35; ICV 2018: 90.25

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

## CONTENT

<b>ARCHITECTURE.....</b>	<b>7</b>
Functional-Spatial Features of The Architecture of The Scientocratic State on The Example of F. Bacon's Novel 'New Atlantis'	
<i>A. Fedak.....</i>	<i>7</i>
Універсальний метод визначення напружень в стиснутій зоні дерев'яних балок прямокутної форми на основі їх деформування	
<i>С. С. Гомон, П. С. Гомон, С. С. Гомон.....</i>	<i>10</i>
Соціальні та містобудівні особливості формування туристично-рекреаційної мережі як стратегія економічного розвитку локальних систем розселення в Україні	
<i>В. О. Яценко.....</i>	<i>13</i>
<b>BIOLOGY.....</b>	<b>17</b>
Характеристика показників нейродинамічних функцій, уваги та пам'яті в умовах набутої короткозорості слабкого та високого ступеня	
<i>Ю. І. Колесник.....</i>	<i>17</i>
The climate-forming ability of Magnoliaceae Juss. family in urban landscapes phytocenosis	
<i>N. B. Svetlova, V. A. Badanina, T. A. Kazantsev, R. M. Palagecha, N. Yu. Taran.....</i>	<i>22</i>
Amplitude of malondialdehyde level in tissues of rats during Escherichia coli infection in the hypobiosis state	
<i>I. Tekdemir, V. Tsvilikhovskiy.....</i>	<i>24</i>
<b>ECOLOGY.....</b>	<b>29</b>
Моніторинг вмісту важких металів на території смт Радуже	
<i>С. М. Кірієнко, С. М. Панова, О. Гапоненко, М. С. Федорнікова.....</i>	<i>29</i>
<b>INFORMATION TECHNOLOGY.....</b>	<b>33</b>
Comparison of programs for traffic analysis	
<i>Y. V. Skoryk, V. A. Vlasova, B. G. Knabe.....</i>	<i>33</i>
<b>MEDICAL SCIENCES.....</b>	<b>37</b>
Порівняльна характеристика аеробної та анаеробної продуктивності юнаків низинних та гірських районів Закарпатської області в залежності від компонентного складу тіла	
<i>О. А. Дуло, Н. М. Гема-Багіна.....</i>	<i>37</i>
Microstructural changes of the mucous membrane of the fallopian tube during prolonged opioid exposure	
<i>M. V. Podolyuk, Ya. T. Ivankiv, L. R. Matshuk-Vatseba.....</i>	<i>41</i>
The role of regular dental examinations in the prevention of dental diseases	
<i>О. Рипетська, В. Хриновітська, А. Бучковська, В. Довгань, В. Сынцисья.....</i>	<i>45</i>
Вплив надмірної маси тіла на репродуктивну функцію жінок (огляд літератури)	
<i>Р. С. Скорейко, Н. Т. Скорейко.....</i>	<i>48</i>

<b>TECHNICAL SCIENCES.....</b>	<b>51</b>
асчет границ области недопустимых значений курсов судов для домена прямоугольной формы <i>А. В. Бородулин.....</i>	<b>51</b>
Имитационное моделирование процесса расхождения четырех судов <i>А. Ю. Булгаков, Е. Е. Тюпиков.....</i>	<b>55</b>
Метод реалізації прогнозної моделі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на мережах водопостачання мегаполісу <i>О. І. Чуб, М. В. Новожилова, Р. С. Мележик.....</i>	<b>59</b>
Выбор оптимального маневра расхождения с помощью областей недопустимых значений параметров <i>М. А. Кулаков, М. В. Корх.....</i>	<b>63</b>
Аналіз ефективності двовального лопатевого змішувача сипких сировинних матеріалів за допомогою САЕ-систем <i>О. І. Кутняшенко, А. А. Топоров, П. В. Третьяков, О. Є. Алексєєва, І. В. Кутняшенко, В. М. Боровльов, О. Д. Костіна.....</i>	<b>66</b>
Планирование загрузки контейнеровоза в случае проведения грузовых операций в нескольких портах <i>М. Н. Цымбал.....</i>	<b>71</b>
Численный метод выбора маневров расхождения с несколькими судами <i>А. А. Вагущенко, Л. Л. Вагущенко.....</i>	<b>74</b>
Фізичні процеси та їх вплив на розвиток дефектів в осерді статора потужних генераторів <i>Є. О. Зайцев, М. В. Панчик.....</i>	<b>81</b>

## ARCHITECTURE

### Functional-Spatial Features of The Architecture of The Scientocratic State on The Example of F. Bacon's Novel 'New Atlantis'

A. Fedak

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: ann.fedak67@gmail.com

Paper received 05.02.20; Revised 18.02.20; Accepted for publication 21.02.20

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-01>

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the description and importance of architecture and functional-spatial planning in the utopian country in F. Bacon's novel 'New Atlantis'. The research presents the interdependence between functional content and the formation of utopia. The article summarizes the information on architecture and urban planning presented in the philosopher's novel, and also compares the description of architectural solutions with the works of the utopian philosophers T. More and T. Campanella.

**Keywords:** ideal city, utopia, public building, science.

**Introduction.** The concept of utopia occurs in the middle of the 16th century and is first used in the title of Thomas More's work 'Utopia'. Utopia is 'an imagined place or state of things in which everything is perfect' [1]. Among the first works that describe the utopian system are also the works of Plato (360-370-ies BC; 354 BC), Tommaso Campanella (1602), Johannes Valentinus Andreae (1619). A description of the author's vision of the ideal state, with appropriate social and political arrangements, is common to all these works.

'New Atlantis' by Francis Bacon is also referred to as a utopian work [2, c.191-224], and was published in 1624 for the first time. F. Bacon, being a philosopher, is the author of a large number of philosophical works and one of the founders of empiricism (knowledge based on experience). The development of science and the dissemination of knowledge are widely covered in his work.

#### A brief overview of the publications on the topic.

The most common scientific works are aimed at the analysis of social and political structures, and at the importance of information and science in the formation of utopia in the works of Bacon: articles by O. Kartunov [3]; H. Yaldir, A. Dilmacınal [4] etc.. Sandra Dragomir has compared the 'New Atlantis' by F. Bacon and the treatise 'Utopia' by T. More in her article. By comparison, the author demonstrates that "New Atlantis" has a significant number of differences from classic utopian work [5].

**The aim of the article is** to highlight and describe the importance of architecture and functional and spatial characteristics of the city and state described in F. Bacon's 'New Atlantis'.

**Results and discussion.** The events described by F. Bacon in 'New Atlantis' unfold on the island Bensalem, where the narrator, along with his crew, arrived as a result of a boat trip in the Pacific Ocean. The island state is located somewhere within the South Sea [2, c.193; 199] in the least explored part of the sea, away from all the surrounding continents [2, c.202]. There are at least 2 cities on the island (the city where the storyteller with his companions arrive, and the city of Renfusa [2, c.200]), though we assume from the text that there are more cities in fact [2, c.224]. The island itself is flat, mostly planted with trees [2, c.193]. The isolated location of the island

resonates with the work of Thomas More since the island Utopia was also located in the middle of the ocean, separated from all the world (in the middle of nowhere).

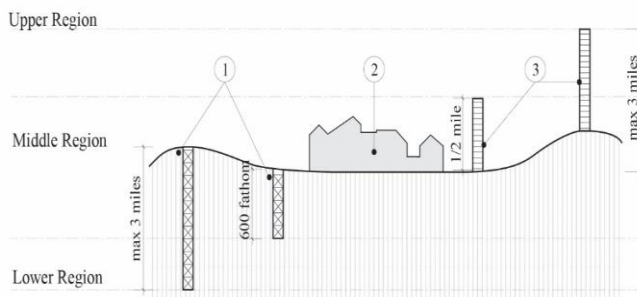
Francis Bacon pays far less attention to the numerical characteristics of the state than his predecessors. Thus, we see exactly 5040 families in Plato's feudal city [6, c. 192 6000 families in every city on the island Utopia described by T. More [7, c.62]. In the 'New Atlantis', the author only mentions the total length of the circle (the outline of the island), which is 5 600 miles (approximately 3480 km) [2, c.206].

The form of the government on the island Bensalem is a monarchy ruled by a king [2, c.212]. The church is of the same importance in the life of the country and the only religion followed by its inhabitants is Christianity.

Social equality is not so crucial for F. Bacon, thus, in contrast to works by previous utopian philosophers, it does not underlie a utopian system. The text mentions the different social status of the inhabitants that do not live on state donations contrary to works by T. More or Campanella. Although in case the family is tight on budget, the state offers financial help. If we talk about the household system of Bensalem, it is almost identical to the one in the UK at that time, except for much more active development of science. Thus, the main institution of the country is Solomon's House, which is a kind of embodiment of the Academy of Sciences [2, c. 49]. The Solomon House includes 36 people, where everyone performs a specific function such as travelling around the world, acting out as the inhabitants of other countries to keep the island in secret (12 persons); analyzing information from books (3 persons); studying mechanical sciences (3 persons) etc. [2, c.222-223]. Bacon's main idea is to form a society where knowledge and science, not social status or money, are the most important. For this purpose, the term scientocracy is developed, which means the formation of political and social relations of the state, namely based on science [8].

F. Bacon divides the entire area of the island into 3 different regions. The first is the Lower Region, located below the ground level. There are several artificially created mines on the island, the deepest of them reach six hundred fathoms. However, some mines go down the

hills, thus reaching up to 3 miles deep. These mines are used to extract new resources and to study how subsurface influences human bodies that are cooled and stored there. The Upper Region boundary is determined by towers that extend up to half a mile in height. Besides, some towers are located on hills, so the total height is up to 3 miles. These towers serve as a platform for the study of celestial bodies, weather, and the like. Everything between the Upper and the Lower Regions is called the Middle Region, where the cities are located, and almost all human activity takes place (Fig. 1).



**Fig. 1** – Three Regions, within which the inhabitants of Bensalem conduct scientific researches  
1. Mines; 2. City; 3. Towers;  
(Drawn by Author from the description in F. Bacon's *New Atlantis*' [2, c.2016-217])

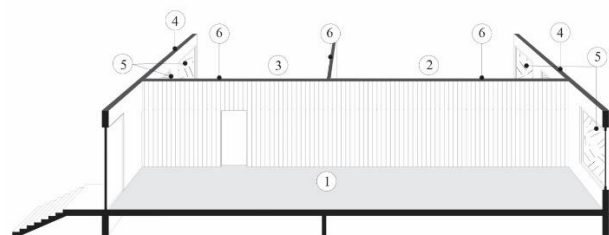
Francis Bacon does not mention the planning or spatial solution of the city, but notes that the city is not very large and is located on the shore of the ocean - has a harbour and ports, and looks picturesque. The streets are described as spacious and light [2, c.198-199]. Probably, there are no fortifications around the city since they don't often have guests from other parts of the world [2, c.198-199]. And those who find themselves in the vicinity of the island cannot go down on it until they prove the goodness of their intentions and confirm that they have not killed or robbed anyone in the last 40 days. An additional requirement is a 3-day quarantine at the Strangers' House. This is quite contradictory to the way T. More and T. Campanella described the fortifications of their cities. For example, the capital city of Utopia - Amaurot is fortified with a wall with bastions and towers, surrounded on three sides by moats and hedges, and on the fourth side by the river [7, c. 55].

The lack of a description of residential buildings, and the actual architectural design of public buildings, is explained by Bacon's opinion that buildings are first of all built to live in, not to look on [9]. Perhaps this is why, describing a utopian state, the philosopher pays much more attention to the functional purpose of the buildings, and to the description of the processes that must occur there, rather than to their design and decoration.

Among the public spaces, the author mentioned a harbour and a port [2, c.193]; gardens and vegetable gardens where, besides the cultivation of various plant species, the biology research is also carried out [2, c.218]. There are also wildlife sanctuaries in the country where zoological and ornithological studies are conducted [2, c.218]. All these spaces serve as places where various species of plants, animals, birds and fish can be seen, but, at the same time, experiments are also being carried out there to

contribute to the overall development of science on the island.

The Strangers' House is described in great detail - it's a building that was built for the temporary stay of island guests. According to the author's description, it is rather a large building whose function is to shelter people from other countries. Additionally, the building has hospital facilities that are used exclusively by travellers in case of need. The building has a gallery: the glazed gallery is adjacent to the living rooms. The number of rooms that serve as an infirmary is 40, in addition to these rooms, there are also additional living rooms for guests in the building. The rooms are spacious, beautiful and have a lot of decorations. The building is made of brick with 'of bluer tint than our brick', the inner walls - made of cedarwood [2, c.196]. The windows are partially glazed, partially covered with a linen cloth soaked in oil (Fig. 2).



**Fig. 2** – House planning perspective view of the Strangers' House 1.Reception hall; 2.Bedrooms; 3.Glazed gallery; 4.Exterior walls (of brick with a blue tint); 5.Windows, part of which is glazed, part tightened with linen cloth; 6.Cedarwood interior partitions (Drawn by Author from the description in F. Bacon's *New Atlantis*' [2, c.196])

In addition, as science and technology evolve, there are many scientific laboratories in the city where various studies are conducted. For example, there are various workshops where they produce household items, paper, fabrics, paints, and much more [2, c.220]. There is a number of laboratories called 'houses' which are divided by industry. For example, 'perspective-houses' - where scientists study optics [2, c.220]; 'sound-houses' - where scientists explore acoustics [2, c.221]; 'perfume-houses' - where scientists experiment on smells and taste reactions [2, c.221]; 'engine-houses' - is a workshop where machines and different movable goods are manufactured [2, c.222]. There are also 'houses of deceit of the senses' where scientists investigate problems and ways of deceiving the sense organs [2, c.222]; 'mathematical houses' - the building or a room where various geometric and astronomical instruments are collected [2, c.222]

Among other things, Francis Bacon mentioned confectionery houses, where they make sweets, sweet wines, etc.[2, c.222]; breweries, bakeries, kitchens where various beverages, dishes and all that sort of things are made [2, c.219]; pharmacies [2, c.219].

However, a more detailed description of how buildings should look is presented by Francis Bacon in one of his essays - 'Of Building' (1625). The philosopher pays great attention to the design of buildings, saying that it is impossible to live a healthy life if the house is built in an "unhealthy" place, emphasizing the quality of air, places for sports, etc. Bacon believes that the ideal home should be divided into two parts - one for guests and banquets and the other one for a living. In addition, he believes that



a courtyard with a fountain is mandatory [9]. All this is described in the essay, but it is not mentioned in his novel 'New Atlantis'. This indicates that in the author's opinion, favourable conditions for research and development of science are of more importance for the existence of a utopian state, than planning the cities and buildings which is, in its turn, minor.

Besides scientific and technical workshops and laboratories, the city has two galleries: the first one presents outstanding inventions - both those that were discovered in other countries and exclusively on the island; the second, - the sculptures of all inventors (not only the local but also the world) [2, c.223-224]. Sculptures are made of copper, marble, jasper, cedarwood or any other wood which is gilded and decorated (gold, silver, iron) [2, c.224]

Among the crafts and applied arts there is also weaving [2, c.214] and carpet making [2, c.215]. F. Bacon pays considerable attention to the description of the various woven fabrics that are used to dress up the inhabitants of the city. Describing the carpets, for example, he writes that they are better than the Persian, thus again emphasizing that everything made by the inhabitants of Bensalem is much better and better than what travellers have ever seen before.

**Conclusions.** In contrast to previous utopian philosophers, in the novel 'New Atlantis' Francis Bacon shifted the focus from the description of buildings and planning of the city. In his understanding, utopia is not so much about social equality as about scientific and technological progress. Socio-political structure of the island Bensalah is not much different from the government of Great Brit-

ain and most European countries of that time. The philosopher describes an island state which form of government is the monarchy, pointing out that religion (Christianity) plays an important part and thus preserves the notion of family and different social strata. The main institution of the country is Solomon's House, which is a kind of embodiment of the Academy of Sciences. The philosopher paid attention to a large number of research institutions, each of which is responsible for research in various fields ('perspective-houses', 'sound-houses', 'perfume-houses', 'engine-houses' etc.). Describing the structure of the city where travellers are located, Bacon constantly emphasizes that the materials used to build the buildings (the brick with a blue tint which they never saw), the household objects (carpets, which are much prettier than the Persian ones), the mechanisms and scientific discoveries far outstrip those seen by residents of other countries. Pretty scanty description of the architectural and design solutions and the importance of content and features confirm Francis Bacon quote from his essay 'Of Building': 'Houses are built to live in, and not to look on.' [9].

Thus, the utopia described by F. Bacon in the novel 'New Atlantis' is the first that foremost demonstrates the primacy of science and knowledge, and then later the social and political system of the country. This distinguishes him from the rest of the utopian philosophers and makes his ideas more realistic since the author describes a saentocratic state. For example, for developed countries, it is quite unambiguous to say that science is the most important industry, and in fact allows people to live quality and happy lives, which is the basis of every utopian concept.

#### REFERENCES

1. English Oxford Living Dictionaries [online] – Available at: [https://en.oxforddictionaries.com/definition/utopia\\_](https://en.oxforddictionaries.com/definition/utopia_) [Accessed 15 January 2020]
2. Bacon F. New Atlantis/Utopicheskiy roman XVI—XVII vek., 1971//Seriya «Biblioteka vsemirnoy literatury». Seriya pervaya. Sredniye Veka. Vozrozhdeniye. XVII vek. Tom 3, 496 P.
3. Kartunov O. V. Ideyi prydedshn'oho informatsiynoho suspil'stva ta suspil'stva znan' u tvorchiy spadshchyny Frensis Bekona//Politychnyy menedzhment, 2007, № 1, P. 48-56
4. Yaldir H., Dilmaçunal A., A City of Science in the Island of New Atlantis (Bensalem); Francis Bacon. Cities in The Globalizing World And Turkey: A Theoretical and Empirical Perspective, 2014, P.623-628
5. Dragomir S., Utopia and New Atlantis, utopia revised. Society and Politics Vol. 5, No. 2(10)/November 2011, P. 32-50
6. Platon, Sobrane Sochynenyi V 4 Tomakh. Tom 4, Moscow, 1994, 830 P.
7. More T., Campanella T., Utopiia. Misto Sontsia //Vershyny Svitovoho Pysmenstva, Tom 63, Dnipro, 1998, 208 P.
8. Your Dictionary [online] – Available at: <https://www.yourdictionary.com/scientocracy> - [Accessed 20 January 2020]
9. Bacon F. Of Building.//Essays: Religious Meditations. Places of Persuasion and Dissuasion. Seene and Allowed. [online] – Available at: [https://en.wikisource.org/wiki/The\\_Works\\_of\\_Francis\\_Bacon,\\_Volume\\_1/Essays/Of\\_Building](https://en.wikisource.org/wiki/The_Works_of_Francis_Bacon,_Volume_1/Essays/Of_Building) - [Accessed 20 January 2020]

# Універсальний метод визначення напружень в стиснутій зоні дерев'яних балок прямокутної форми на основі їх деформування

С. С. Гомон, П. С. Гомон, С. С. Гомон

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна  
Corresponding author. E-mail: s.s.homon@nuwm.edu.ua

Paper received 30.01.20; Revised 12.02.20; Accepted for publication 16.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-02>

**Анотація.** Наведено універсальний метод визначення напружено-деформованого стану дерев'яних елементів за роботи на чистий поперечний згин на будь-якій стадії роботи аж до руйнування. Прийнято основні передумови для елемента з деревини прямокутної форми, що найбільше використовується в будівництві. В статті запропоновано метод побудови діаграм деформування деревини, використовуючи дані за експериментальним випробуванням балок. Наведено епюру напружень при так званому другому завантаженні балки. Встановлено, що за відомих значень згинального моменту, відносних деформацій стиснутої зони та розтягнутої зони, за допомогою отриманих рівнянь можливо визначити значення напружень в дерев'яному згинальному прямокутному елементі за різних рівнів завантаження та побудувати епюри напружень стиснутої та розтягнутої зони, а також їх діаграми деформування. Розроблено методику, яка дає можливість спрогнозувати роботу дерев'яного елемента та встановити стадію напружено-деформованого стану, в якій знаходиться елемент.

**Ключові слова:** деревина, дерев'яна балка, напружено-деформований стан, напруження, деформації.

**Вступ.** З високим технологічним проривом обчислювальної техніки з'явилися нові умови для використання складних і високоточних методів розрахунку конструкцій. Ці методи дозволяють різнобічно проаналізувати стан конструкції, щоб забезпечити її надійність та довговічність експлуатації. Проте за використання сучасних європейських норм проектування [1] виникла необхідність у встановленні аналітичної залежності між напруженнями та деформаціями, яку можна отримати на основі експериментальних випробувань значної кількості спеціальних зразків окремих матеріалів. Проте часто трапляються випадки, коли отримати такі аналітичні залежності та побудувати діаграми деформування матеріалу, з якого виготовлений елемент, таким способом немає можливості із-за відсутності матеріалу для виготовлення спеціальних зразків та обладнання для проведення випробувань.

**Короткий огляд публікацій та теоретичні передумови.** В роботах [2,3,4,5,6] авторами описані діаграми повздовжнього деформування деревини в залежності від зростання напруження та було встановлено, що діаграма деформування на розтяг має прямолінійну залежність майже до її руйнування. Діаграма деформування деревини на стиск має нелінійний характер, що свідчить про присутність пластичних та можливість еластичних деформацій в деревині.

Для побудови діаграми деформування деревини за повздовжнього стиску використаємо дані отримані за експериментальних випробувань балки з клеєної деревини на прямий поперечний згин. Для цього необхідно знати відносні деформації в крайніх стиснутих та розтягнутих волокнах елемента за зростання згинального моменту, а також діаграму деформування деревини на розтяг.

Використавши досвід попередників, наведемо основні передумови для побудови діаграми деформування деревини:

- для побудови діаграми деформування деревини використовується гіпотеза плоских перерізів;
- волокна в згинальному елементі мають однакові властивості по висоті балки, що зазвичай приймають в згинальних елементах;

- епюра розтягнутої зони згинального елемента має трикутну форму, тобто діаграма деформування деревини елемента має лінійний характер.

**Ціль.** Розробити універсальний метод визначення напружень в стиснутій зоні дерев'яних балок прямокутної форми на основі їх деформування.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження є дерев'яні балки прямокутного перерізу.

**Результати та обговорення.** З експериментальних досліджень були отримано значення згинального моменту  $M_n$ , при  $n$ -ому рівні завантаження та відносні деформації  $u_{t,n}$  та  $u_{c,n}$  відповідно найбільш розтягнутих та стиснутих волокон. Розглянемо систему рівноваги при  $n$ -ому рівні завантаження. Значення згинаючих моментів  $M_1 \dots M_n$ , нам відомо з експерименту, а значення  $\sigma_{c,1} \dots \sigma_{c,n-1}$  відомі з попередніх розрахунків. Нам необхідно визначити напруження  $\sigma_{c,n}$  в найбільш стиснутому волокні деревини (рис.1).

Можливо записати систему рівноваги для всіх рівнів завантаження, яка включає в себе суму моментів відносно нейтральної лінії, а також суму всіх зусиль спроектовану на повздовжню вісь балки, де зусилля, які виникають в розтягнутій деревині і стиснутій деревині будуть рівні

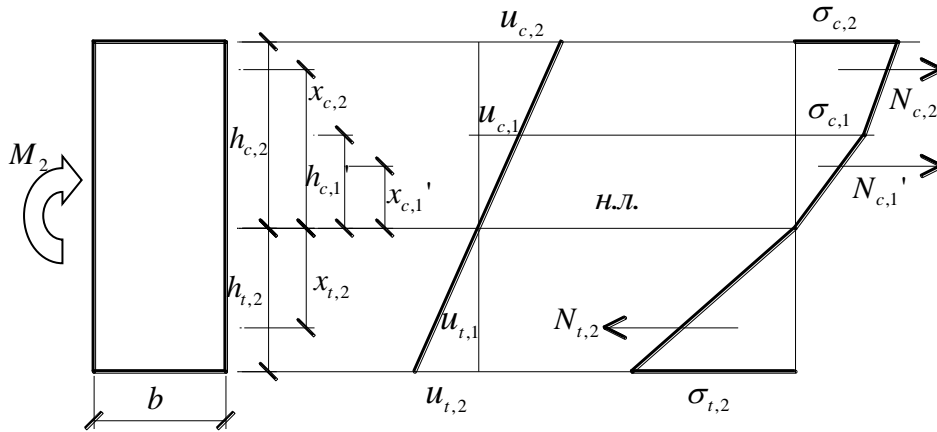
$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n-1} N_{c,i} + N_{c,i} = N_{t,n} & ; \\ M_n = \sum_{i=1}^{n-1} N_{c,i} \cdot x_{c,i} + N_{c,n} \cdot x_{c,n} + N_{t,n} \cdot x_{t,n} \end{cases} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} N_{c,i} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2} (\sigma_{c,i-1} + \sigma_{c,i}) h_{c,i} b = \quad ; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} &= \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2} (\sigma_{c,i-1} + \sigma_{c,i}) (u_{c,i} \rho_n - u_{c,i-1} \rho_n) b \\ N_{c,n} &= \frac{1}{2} (\sigma_{c,n-1} + \sigma_{c,n}) (h_{c,n} - h_{c,n-1}) b = ; \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} b (u_{c,n} \rho_n - u_{c,n-1} \rho_n) (\sigma_{c,n-1} + \sigma_{c,n}) \\ N_{t,n} &= \frac{1}{2} \sigma_{t,n} h_{t,n} b = \frac{1}{2} \sigma_{c,i} u_{t,n} \rho_n b ; \quad (4) \end{aligned}$$

де  $\rho_n = \frac{H}{u_{c,n} + u_{c,n}}$  - кривина при  $n$ -ому рівні завантаження. (5)



**Рис.1.** Епюра напружень при другому завантаженні балки:  $M_2$ = згинаючий момент;  $b$ = ширина елемента;  $h_{c,1}$  = висота першої ділянки стиснутої зони;  $h_{c,2}$  = висота другої ділянки стиснутої зони;  $h_{t,1}$  = висота розтягнутої зони елемента;  $x_{c,1}$  = плече внутрішніх сил першої ділянки стиснутої зони;  $x_{c,2}$  = плече внутрішніх сил другої ділянки стиснутої зони;  $x_{t,2}$  = плече внутрішніх сил розтягнутої зони елемента;  $u_{t,2}$  = відносні деформації найбільш віддаленого волокна розтягнутої зони елемента;  $u_{c,2}$  = відносні деформації найбільш віддаленого волокна стиснутої зони елемента;  $u_{c,1}$  = відносні деформації найбільш віддаленого волокна першої ділянки стиснутої зони елемента;  $\sigma_{t,2}$  = напруження найбільш віддаленого волокна розтягнутої зони елемента;  $\sigma_{c,2}$  = напруження найбільш віддаленого волокна стиснутої зони елемента;  $\sigma_{c,1}$  = напруження найбільш віддаленого волокна першої ділянки стиснутої зони елемента;  $N_{t,2}$  = рівнодіюча напружень розтягнутої зони елемента;  $N_{c,2}$  = рівнодіюча напружень другої ділянки стиснутої зони елемента;  $N_{c,1}$  = рівнодіюча напружень першої ділянки стиснутої зони елемента.

Запишемо суму моментів відносно нейтральної лінії, підставивши зусилля розтягу як суму зусиль стиску

$$M_n - \sum_{i=1}^{n-1} N_{c,i} \cdot x_{c,i} - \sum_{i=1}^{n-1} N_{c,i} \cdot x_{t,i} = N_{c,n} \cdot x_{c,n} + N_{c,n} \cdot x_{t,n} \quad (6)$$

де  $x_{c,i} = (h_{c,i} - h_{c,i-1})\varphi_i + h_{c,i-1} = (u_{c,i}\rho_n - u_{c,i-1}\rho_n)\varphi_i + u_{c,i-1}\rho_n$ ; (7)

$$x_{t,i} = \frac{2}{3}h_{t,i} = \frac{2}{3}u_{t,i}\rho_n \quad (8)$$

Враховуючи, що отримані зусилля дорівнюють зусиллям, обчисленим за формулами (2), (3) та (4), рівняння (1) прийме вигляд

$$\sigma_{c,n}x_{c,n} + \sigma_{c,n} \frac{2}{3}u_{t,n}\rho_n + \sigma_{c,n-1}x_{c,n} - \quad (9)$$

$$- \frac{M_n - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2}b(\sigma_{c,i-1} + \sigma_{c,i})(u_{c,i}\rho_n - \varepsilon_{c,i-1}\rho_n)(x_{c,i} + x_{t,i})}{0,5(u_{c,n}\rho_n - u_{c,n-1}\rho_n)b} + \frac{2}{3}\sigma_{c,n-1}u_{t,n}\rho_n = 0$$

де  $\varphi_i$  - коефіцієнт, який враховує центр ваги ділянки (за першого завантаження необхідно прийняти 2/3).

$$x_{c,n} - h_{c,n-1} = \frac{\frac{1}{2}(h_{c,n} - h_{c,n-1})(h_{c,n} - h_{c,n-1})\sigma_{c,n-2} + \frac{2}{3}(h_{c,n} - h_{c,n-1})\frac{1}{2}(h_{c,n} - h_{c,n-1})(\sigma_{c,n} - \sigma_{c,n-1})}{(h_{c,n} - h_{c,n-1})\sigma_{c,n-1} + \frac{1}{2}(h_{c,n} - h_{c,n-1})(\sigma_{c,n} - \sigma_{c,n-1})} \quad (12)$$

де  $h_{c,n}$  та  $h_{c,n-1}$  дорівнюють відповідно  $u_n\rho_n$  та  $u_{c,n-1}\rho_n$ .

Спростивши (12) ми отримаємо рівняння  $\sigma_{c,n}x_{c,n} - \sigma_{c,n} \left( h_{c,n-1} + \frac{2}{3}(h_{c,n-1} - h_{c,n-1}) \right) + \sigma_{c,n-1}x_{c,n} - \quad (13)$

$$- \left( \sigma_{c,n-1}h_{c,n-1} + \frac{1}{3}\sigma_{c,n-1}(h_{c,n} - h_{c,n-1}) \right) = 0$$

Запишемо попередній вираз (13), як рівняння з двома невідомими

Рівняння (9) можна записати, як рівняння з двома невідомими  $\sigma_{c,n}$  та  $x_{c,n}$

$$x_1x_2 + a_1x_1 + a_2x_2 - a_3 = 0, \quad (10)$$

де  $x_1 = \sigma_{c,n}$  - напруження в стиснутій зоні при  $n$ -му завантаженні;

$x_2 = x_{c,n}$  - відстань від нейтральної лінії до центру ваги трапеції останньої стиснутої зони;

$a_1 = \frac{2}{3}u_{t,n}\rho_n$ ,  $a_2 = \sigma_{c,n-1}$  - константи рівняння;

$$a_3 = \frac{M_n - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2}b(\sigma_{c,i-1} + \sigma_{c,i})(u_{c,i}\rho_n - u_{c,i-1}\rho_n)(x_{c,i} + x_{t,i})}{0,5(u_{c,n}\rho_n - u_{c,n-1}\rho_n)b} + \frac{2}{3}\sigma_{c,n-1}u_{t,n}\rho_n = 0 \quad (11)$$

Визначимо відстань до центру ваги  $n$ -ої трапеції обмеженої зусиллями  $\sigma_{c,n}$ ,  $\sigma_{c,n-1}$

$$x_1x_2 + k_1x_1 + k_2x_2 - k_3 = 0 \quad (14)$$

де  $x_1 = \sigma_{c,n}$  та  $x_2 = x_{c,n}$ , як зазначено вище

$$k_1 = -\frac{1}{3}u_{c,n-1}\rho_n - \frac{2}{3}u_{c,n}\rho_n, \quad k_2 = \sigma_{c,n-1} \quad (15)$$

$$k_3 = \frac{2}{3}\sigma_{c,n-1}u_{c,n-1}\rho_n + \frac{1}{3}\sigma_{c,n-1}u_{c,n}\rho_n \quad (16)$$

Обидва рівняння мають спільні невідомі  $x_1 = \sigma_{c,n}$  та  $x_2 = x_{c,n}$ , тому можна скласти з них систему рівнянь

$$\begin{cases} x_1 x_2 + a_1 x_1 + a_2 x_2 - a_3 = 0 \\ x_1 x_2 + k_1 x_1 + k_2 x_2 - k_3 = 0 \end{cases} \quad (17)$$

Враховуючи, що  $a_2 = k_2 = \sigma_{c,n-1}$ , та віднявши від рівняння (10) рівняння (14) ми отримуємо

$$a_1 x_1 - a_3 = k_1 x_1 - k_3 \quad (18)$$

Рішенням попереднього рівняння (18) є

$$x_1 = \sigma_{c,n} = \frac{a_3 - k_3}{a_1 - k_1} \quad (19)$$

Визначивши  $\sigma_{c,n}$  можна отримати центр ваги трапеції, і записати його, як відношення до висоти трапеції

$$\varphi_i = \frac{1/3\sigma_{c,n-1} + 2/3\sigma_{c,n}}{\sigma_{c,n-1} + \sigma_{c,n}} \quad (20)$$

Враховуючи отримані рівняння, аналіз згинального елемента та розрахунок необхідно проводити в такій послідовності:

1. Встановлюємо значення напруження в найбільш стиснутому волокні при першому завантаженні  $\sigma_{c,1}$ , для цього завантаження центр ваги буде знаходитися в залежності від коефіцієнта  $\varphi_1 = 2/3$ .

2. Знаходимо значення напруження в найбільш стис-

нутому волокні  $\sigma_{c,n}$ .

3. Обчислюємо центр ваги ділянки  $\varphi_n$  для всіх інших завантажень, враховуючи попередні значення. Пункт 2 та 3 повторюємо  $n$  кількість разів, при цьому встановлюємо повну епюру деформування.

**Висновки.** Отримано рівняння для побудови діаграми деформування деревини шляхом аналітичного аналізу з використання результатів випробування згинальних елементів прямокутного перерізу. Встановлено, що при відомих значеннях згинального моменту, відносних деформацій стиснутої зони та розтягнутої зони, за допомогою отриманих рівнянь можливо визначити значення напружень в дерев'яному згинальному прямокутному елементі за різних рівнів завантаження та побудувати епюри напружень стиснутої та розтягнутої зони, а також відповідних діаграм деформування. Методика дозволяє встановити неруйнівним методом характеристики деревини існуючої конструкції, а також визначити, на якій стадії напружено-деформованого стану перебуває елемент, що в свою чергу дозволить спрогнозувати подальшу роботу цього елемента.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1.1. General rules and rules for buildings. – 1995. - 124p.
2. Гомон С.С., Гомон С.С., Сасовський Т.А. Діаграма механічного стану деревини сосни за одноразового короточасного деформування до повної втрати міцності матеріалу // Зб. Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 23. Рівне, НУВГП, 2012. С. 166-171.
3. Гомон С.С., Гомон С.С., Сасовский Т.А. Построение полной диаграммы деформирования древесины сосны при действии статической нагрузки // Сборник научных трудов "Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии". ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет». Часть 2. Могилев, 2012. – С. 81-82.
4. Гомон С.С., Сасовский Т.А. Работа изгибаемых элементов из клееной древесины при малоцикловых нагрузках // Вестник Белорусско-Российского университета, в.1(50), Могилев, УПКП МЭУП, 2016. С. 130-139.
5. Gomon S., Pavluk A. Study on working peculiarities of glue laminated beams under conditions of slanting bending // Underwater technologies. Vol. 07, 2017. P. 42-48.
6. Гомон С.С., Поліщук М.В. Експериментально-статистичні дослідження залежностей «січний модуль-рівень напружень» для цільної та клеєної деревини // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Випуск 35. Рівне, 2018. С.60-67.

#### REFERENCES

2. Gomon S.S., Gomon S.S., Sasov'skyu T.A. The diagram of mechanical condition of wooden pine tree one-time used and short-term deformation to the full loose of the material's strength // Sb. Resource-saving materials, constructions, buildings and constructions. -Vip. 23. Rivne, NUVGP, 2012. P. 166-171.
3. Gomon S.S., Gomon S.S., Sasov'skyu T.A. Construction of a complete diagram of pine wood deformation under the action of a static load // Collected scientific works "Materials, equipment and resource-saving technologies". The Belarusian-Russian University. Part. Mogilev, 2012. P. 81-82.
4. Gomon S.S., Sasov'skyu T.A. The work of bent elements from glued wood with low cyclic loads // Bulletin of the Belarusian-Russian University, p.1 (50), Mogilev, UPKP MEUP, 2016. P. 130-139.
5. Gomon S., Pavluk A. Study on working peculiarities of glue laminated beams under conditions of slanting bending //Underwater technologies, Vol. 07, 2017. P. 42-48.
6. Gomon S.S., Polischuk M.V. An experimental and statistical investigation of "modulus elastisiti – stress level" dependencies of solid and glued timber // Resursoeconomni materials, constructions, budivlty spores. Zbirnik naukovykh prat. Vypusk 35. Rivne, 2018. - P.60-67.

#### An universal method of determining stresses in a compressed zone of rectangular wooden beams based on their deformation

S. S. Gomon, P. S. Gomon, S. S. Gomon

**Abstract.** The universal method of determining the stress-strained condition of wooden elements during the work on a pure transverse bend at any stage of work up to destruction. The basic prerequisites for the rectangular wooden elements that are most used in construction are accepted. In the article a method for constructing wood deformation diagrams using experimental beam test data was proposed. The chart of stresses at the so-called second loading of the beam is given. It is established that with known values of bending moment, relative deformations of the compressed zone and the stretched zone, using the obtained equations it is possible to determine the values of stresses in the wooden bending rectangular element at different loading levels and construct a diagram of the stresses of the compressed and stretched zone, as well as their deformation diagram. A technique which enable to predict the wooden element will work and to establish the stage of stress-strained condition in which the element is located has been developed.

**Keywords:** wood, wood beam, stress-strained condition, stress, deformation.

## Соціальні та містобудівні особливості формування туристично-рекреаційної мережі як стратегія економічного розвитку локальних систем розселення в Україні

В. О. Яценко

Кафедра ландшафтної та туристично-рекреаційної архітектури Київського національного університету будівництва і архітектури, м.Київ, Україна  
Corresponding author. E-mail: viktoryathenko@ukr.net

Paper received 03.02.20; Revised 15.02.20; Accepted for publication 18.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-03>

**Анотація.** В статті розглянуто передумови розробки методики формування туристично-рекреаційних комплексів на базі ресурсних можливостей локальних систем розселення (територіальних громад) в Україні. Звернено увагу на стан галузі і перспективні можливості її як основної для економічного розвитку ряду територіальних громад. Окреслено ряд принципів за якими процес має розглядатися в містобудівній діяльності. Наведено конкретний приклад стратегічної програми розвитку локальної системи в основі якої закладено туристично-рекреаційну складову.

**Ключові слова:** територіальна громада, локальна система розселення, туристично-рекреаційна діяльність, містобудівна діяльність, екологія, урбанізація, природний ресурс.

**Вступ.** Соціально-політичні зміни в Україні характеризуються перебудовою політичної системи суспільних інститутів, зміною адміністративно-територіального устрою, умовами життя і трудових відносин, переоцінкою системи цінностей, перерозподілом владних повноважень тощо. Містобудівна діяльність, як ніяка інша, стала на перехресті змін, переваг, негараздів, пропозицій та очікувань позитивних змін. Виникла необхідність поновлення проектної документації на всіх рівнях починаючи з Генеральної схеми розселення. Поява нового територіального суб'єкта, що потребує містобудівного втручання – об'єднанні територіальні громади або локальні системи розселення потребує перегляду нормативної та законодавчої бази.

Суб'єкт системи в основі якого лежить організація простору до якого належать урбанізовані рекреаційні, сільськогосподарські території, інженерні та транспортні мережі потребує стратегічних пропозицій розвитку від яких буде залежати його майбутнє.

Особливо складною є ситуація з локальними системами в зоні впливу великих міст таких як Київ, Харків, Львів, Одеса, які в свою чергу впливають на прилеглі території.

Наростання антагонізму між містом і передмістям потребує негайного втручання як законодавчого, нормативного так і зміни парадигми співіснування в основі якої має стати еколого-містобудівна стратегія, яка полягає в розвитку рекреаційної мережі здатної забезпечувати місто природним ресурсом для різного виду відпочинку.

**Короткий огляд публікацій по темі.** Процеси децентралізації та зміни адміністративно-територіального устрою в Україні розпочалися без достатньої містобудівної бази яка повинна була сформувати стратегію реформування існуючої системи в бажану побудовану на передових прикладах інших країни.

Існуюча ієрархія містобудівної діяльності в країні побудована за принципом вертикалі від складного до простого. За нинішніх умов ця методика значно змінилася, а нова форма з появою локальних систем розселення, яка здебільшого буде розвиватися саме на

економічній спеціалізації, потребує і нових видів проектних робіт.

Проектна діяльність в Україні має доволі міцну та ґрунтовну базу, яку в свій час формували вітчизняні архітектори. Так, в ХХ столітті значний вклад в теорію і практику містобудівної школи внесли праці Д.І.Богорада, А.Ейнгорна, Г.І.Фільварова, І.О.Фоміна [1,2,3], які саме започаткували системні методи регіонального планування. Роботи М.М.Дьоміна Г.І.Лаврика [4,5] стали методологічним фундаментом системних методів в архітектурі та містобудуванні. До ряду спеціалізованих досліджень пов'язаних з побудовою діяльності на всіх рівнях можна віднести дослідження Ю.М.Палехи, Г.П.Підгрушного, В.М.Вадімова, В.І.Мироненка, Т.Ф.Панченко, І.К.Бистрякова, В.В.Шулика [6,7,8,9,10], які розглядали в своїх роботах питання транспорту, промисловості, оцінки землі, природного потенціалу для створення рекреаційних систем. Початок змін ХХІ століття став пошуком нових рішень як в системі розселення так і на рівні самих поселень.

В цей час здебільшого дослідження пов'язані локальними питаннями проблем екології, збереження природи, історії, культури в контексті їх можливостей для формування стратегії майбутнього розвитку локальних систем розселення – територіальних громад. Такими дослідженнями стали роботи Г.Шульги, Г.О.Осіченко та інші.

**Мета.** Мета публікації полягає в подальшому вивченні нового суб'єкта системи розселення, який визначився в процесі змін адміністративно-територіального поділу України, а саме дослідженні методології розробки нових підходів до пропозицій просторового розвитку локальних систем розселення виходячи з концептуальних засад та наукового обґрунтування нової парадигми в містобудівній діяльності. Один з таких підходів полягає в залученні значних ресурсних можливостей для формування туристично-рекреаційної мережі як головної для побудови стратегічної програми територіальних громад.

**Матеріали та методи.** Україна – двадцять друга за територією країна світу – 603,7 тис. км<sup>2</sup> в 1991 році стала незалежною державою. На даний період насе-

лення складало 51,7 млн. жителів, з них 35,1 млн. жит. – міське населення і 16,6 млн. жит. сільське. За адміністративним поділом на той час – 24 адміністративні області, 489 адміністративних районів, 445 міст, 911 селищ міського типу і близько 29 тис. сільських населених пунктів та Автономна Республіка Крим.

Минулі майже 30 років внесли значні зміни як в саму систему розселення так і в особливості адміністративного устрою, кількісні показники, економічну стратегію, екологічний стан тощо. З карти України зникло більше 600 населених пунктів. Якщо розглядати визначені Генеральною схемою основні регіони, то також ми бачимо: Східний регіон – економічний занепад, соціальні зміни, війна; Центральний регіон – кардинальні зміни в економічному потенціалі через втрату великої кількості промисловості, міграційні процеси та необґрунтоване зростання великих міст; Західний регіон – відтік населення, міграція за кордон та майже повний занепад економіки, недостача як місць праці так і людського ресурсу; Південний регіон – значна втрата територій.

Тому система розселення України на сьогодні носить в якійсь мірі уявний характер в питанні перспектив розвитку, а нові суб'єкти системи, територіальні громади є головними її елементами і перебувають в стані формування стратегії економічного розвитку. Уявність підтверджується і даними ООН, які показують що, за темпами скорочення населення Україна входить до першої п'ятірки країн, а експерти ООН прогнозують, що до 2050 року населення країни скоротиться на 18%.

Розпочатий ще в 2015 році процес децентралізації заплановано в основному закінчити в 2020 році. Нові архітектурні елементи системи розселення, а саме об'єднані територіальні громади повинні в своїй основі сформувавши і затвердити стратегічний план розвитку, що базується здебільшого на ресурсних можливостях, існуючому економічному потенціалі, інформативному забезпеченні та ефективній системі управління органами місцевого самоврядування.

Саме цей шлях потребує підкріплення як цілим рядом законодавчих актів так і нової нормативної бази. Згідно з Законом України «Про добровільне об'єднання територіальних громад» прийнятим в 2015 році станом на 10.11.2019 р. в Україні сформовано 1002 об'єднаних територіальних громад (в 2015 – 159; 2016 – 366; 2017 -665; 2018 – 806). Як видно з показників процес є стабільним, про те на сьогодні є області, які ще в значній мірі потребують прискорення – це Одеська, Харківська та Закарпатська.

Саме в цих областях є великий потенціал для розвитку туристично-рекреаційних функцій, які стануть стимулом спроможності локальних систем розселення. За унікальністю ресурсів Україна має можливість підняти на значний рівень туристично-рекреаційну галузь.

Україна має 70 тис. річок, тисячі озер і водосховищ, два морських узбережжя, гори Карпати, 6737 спеціально відведених територій та об'єктів природного заповідного фонду з площею більше 2,35 млн. га. 20,0% цієї території займають національні природні парки, 9,6% біосферні заповідники, 17,2% регіональні ландшафтні парки та багато іншого. [7,8]

Величезний природний потенціал сьогодні є тим стимулом економічного розвитку локальних систем, який зможе відновити зростання і фінансову спроможність їх існування.

На сьогодні в Україні налічується велика кількість різновидів туристично-рекреаційної діяльності, які знаходяться в різних стадіях розвитку, це водний туризм, гірський туризм, екологічний туризм, сільський зелений туризм, пізнавальний туризм, діловий туризм, міський туризм та інші.

Проте, розвиток туристично-рекреаційної галузі здатної стати основою економічної стабільності локальних систем в порівнянні з світовими та європейськими масштабами не відповідає її величезному потенціалу та надзвичайно вигідному геополітичному положенню. Про це свідчать, наприклад, основні показники туристичних потоків в Україні та за її межами, які мають нестійку динаміку і за даними Міністерства культури і туризму знаходиться в межах 2-3 млн. туристів на рік, в тому числі внутрішніх туристів – 1-2 млн. [10].

На жаль, навіть у до кризовий період українські показники значно відрізнялися від більшості зарубіжних країн. Так, в Україні ця галузь складала 0,6% внутрішнього валового продукту і 1% від зайнятих у всіх галузях господарства. Для порівняння ці показники у Франції становили відповідно – 7,7% та 9,3%; Іспанії – 9,0% та 11,0%; у Швейцарії – 8,0% та 10,0%; в Австрії – 8,8% та 14,0%.

Державне завдання в даній ситуації спрямувати процеси на створення регіональної туристично-рекреаційної системи з виявленням наявних туристичних ресурсів; визначити напрямки функціонального використання (культурний, пізнавальний, екологічний та зелений туризм тощо); забезпечити законодавчо їх ефективної охорони, запобігти стихійним процесам відчуження та приватизації; розробляти та впроваджувати стратегічну програму локальної системи як складової регіональної; розвивати туристично-рекреаційну діяльність громади з позицій інтересів розвитку соціальних та містобудівних особливостей.

Основою формування регіональних систем туризму є ареали групового розміщення – зони концентрації об'єктів або природних ресурсів, які в нових умовах можуть бути об'єднуючою стратегією локальних систем розселення (територіальних громад).

Частина територіальних викладок знайшли своє відображення в уже розроблених концепціях економічного розвитку територіальних громад, де туристично-рекреаційна сфера є одною із основних стратегічних програм.

Вдалим прикладом може слугувати стратегія Коблевської об'єднаної територіальної громади, яка об'єднала десять населених пунктів з населенням 7,266 осіб (на 2017 рік).

Економічна спеціалізація на період об'єднання: туристичний сектор, сільське господарство, рекреаційні території, бази відпочинку, регіональний ландшафтний парк «Тилігульський» та інші.

Базуючись на Законі України «Про туризм» та враховуючи потенційний ресурс визначені наступні види туристично-рекреаційної діяльності Коблевської ОТГ: культурно-пізнавальний, рекреаційно-оздоровчий,

спортивний, екологічний (зелений), сільський агротуризм, аматорський та регульований в зонах природно-заповідного фонду. (Рис. 1 А).

Стратегія розвитку рекреаційних перспектив для економічного розвитку закладена і в Великодимерській об'єднаній територіальній громаді, як перспективний об'єкт в зоні впливу великого мегаполісу Києва та ОТГ смт. Бородянка. (Рис. 1 Б).

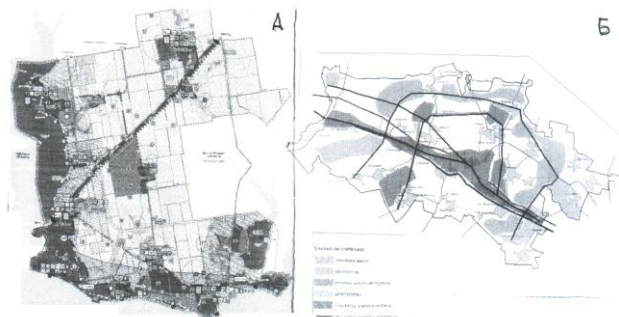


Рис. 1. Просторова організація рекреаційних територій: А – ОТГ Коблево; Б – ОТГ Бородянка

Підтвердженням цього є хороше транспортне сполучення, хороша в екологічному стані природа, давня історія поселень, народні звичаї та мальовничі краєвиди. Інвестиційна програма передбачає рекреаційну діяльність як головну поряд з такими як виробничі підприємництва та соціальна і комунальна сфера. А головними об'єктами мають стати елементи системи відпочинку вихідного дня та туризму.

Сьогодні, як вже відмічалось в попередніх статтях, містобудівна діяльність, система планування не завжди адекватно сприймає реальну суть соціальних та економічних змін. І причин дуже багато: відсутність та не систематизованість інформативного забезпечення, інформативна база здебільшого формується в угоду уже здійснених фактів, законодавча база не має твердого підґрунтя здатності виконувати закони через відсутність наукових досліджень містобудівного характеру, невміння і небажання працювати з державним розумінням вирішення проблеми тощо.

Така ситуація поглиблює кризове напруження в містобудівній діяльності, а амбітність всіх гравців процесу децентралізації «хто більш значимий» веде все до більшого розриву між реальністю та пропозиціями.

Протиріччя між законом, нормами, містобудівною діяльністю є не що інше як руйнування процесу сталого розвитку локальних систем – територіальних громад. Туристично-рекреаційна діяльність в Україні сьогодні поки що не має своєї твердої матеріальної та ідеологічної бази, які на жаль через відсутність господаря змінюються за потреби окремих гравців політичних забаганок.

Туристично-рекреаційна діяльність в своєму розвитку має слідувати принципам сталого розвитку локальних систем розселення як кожної окремо так і спільних цілей економічного та екологічного покращення регіонів та країни.

Такими принципами можуть бути наступні: головна мета діяльності направлена на збереження природи; виховання культури та чутливе ставлення суспільства до історії, природи тощо; нові адміністративні одиниці – територіальні громади мають бути менш залеж-

ними від незбалансованого землекористування; всі процеси мають здійснюватись на екологічній стратегії збереження; як стимул розвитку високоякісна структура та надання послуг; діяльність направлена на довгостроковий період співпраці всіх сфер як в державному так і приватному секторі та створенні інвестиційної привабливості територіальної громади.

Сьогодні ключові позиції у містобудівній діяльності займають земельні інтереси і це, як ніщо інше, впливає на природне оточуюче середовище на якому базується туристично-рекреаційна система нових елементів розселення.

Тому розуміння ідеології децентралізації як реформи, вимагає оцінки нинішньої співпраці системи управління та соціально-економічного стану суспільства допомагає виявити стратегічні розділи сталого розвитку системи розселення враховуючи всі сфери діяльності:

- прослідити в історичному ракурсі особливості формування адміністративно-територіального поділу країни та відповідної системи управління кожної системи окремо;
- запропонувати методичну основу яка має базуватись на управлінні, на комплексній співпраці всіх сфер суспільства, на визначених таксономічних одиницях території, якими вони володіють;
- створити модель вертикального регулювання і горизонтального управління всіма сферами життєдіяльності суспільства, на відміну від існуючої вертикалі нормативної, законодавчої, управлінської і контролюючої;
- виявити фактори, які можуть впливати на реформування існуючої системи місцевого самоврядування в трансформовану систему групових форм розселення в залежності від стратегічної програми;
- запропонувати засоби структурної організації простору як об'єкта містобудівного планування, зонування та регіоналізації території з урахуванням нового об'єкта на місцевому рівні – територіальній громаді з особливим видом економічної стратегії туристично-рекреаційної діяльності.

**Результати та їх обговорення.** Результатом дослідження є продовження пошуків стратегічних шляхів соціально-економічного розвитку розселення в Україні в результаті суттєвих змін адміністративно-територіального устрою. Новий елемент розселення територіальна громада для свого розвитку, в основному, може залучати наявний природний або існуючий економічний потенціал.

Сучасна політика екологізації та збереження природного середовища дає можливість для розвитку регіональних систем туристично-рекреаційної діяльності як країни так і кожної локальної системи розселення. Перспективою для обговорення є саме комплексна оцінка ресурсної спроможності кожної територіальної громади та можливість розвитку суміжних регіональних програм.

**Висновок.** Процес децентралізації в Україні направлений на укрупнення системи розселення на нижньому рівні, а саме формування територіальних громад як системи локального рівня дав можливість більш критично оцінити реальність ресурсів для розвитку.

Нова методика, яка розробляється, має наміри об'єднати внутрішні і зовнішні можливості на цільовій узгодженості збереження, популяризації, збагачення природних культурних та історичних ресурсів

на всіх рівнях, створивши регіональні моделі туристично-рекреаційної діяльності в нових адміністративних умовах та глобальному впливу урбанізаційних процесів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Богорад Д.И. Конструктивная география района. Основы районной планировки – М.: Мысль, 1965. – 407 с.
2. Фильваров Г.И. Закономерности пространственной организации социально-производственного комплекса города: Автореф. дис. ... д-ра арх. – М., 1990. – 49 с.
3. Фомин И.А. Формирование групповых систем населенных мест в УССР//Групповые системы населенных мест в различных природных и экономических условиях. Сб. науч. трудов ЦНИИП градостроительства. – М., 1982.
4. Демин Н.М. Управление развитием градостроительных систем. – Київ: Будівельник, 1991. – 184 с.
5. Лаврик Г.И. Методические основы районной планировки (Г.И.Лаврик, Н.М.Демин) – М.: Стройиздат, 1975. – 251 с.
6. Шулик В.В. Пропозиції по виявленню перспективних рекреаційних територій//Сучасні проблеми архітектури та містобудування [відпов. ред. М.М.Дьомін] – К.: КДТУБА, 1997, №1. – С. 149-152.
7. Панченко Т.Ф. Соціально-економічні чинники розвитку туризму, курортів та рекреації в Україні – Зб. наук. праць «Досвід та перспективи розвитку міст України» – «Соціально-економічні системи містобудування». – К.: Діпромисто, 2009, №16 – 208 с.
8. Панченко Т.Ф. Ландшафтно-рекреаційне районування території України – Зб. наук. праць «Досвід та перспективи розвитку міст України» – «Охорона довкілля, ландшафтна архітектура». – К.: Діпромисто, 2002, №2 – 251 с.
9. Бейдик О.О. Пріоритетні напрями розвитку національного туризму / О.О.Бейдик, В.К.Федорченко//Туризм і завдання національно-культурного відродження України: Всеукраїнська наук.-практ. конф., 12-14 травня 1997 р. Тези допов. – Київ-Черкаси: Укр. ін-т туризму, 1992. – С. 5-7.
10. Шулик В.В. Методологічні основи формування рекреаційних систем в Україні. Дис. на зд.наук.ст.докт.арх. – Полтава, 2008.

#### REFERENCES

1. Bohorad, D.Y. Konstruktyvnaia heohrafiya raiona. Osnovy raionnoi planirovki – M.:Mysl, 1965. – 407 p.
2. Fylvarov, H.Y. Zakonomernosty prostranstvennoi orhanyzatsyy sotsyalno-proyzvodstvennoho kompleksa horoda: Avtoref. dys. ... d-ra arkh. – M., 1990. – 49 p.
3. Fomyn, Y.A. Formirovanye hruppovykh system naseleennykh mest v USSR//Hruppove systemy naseleennykh mest v razlychnykh pryrodnykh y ekonomycheskykh uslovyiakh. Sb. nauch. trudov TsNIYP hradostroytelstva. – M., 1982.
4. Demyn, N.M. Upravlenye razvytyem hradostroytelnykh sistem. – Kyiv: Budivelnik, 1991. – 184 p.
5. Lavryk, H.Y. Metodycheskye osnovy raionnoi planirovki (H.Y.Lavryk, N.M.Demyn) – M.: Stroizdat, 1975. – 251 p.
6. Shulyk, V.V. Propozytsii po vyavlenniu perspektivnykh rekreatsiinykh terytorii//Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia [vidpov. red. M.M.Domin] – K.: KDTUBA, 1997, №1. – P. 149-152.
7. Panchenko, T.F. Sotsialno-ekonomichni chynnyky rozvytku turyzmu, kurortiv ta rekreatsii v Ukraini – Zb. nauk. prats «Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy» – «Sotsialno-ekonomichni systemy mistobuduvannia». – K.: Dipromisto, 2009, №16 – 208 p.
8. Panchenko, T.F. Landshaftno-rekreatsiine raionuvannia terytorii Ukrainy – Zb. nauk. prats «Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy» – «Okhorona dovkillia, landshaftna arkhitektura». – K.: Dipromisto, 2002, №2 – 251 p.
9. Beidyk, O.O. Priorytetni napriamy rozvytku natsionalnoho turyzmu / O.O.Beidyk, V.K.Fedorchenko//Turyzm i zavdannia natsionalno-kulturnoho vidrozhennia Ukrainy: Vseukrainska nauk.-prakt. konf., 12-14 travnia 1997 r. Tezy dopov. – Kyiv-Cherkasy: Ukr. in-t turyzmu, 1992. – P. 5-7.
10. Shulyk, V.V. Metodolohichni osnovy formuvannia rekreatsiinykh system v Ukraini. Dys. na zd.nauk.st.dokt.arkh. – Poltava, 2008.

#### **Social and town-planning features of forming of tourist-recreational network as strategy of economic development of the in-plant systems of settlement are in Ukraine**

**V. O. Yathenko**

In the article pre-conditions of development of methodology of forming of tourist-recreational complexes are considered on the base of resource possibilities of the in-plant systems of settlement (territorial communities) in Ukraine. Paid attention to the state of industry and perspective possibilities her as basic for economic development of row of territorial communities. The row of principles is outlined after that a process must be examined in town-planning activity. A certain example of the strategic program of development of the in-plant system is made a tourist-recreational constituent is stopped up in basis of that.

**Keywords:** territorial society, in-plant system of settlement, tourist-recreational activity, town-planning activity, ecology, urbanization, natural resource.



## BIOLOGY

### Характеристика показників нейродинамічних функцій, уваги та пам'яті в умовах набуті короткозорості слабкого та високого ступеня

Ю. І. Колесник

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка, м. Суми, Україна  
Corresponding author. E-mail: ioliya.sumy@gmail.com

Paper received 08.01.20; Revised 19.01.20; Accepted for publication 23.01.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-04>

**Анотація.** Представлено результати дослідження нейродинамічних (ФРНП, ЛПСМР різної складності, ШЦОІ) і психофізіологічних (увага та короткочасна пам'ять) показників людей із набутію короткозорістю. Встановлено, що в умовах короткозорості відбуваються специфічні зміни ВНД, які є наслідком функціональних перебудов в ЦНС. Загалом, при слабкій короткозорості виявлені найліпші показники нейродинаміки, уваги та пам'яті (крім слухової на числа). Високому ступеню короткозорості відповідають знижені нейродинамічні показники, нижча якість та концентрація уваги, зниженні обсяги короткочасної пам'яті (крім слухової та зорової на числа).

**Ключові слова:** *набута короткозорість, сенсомоторні реакції, увага, короткочасна пам'ять, вища нервова діяльність.*

**Вступ.** Загальновідомо, що характер вищої нервової діяльності (ВНД) людини обумовлений типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи (ЦНС) та функціями пізнавальної сфери. Увага та пам'ять є тими видами психічної діяльності, які спрямовані на адаптацію до навколишньої світу [9]. Доведено, що за різних умов (професійна або спортивна спеціалізація, дефект сенсорної системи) формується певний функціональний стан ЦНС, який впливає на характер виконуваної діяльності чи сприйняття дійсності в цілому [4, 8, 10]. Дослідження короткозорості набутію форми як дефекту зорової системи не втрачає своєї актуальності з початку ХХ століття. Разом зі своєю стрімко зростаючою поширеністю [21], особливо серед осіб молодого віку [20], короткозорість впливає на всі сфери життя людини, оскільки стан зорового аналізатора забезпечує переробку до 90% інформації, що надходить в ЦНС із середовища.

**Короткий огляд публікацій по темі.** На сьогодні з'ясовано багато аспектів в області індивідуально-типологічних відмінностей між людьми, їх ролі у становленні особистісних рис і професійних якостей людини. Дані питання широко розкриті, наприклад, в працях В. Д. Небиліцина, М. В. Макаренка, В. С. Лизогуба, С. К. Голяки, О. Д. Боярчук, Г. В. Коробейнікова, М. П. Бойчук. В останні роки, зважаючи на тенденцію до погіршення здоров'я населення України [19], актуальними стають дослідження стану ВНД людини при наявності в неї хвороб чи патологічних станів, що можуть впливати на різні сфери буття. На думку деяких вчених офтальмопатологія, короткозорість (або міопія) в тому числі, є однією із провідних чинників зниження працездатності людини, що здатна суттєво знизити якість її життя в сучасному інформаційно-напруженому суспільстві [1]. Створення зорових образів, їх переробка та реакція-відповідь на зоровий сигнал є складним поєднанням нейродинамічних і психофізіологічних процесів [3]. В деяких експериментальних роботах показано, що у порівнянні із здоровими, короткозорі люди мають відмінності не тільки у діяльності вісцеральних систем організму [5, 6, 7], а й характеризуються особливостями ВНД. Встановлено, що на тлі

короткозорості відбуваються зміни у функціонуванні зорово-сенсорної системи [2, 17], часі сенсо-моторного реагування [16], змінюються об'єми короткочасної пам'яті та властивості уваги [11, 15]. Однак, ці дані присвячені або розрізненим віковим періодам, або певним значенням короткозорості, тому не дають змогу систематично охарактеризувати ВНД короткозорих осіб, що і зумовило мету нашої роботи.

**Мета статті** – проаналізувати стан центральної нервової системи на тлі набутію короткозорості у відповідності до ступеня її розвитку.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження виконано в рамках НДР кафедри біології людини та тварин Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка (№ держ. реєстрації 0116U008030) при дотриманні біоетичних норм міжнародного права та законодавства України. В дослідження після отримання Інформованої згоди було включено 120 осіб віком 18-35 років, 60 з яких, що мали нормальний зір, склали контрольну групу. У відповідності до поставленої мети короткозорі учасники були розділені на групи по 30 осіб в кожній: перша – люди із короткозорістю слабкого ступеня (до -3 дптр), друга – люди із короткозорістю високого ступеня (від -6 дптр). Діагноз «короткозорість», її форма та ступінь встановлювалися лікарем-офтальмологом.

В якості нейродинамічних показників діяльності ЦНС вивчались рівень функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП), час сенсомоторних реакцій різної складності: латентні періоди простої зорово-моторної реакції (ЛП ПЗМР), реакції вибору одного із трьох (ЛП РВ1-3) та двох із трьох (ЛП РВ2-3) сигналів, а також швидкість центральної обробки інформації (ШЦОІ), що розраховується як різниця часу між ЛП РВ2-3 та ПЗМР [13]. Тестування проведено згідно методики визначення індивідуальних нейродинамічних властивостей ВНД людини за допомогою комп'ютерної системи «Діагност-1», розробленою М. В. Макаренком і В. С. Лизогубом [12, 14].

Психофізіологічне дослідження проводилось у напрямку вивчення основних показників уваги та короткочасної пам'яті. Для кількісної та якісної оцінки уваги

нами була використана загальноприйнята методика «Коректурна проба» Б. Бурдона-Я. Анфімова [18]. Дослідження проводилось за серіями завдань: Завдання 1 – викреслювання літер (звичайний режим тестування); Завдання 2 – зміна літер для викреслювання та шумовий супровід роботи (рівень уваги на фоні внутрішнього та зовнішнього гальмування). Дослідження короткочасної пам'яті проводилось за результатами двох повторень стандартних тестів («10 слів», «10 цифр») з урахуванням її видів (зорової, слухової, смислової) та типу стимулюючого матеріалу (слова/цифри), відтворених за 30 секунд [18]. Тестування проводилося в періоди оптимального рівня фізіологічних функцій – вівторок, середа, четвер, з 09.00 до 12.00 години.

**Таблиця 1.** Нейродинамічні показники практично здорових людей та осіб із набутою короткозорістю

Показник	Практично здорові люди (n=60), M±m	Набута короткозорість	
		Слабкий ступінь (n=30), M±m	Високий ступінь (n=30), M±m
ЛП ПЗРМ, мс	246,96±5,69	264,76±6,67*	278,89±5,31*
ЛП РВ1-3, мс	393,31±6,18	368,57±6,70*	410,56±6,39
ЛП РВ2-3, мс	414,01±6,63	361,90±5,73*	430,56±5,42
ФРНП, с	73,4±0,6	70,8±0,8*	75,6±1,1*
ШЦОІ, мс	167,05±6,42	97,1±6,13*	151,6±5,31

\* – вірогідні відмінності у порівнянні із групою здорових осіб із нормальним зором (p<0,05).

Цифрові дані були оброблені методами варіаційної статистики з використанням спеціальних програм (Microsoft Excel, Statistica 6.0). Результати представлені у вигляді M±m (середнє арифметичне ± помилка середнього арифметичного). Вірогідними відмінностями між вибірками вважалися при p<0,05 t-критерія Стьюдента.

**Результати та їх обговорення.** Згідно результатів вивчення нейродинамічних функцій (табл. 1) нами виявлено відмінності за часом ЛП ПЗРМ між всіма досліджуваними групами. При цьому відмічене збільшення даного показника зі зростанням ступеня короткозорості: при слабкому ступені на 17,8 мс, при високому – на 31,9 мс, у порівнянні із даними контрольної групи (p<0,05).

При дослідженні часу складних сенсомоторних реакцій (СМР) також було виявлено відмінності між досліджуваними групами. В групі осіб зі слабкою короткозорістю латентні періоди РВ1-3 та РВ2-3 були коротшими (p<0,05), ніж в групі-контролю, на 24,7 мс та 52,1 мс відповідно. При високій короткозорості результати показали відсутність вірогідних відмінностей від контрольних даних (p>0,05), проте зазначені показники мали тенденцію до збільшення: час ЛП РВ1-3 виявився більшим на 17,3 мс, час ЛП РВ2-3 – більшим на 16,6 мс. Стосовно рівня ФРНП встановлено, що при слабкому ступені короткозорості середньогруповий час проходження даного тесту був меншим на 2,6 с (p<0,05), при високому ступені, навпаки, більшим – на 2,2 с (p<0,05), ніж в контрольній групі. Середньогрупові значення ШЦОІ при слабкому ступені короткозорості були менші на 69,9 мс (p<0,05), при високому ступені – менші на 15,4 мс (p>0,05), ніж у середньому по контрольній вибірці осіб.

Вважається, що чим вищий рівень ФРНП (менший час тесту) та нижча ШЦОІ, тим людина швидше виконує ускладнені завдання, які вимагають посиленої аналітико-синтетичної діяльності кори головного мозку [13]. Тому ми можемо говорити про подовження часу ПЗРМ, полегшення проведення нервових імпульсів при слабкій короткозорості та його затримку - при короткозорості високих значень.

**Таблиця 2.** Показники уваги практично здорових людей та осіб із набутою короткозорістю

Показник	Практично здорові люди (n=60), M±m	Набута короткозорість	
		Слабкий ступінь (n=30), M±m	Високий ступінь (n=30), M±m
Завдання 1 (звичайні умови тестування)			
Кількість вірно закреслених знаків, <b>M</b>	102,9±0,92	123,2±1,07*	111,4±0,86*
Кількість допущених помилок, <b>n</b>	3,5±0,41	1,1±0,3*	2,6±0,23
Обсяг зорової інформації, <b>Q</b>	239,5±1,42	285,4±1,74*	258,3±1,75*
Ефективність роботи, <b>E</b>	99,12±0,06	99,76±0,07*	99,39±0,08*
Швидкість переробки інформації, <b>V</b>	1,91±0,13	2,35±0,15*	2,09±0,16
Швидкість вибору, <b>T</b>	3,36±0,18	4,01±0,21*	3,63±0,21
Загальна розумова продуктивність, <b>P</b>	389,9±1,45	476,5±1,29*	425,1±1,13*
Рівень концентрації уваги, <b>KY</b> (%)	93,29±0,35	98,19±0,38*	95,4±0,38*
Завдання 2 (змінені умови тестування)			
Кількість вірно закреслених знаків, <b>M</b>	79,5±0,97	89,5±0,98*	91,8±0,91*
Кількість допущених помилок, <b>n</b>	5,6±0,49	2,0±0,17*	3,8±0,30*
Обсяг зорової інформації, <b>Q</b>	192,8±1,13	204,9±1,33*	210,2±1,19*
Ефективність роботи, <b>E</b>	98,28±0,06	99,43±0,06*	98,95±0,07*
Швидкість переробки інформації, <b>V</b>	1,48±0,12	1,66±0,12	1,66±0,09
Швидкість вибору, <b>T</b>	2,71±0,13	2,88±0,16	2,95±0,14
Загальна розумова продуктивність, <b>P</b>	303,5±1,44	337,7±1,48*	339,9±1,42*
Рівень концентрації уваги, <b>KY</b> (%)	86,83±0,41	95,68±0,37*	92,16±0,68*

\* – вірогідні відмінності у порівнянні із групою здорових осіб із нормальним зором (p<0,05).

Результати дослідження показників уваги за звичайних умов проведення тесту (табл. 2) показали, що **Q** в групах осіб із набутою короткозорістю був достовірно (p<0,05) більшим, ніж в групі осіб із нормальним зором:

при слабкому ступені – на 45,9 знаків, а при високому ступені – на 18,8 знаків. Натомість, **n** була значно меншою у вибірці осіб із короткозорістю, ніж в групі контролю. Статистичні відмінності між контрольною

та дослідною групами за швидкісними характеристиками уваги були встановлені лише для осіб із слабким ступенем короткозорості. Так, **V** та **T** виявилися вірогідно ( $p < 0,05$ ) кращими при слабкій короткозорості. В групі осіб із високою короткозорістю вказані показники незначно перевищували рівень групи-контролю ( $p > 0,05$ ). Значення середньо групового показника **E** короткозорих осіб не мали статистичних відмінностей від даних контрольної групи, але відзначалися незначною тенденцією до покращення результатів в групі осіб із слабким ступенем короткозорості. Показники **P** та **KU** при слабкому та високому ступенях короткозорості були більшими ( $p < 0,05$ ), у порівнянні із даними практично здорових людей.

За результатами виконання «Коректурної проби» за змінених умов зафіксовано зміни показників процесу уваги у порівнянні із людьми з нормальним зором. Наведені у таблиці 2 дані свідчать, що за утруднених умов тестування (зміна завдання, шумовий подразник) відбулося зниження кількості переглянутих знаків та збільшення помилок в усіх групах учасників (від рівня першого завдання). Проте, середньогруповий показник **Q** у короткозорих осіб залишився на вищому рівні, ніж в контрольній групі ( $p < 0,05$ ). Учасники зі слабкою короткозорістю припустилися помилок у 2,8 рази менше, із високими значеннями короткозорості – у 1,47 рази менше, ніж практично здорові люди ( $p < 0,05$ ). Зазнали змін і **V** та **T**: дані показники, знижуючись від свого початкового рівня, в кінці завдання все ж переважали значення контрольної групи ( $p > 0,05$ ). За показником **E**, як і в попередньому завданні, для короткозорих осіб статистичних відмінностей не встановлено. Рівні **P** та **KU** на фоні дії гальмівних чинників серед короткозорих осіб виявилися, в кінцевому рахунку, кращими у порівнянні із результатами контрольної групи ( $p < 0,05$ ).

Отже, загалом в групах осіб із короткозорістю вияв-

лені покращені кількісні та якісні результати при фонових (звичайних) умовах, що мало найбільший прояв при слабкій короткозорості. Міжгрупове порівняння даних короткозорих осіб вказує на зниження всіх показників і характеристик уваги при зростанні ступеня короткозорості. Проте узагальнені параметри уваги залишаються на рівні дещо кращому від контрольної групи навіть в умовах короткозорості високих значень.

Результати виконання завдання при дії комплексу гальмівних чинників (Завдання 2) показали, що характерним для всіх досліджуваних груп, в тому числі і контрольної, було зниження кількісних і якісних показників роботи від рівня першого завдання. Слід відзначити, що за цих умов у осіб із різним ступенем короткозорості проявилися специфічні відмінності. В групі осіб зі слабкою короткозорістю **Q** знизився від свого початкового рівня (показник у Завданні 1) на 28%, при високій короткозорості – лише на 18,6%. Це пов'язано із зниженням **V** та **T** (відповідно на 29,4% та 28% при слабкому ступені; відповідно на 20,5% та 18,7% при високому ступені короткозорості). Іншими словами, зменшення швидкісних характеристик дозволило людям зі слабкою короткозорістю зберігати вищий рівень **KU**, проте не якість виконуваної діяльності, якщо розглядати динаміку змін (**n** зросла від початкового рівня у 1,8 рази). В групі з високою короткозорістю, зважаючи на вихідний нижчий рівень показників, менш суттєве зниження **V** та **T** обумовило більш високі **Q**, менше зростання **n** від початкового рівня (у 1,46 разів) та підвищення **P** до рівня осіб із слабкою короткозорістю (в Завданні 1 в даній групі значення **P** було меншим на 10,7% від рівня осіб із слабкою короткозорістю). Вищезазначене вказує на формування особливого функціонального стану ВНД при короткозорості, що в своїй суті може мати різні адаптаційні перебудови процесів збудження та гальмування в ЦНС при різних ступенях набутої короткозорості.

Таблиця 3. Показники короткочасної пам'яті практично здорових людей та осіб із набутою короткозорістю

Показник	Практично здорові люди (n=60), M±m	Набута короткозорість	
		Слабкий ступінь (n=30), M±m	Високий ступінь (n=30), M±m
Зорова пам'ять на числа	11,45±0,17	12,46±0,37*	13,71±0,36*
Зорова пам'ять на слова	16,68±0,15	16,69±0,42	15,33±0,41*
Слухова пам'ять на числа	13,65±0,16	11,94±0,34*	14,20±0,39
Слухова пам'ять на слова	15,42±0,19	16,02±0,36	15,24±0,37
Смислова пам'ять	17,52±0,16	18,14±0,32	17,82±0,21
Зорова пам'ять	14,06±0,23	14,58±0,27	14,90±0,28*
Слухова пам'ять	14,51±0,22	14,23±0,26	14,70±0,27
Пам'ять на числа	12,47±0,21	12,46±0,27	13,60±0,28*
Пам'ять на слова	16,10±0,18	16,35±0,23	16,01±0,24

\* – вірогідні відмінності у порівнянні із групою здорових осіб із нормальним зором ( $p < 0,05$ ).

Дослідження короткочасної пам'яті (табл. 3) показало, що у порівнянні із контрольною групою обсяг зорової пам'яті на числа у осіб із короткозорістю є більшим ( $p < 0,05$ ). Обсяг зорової пам'яті на слова при слабкому ступені короткозорості були майже однаковими із даними практично здорових осіб та статистично не відрізнялись, проте при високій короткозорості було виявлено зменшення даного показника відносно контрольних значень ( $p < 0,05$ ). Також було встановлено зменшення обсягів слухової пам'яті на числа ( $p < 0,05$ )

в групі осіб із слабкою короткозорістю, тоді як при високих значеннях короткозорості виявлена тенденція до збільшення показника ( $p > 0,05$ ). При слуховому запам'ятовуванні слів вірогідні відмінності між досліджуваними групами відсутні, лише обсяг пам'яті на слова при слабкому ступені короткозорості був дещо більшим, ніж в контрольній групі. За рівнем смислової (словесно-логічної) пам'яті люди з короткозорістю проявили незначно ( $p > 0,05$ ) кращі результати запам'ятовування пар слів.

Проаналізувавши обсяги короткочасної пам'яті, отриманих від різних аналізаторних систем без урахування специфіки тестового матеріалу, тобто за її типами, ми можемо відзначити тенденцію до покращення зорової пам'яті на умов набутої короткозорості: її рівень був вищий як при слабкому ступені ( $p>0,05$ ), так і при високому ступені короткозорості ( $p<0,05$ ), у порівнянні із контрольною групою. В той же час, рівень слухової пам'яті при слабкому ступені короткозорості є незначно нижчим ( $p>0,05$ ), а при високому ступені, навпаки, дещо вищим ( $p>0,05$ ).

Середньогрупове значення показника пам'яті на числа, які є сигналами-образами першої сигнальної системи, в групі осіб із слабким ступенем короткозорості був майже однаковим із контрольним, тоді як серед осіб із високим ступенем – був більшим ( $p<0,05$ ). За рівнем пам'яті на слова (друга сигнальна система) не встановлено вірогідних відмінностей між групами, проте виявлена тенденція до збільшення значень при слабкій короткозорості та їх зниження при високій короткозорості.

Отже, отримані результати дозволяють зробити висновки, що між досліджуваними групами існують особливості в характері запам'ятовування та відтворення тестового матеріалу, що відноситься до різних сигнальних систем, та сприйнятого при посередництві зорового чи слухового аналізатора. При співставленні результатів слід відзначити, що в групі осіб із набутою короткозорістю слабого ступеня зафіксовані максимально підвищені рівні слухової пам'яті на слова, смислової пам'яті та загального рівня словесної пам'яті. Одночасно у вказаного контингенту встановлено найгірші показники слухової пам'яті на числа ( $p<0,05$ ) та загального рівня слухової пам'яті. Для осіб із високою короткозорістю характерними були найбільші серед інших учасників обсяги зорової ( $p<0,05$ ) та слухової

пам'яті на числа, загальних рівнів зорової ( $p<0,05$ ), слухової пам'яті, пам'яті на числа ( $p<0,05$ ), та найменші обсяги зорової ( $p<0,05$ ) і слухової пам'яті слова, загального рівня пам'яті на слова.

**Висновки.** Результати вивчення сенсомоторного реагування показали, що у порівнянні із людьми з нормальним зором на фоні подовженого часу ПЗМР при слабкому ступені набутої короткозорості відбувається полегшення проведення нервових імпульсів при складенні проведення нервових імпульсів при складенні ШЦОІ та загальмування такої діяльності за умов короткозорості високих значень. І хоча показник ШЦОІ при високому ступені короткозорості менший, ніж в контрольній групі, проте вихідний нижчий рівень ФРНП свідчить про утруднення здійснення складної аналітико-синтетичної діяльності в даній групі короткозорих осіб.

Характерною особливістю когнітивної сфери у осіб із слабкою короткозорістю є переважаюча другої сигнальної системи (покращені показники зорової і слухової пам'яті на слова), в той час як при високій короткозорості ефективнішою є переробка сигналів-образів першої сигнальної системи (покращені показники зорової і слухової пам'яті на числа). При слабкій короткозорості найнижчий рівень встановлено для слухової пам'яті на числа, при високій – слухової пам'яті на слова. Найвищі показники уваги встановлені серед осіб із слабкою короткозорістю. За утруднених умов виконання діяльності виявлені специфічні зміни у властивостях уваги між групами осіб із короткозорістю різного ступеня.

Загалом, отримані дані свідчать про формування у осіб із набутою короткозорістю специфічного функціонального стану ЦНС, що проявляється у характерних особливостях їх ВНД.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Апрелев А. Е., Пашинина Р. В., Караулова Е. С. Оценка распространённости миопии и качества жизни больных с миопией // Мед. вестн. Башкортостана, 2015. Т.10., №2(56). С. 169-171.
2. Вавришук Т.А. Функціональні особливості здорового сприйняття еметропічним і міопічним оком дітей шкільного віку: Автореф. дис... канд. мед. наук. Львів: НМУ ім. Д.Галицького, 2003. 20 с.
3. Дегтяренко Т. В., Ушан О. В. Взаємозв'язок когнітивних функцій і психомоторики з об'єктивними критеріями зорової аферентації. Спецвипуск. Проект: «Когнітивні процеси та творчість». Наука і освіта. Одеса: ПНПУ імені К. Д. Ушинського. 2010. С. 54-59.
4. Загайкан Ю. В., Спринь О. Б. Вплив сенсорної депривації на сенсомоторне реагування у дітей // Вісник Черкаського університету. Серія: Біолог. науки, 2018. 1. С. 25-31.
5. Иванова Н. В., Кондратюк Г. И. Приобретенная миопия: интеграция факторов риска развития и прогрессирования // Таврический мед.-биол. вестн., 2013. 16(3). С. 171-176.
6. Грейда Н.Б., Сергеев В.М., Усова О.В. Оцінка показників фізичного розвитку дітей дошкільного віку при короткозорості // Молодий вчений, 2014. 7(2). С. 188-190.
7. Колесник Ю. І., Шейко В. І. Зміни показників гуморального імунітету в умовах короткозорості набутої форми різного ступеню // Вісник проблем біології і медицини, 2018. Т.2., №4(147). С. 383-386. DOI 10.29254/2077-4214-2018-4-2-147-383-386.
8. Коробейніков Г., Приступа Є., Коробейнікова Л., Бріскін Ю. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті: монографія. Львів: ЛДУФК, 2013. 312 с.
9. Крушельницька Я. В. Фізіологія і психологія праці. Київ: КНЕУ, 2003. 367 с.
10. Лизогуб В. С. Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність // Фізіол. журн., 2010. 56(1). С. 148-151.
11. Новикова Е. И., Надежжина Е. Ю., Мужиченко М. В. Влияние миопии на когнитивные функции учащихся пубертатного возраста // Вестник ВолгГМУ, 2016. 3(59). С. 41-43.
12. Макаренко М. В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіол. журн., 1999. Т.45, №4. С. 123-131.
13. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Швидкість центральної обробки інформації у людей з різними властивостями основних нервових процесів // Фізіол. журн., 2007. Т.53., №4. С. 87-91.
14. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Комп'ютерна система «Діагност-1» для визначення нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності / Матер. симпоз. «Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі». Черкаси, 2003. С. 60.
15. Мужиченко М. В. Некоторые показатели высшей нервной деятельности у школьников с нарушением зрения // Грани познания, 2015. 6. С. 64-66.
16. Пантелеев П. Г., Шейко В. И. ВНД и системный иммунитет в условиях миопии // Матер. X междунар. научн.

- практ. конфер. «Найновите постиження на европейската наука - 2014». София: Бял ГРАД-БГ, 2014. С. 96-100.
17. Пикуший Д. В. Функциональное состояние зрительной сенсорной системы у школьников пубертатного возраста с аномалией рефракции // Студ. электр. журн. СТРИЖ, 2015. 2. С. 14-17.
  18. Психодіагностика / за заг. ред. М. С. Корольчука. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2010. 400 с.
  19. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2015 рік. / за ред. Квіташвілі О.М. Київ: МБЦ «Медінформ», 2016. 508 с.
  20. Bar-Dayan Y, Levin A, Morad Y, et al. The changing prevalence of myopia in young adults: a 13-year series of population-based prevalence surveys // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 2005. 46(8). P. 2760-2765. DOI: 10.1167/iavs.04-0260.
  21. Morgan IG, Amanda FN, Regan AS, et al. The epidemics of myopia: aetiology and prevention // Progress in Retinal and Eye Research, 2018. 62. P. 134-149 DOI: 10.1016/j.preteyeres.2017.09.004.

## REFERENCES

1. Aprelev A. E., Pashinina R. V., Karaulova E. S. Evaluation of myopia prevalence and quality of life of patients with myopia // Med. Bull. of Bashkortostan, 2015. Vol.10. Is.2(56), P. 169-171.
2. Vavrishchuk T. A. Functional features of healthy perception of the emetropic and myopic eye of school-age children: Cand. Med. Sci. Diss. Abs. Lviv: NMU them. D.Galitsky, 2003. 20 p.
3. Dehtyarenko N. V., Ushan O. V. Relationship between cognitive function and psychomotor with objective criteria of visual afferents. Sp. Is. Project: "Cognitive Processes and Creativity". Odessa: 2010. P. 54-59.
4. Zagaykan J. V., Spryn A. B. The effect of sensory deprivation on sensory reaction in children. // Bull. of Cherkasy University. Series: Biol. Sci., 2018. 1. P. 25-31. DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-25-31.
5. Ivanova N. V., Kondratiuk G. I. Acquired myopia: integration of risk factors of development and progression. // Taurian Med.-Biol. Bull., 2013. 16(3). P. 171-176.
6. Greida N. B., Sergeev V. M., Usova O. V. Estimation of indexes of physical development children of preschool age atshorightedness // Young scientist, 2014. №.7(2). P. 188-190.
7. Kolesnyk Y. I., Sheiko V. I. Changes of indexes of humoral immunity in the conditions of acquired myopia of different degree // Bull. of Probl. Biol. and Med., 2018. Vol.2, Is.4(147). P. 383-386.
8. Korobeinikov, G., Pustupina E., Korobeinikova L., Briskin Y. Evaluation of psychophysiological states in sport: a monograph. Lviv: LSUFK, 2013. 312 p.
9. Krushelnytska Y. V. Physiology and psychology of work. Kyiv: KNEU, 2003. 367 p.
10. Lizogub V. S. Individual psychophysiological features of a person and professional activity // Fiziol. Zhurn., 2010. 56(1), P. 148-151.
11. Novikova E. I., Nadezhkina E. Y., Muzhichenko M. V. Effects of myopia on cognitive functions of students during puberty. // BullVolgSMU, 2016. 3(59). P.41-43.
12. Makarenko M. V. Methods of conducting examinations and evaluation of individual neurodynamic properties of higher nervous activity of a person // Fiziol. Zhurn., 1999. Vol.45, Is.4. P.123-131.
13. Makarenko M. V., Lizogub V. S. Speed of central information processing in people with different properties of basic nervous processes // Fiziol. Zhurn., 2007. Vol.53, Is.4. P.87-91.
14. Makarenko M. V., Lizogub V. S. Computer system "Diagnost-1" for determination of neurodynamic properties of higher nervous activity / Mater. sympos. "Features of formation and formation of psychophysiological functions in ontogeny". Cherkasy, 2003. P.60.
15. Muzychenko M. V. Some indicators of the higher nervous system of pupils with visual disorders // Grani poznaniya, 2015. 6. P.64-66.
16. Pantelev P. G., Sheiko V. I. HNA and systemic immunity in conditions of myopia // Mater. X int. sci. prakt. confer. "The latest achievements of European science - 2014." Sofia, 2014. P.96-100.
17. Pikushchiy D. V. Functional state of the visual sensory system in schoolchildren of puberty with anomaly of refraction // Stud. el. journ. "STRIZH", 2015. 2. P.14-17.
18. Psychodiagnosics / ed. M.S. Korolchuk. Kiev: Elga, Nika-Center, 2010. 400 p.
19. Annual report on the state of health of the population, the sanitary-epidemic situation and the results of the activity of the health care system of Ukraine. 2015. / ed. Kvitashvili O.M. Kyiv: Medinform, 2016. 508 p.

## Characteristics of indicators of neurodynamic function, attention and memory in conditions of acquired myopia of mild and high degree

Y. I. Kolesnyk

**Abstract.** The results of the study of neurodynamic (FRNP, sensorimotor reactions of different complexity, speed of central information processing) and psychophysiological (attention and short-term memory) indicators of people with acquired myopia are presented. The specific changes in HNA as a result of functional rearrangement in the central nervous system under myopia were revealed. In general, people with mild myopia presented the best indicators of neurodynamics, attention, and memory (except numerical auditory memory). The decreased neurodynamic characteristics, lowered quality and concentration of attention, as well as reduced short-term memory (except numerical auditory and visual memory) were associated with high myopia.

**Keywords:** *acquired myopia, sensorimotor reactions, attention, short-term memory, higher nervous activity.*

## The climate-forming ability of *Magnoliaceae* Juss. family in urban landscapes phytocenosis

N. B. Svetlova\*, V. A. Badanina, T. A. Kazantsev, R. M. Palagecha, N. Yu. Taran

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine"

\*Corresponding author. E-mail: svyetlova@ukr.net

Paper received 29.01.20; Revised 11.02.20; Accepted for publication 15.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-05>

**Abstract.** The climate-forming ability of phytocenoses was evaluated on the basis of phenotyping of the representatives of *Magnoliaceae* Juss. in urban landscapes. The influence of deciduous representatives of the *Magnoliaceae* Juss. family in the environment shaping by the normalized difference vegetation index, foliage projective cover and photosynthetic potential is analyzed. The evaluation of plants allowed us to determine the stress-resistant species for restoration of urban landscapes of the capital of Ukraine and other metropolitan areas. The most promising species of trees to reduce the urban thermal effect are *M. acuminata* and *M. denudata*.

**Keywords:** plant phenotyping, urban ecosystems, climate change, *Magnoliaceae* Juss., urban heat island.

Various climate forecasts show that the main trends of climate change in the future are related to rising temperatures and decreasing rainfall, that is, to increasing aridity region. Environmental changes are becoming stable and, for the most part, negatively oriented, such as global climate change, fantastically rapid (from an evolutionary point of view) transformation of plant conditions, active degradation of phyto- and agrocenoses due to man-made pressure.

Urbanization of regions, accompanied by urban development, also contributes to a significant increase in the pressure on natural ecosystems and the deterioration of the environmental situation. Predicted climate change can have a significant impact on agriculture, the growth and development of human society. The consequences for some regions can be very serious, but urban ecosystems are the most vulnerable today.

The urban environment differs significantly from the natural conditions in which the ecological and physiological features of the plants were formed and inherited. The main potential negative effects of climate change that can occur in Ukrainian cities include: heat stress, floods, area decline and depletion of the species composition of urban green spaces. In these circumstances, there is a problem of intensification of adaptive strategies of urban ecosystems. Its practical solution requires the development of methods for assessing adaptive strategies of urbocenoses and predicting their ecological equilibrium and resistance to unfavorable environmental factors, taking into account the adaptation and integral physiological parameters of plant functional status.

The objective determination of adaptive potential can be based on plant phenotyping. Plant phenotyping is a methodology based on plant phenomics, which allows combining various physiological, morphometric and biochemical processes to characterize the responses of genetic resources to the environment, and improve breeding and plant management. The methodology of the new field of plant phenomenology is a multivariate study of a complex of plant traits related to the processes of plant growth and development, structural rearrangements, physiological reactions of tolerance, resistance, environmental plasticity and productivity. The peculiarity of phenotyping is that the use of methods of nondestructive analysis, data management and modeling has emerged as a cutting-edge technology for the study of plant growth and

development in response to the influence of various environmental factors and to characterize specific plant species in certain conditions for the selection of species with high adaptation potential [1].

Therefore, the implementation of such technologies is crucial for sustainable urbocenosis in urban environment, while determining the margins of adaptive variability and stability of species, to form a system of phenotyping of climate-forming ability of plants.

Urban Heat Island (UHI) is one of the latest and growing threats to urban areas. UHI is a phenomenon of growing the urban temperatures comparison to surrounding countryside. UHI affects many millions of people around the world and have huge implications for the health and well-being of people living in urban areas. Increased anthropogenic heat production are the main causes of UHI [2].

According to the "Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth" (Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine), from 2003 to 2011 the surface temperature in some areas of Kiev increased by 7-10 °C [3]. Monitoring of the thermal field of the city of Kyiv in 1984-2014 showed a significant influence of the level of landscaping and density of urban buildings on the formation and characteristics of thermal fields in urban areas. The minimum surface temperature inherent in park / forest areas is due to natural evaporation and no artificial cover, while abnormally high temperatures are observed over large interchanges and main avenues [4].

Monitoring of the O. Fomin Botanical Garden (Taras Shevchenko National University of Kyiv) was conducted using an unmanned aerial vehicle (UAV) survey data and satellite imagery. High spatial resolution visual maps - the normalized difference vegetation index (NDVI) map, the digital altitude model, the object height map and the Botanical Garden thermal map were created. The data obtained, in particular area, height, volume and photosynthetic potential, were used to evaluate individual tree species in reducing the effect of the UHI [5].

One of the ways to improve the greening of Kyiv city is to expand the diversity of ornamental plants in green areas, optimize the species composition of tree plantations by introducing new ornamental, climate-forming and tolerant to anthropogenic (including heat stress) species and forms of plants.

Promising in the context of climate-forming ability are representatives of the *Magnoliaceae* Juss. family. This family is one of the basal groups of flowering plants with an evolutionary history of over 100 million years. Adaptation mechanisms that have allowed *Magnoliaceae* to adapt to different climatic changes over the course of evolution have attracted the attention of scientists and suggest that certain species of this family may have a high thermoregulatory ability to shape the microclimate of the urban landscape.

The *Magnoliaceae* family unites two genera: *Magnolia* L. (about 230 species) and *Liriodendron* (2 species: *L. chinense* (Hemsl.) Sarg., *L. tulipifera* L.). Species of the genus *Magnolia* are evergreen and deciduous trees and shrubs common in North America and East Asia. The genus *Liriodendron* is represented only by deciduous trees, the natural range of *L. chinense* in Asia (south and east of China and north of Vietnam), and *L. tulipifera* in North America (east of the United States).

To determine thermoregulatory capacity, we investigated species introduced at temperate latitudes growing in the territory of O. Fomin Botanical Garden: four species of the genus *Magnolia* (*M. acuminata*, *M. kobus*, *M. denudata*, *M. soulangiana*) and one species of the genus *Liriodendron* (*L. chinense*).

The physiological state of woody plants and the prediction of their viability in urban ecosystems are assessed by the functional activity of the assimilation apparatus. The intensity of absorption and emission of CO<sub>2</sub> by a leaf (photosynthesis and respiration) allows estimating the physiological activity of plants during heat treatment. Photosynthetic potential is an integral indicator that reflects the efficiency of CO<sub>2</sub> assimilation by a whole tree. Photosynthetic potential was calculated by foliage projec-

tive cover (FPC) and normalized difference vegetation index (NDVI), which characterizes the potential photosynthetic efficiency of plants per unit area [5].

According to the data obtained, the highest photosynthesis efficiency is characterized by *M. acuminata*, the lowest – *M. soulangiana* (33.50 and 1.25 relative units, respectively) (Table 1). *M. acuminata* also has the largest FPC of 91.21 m<sup>2</sup> and *M. denudata* has the highest NDVI of 0.454.

**Table 1** – Photosynthetic potential of the *Magnoliaceae* Juss. family

№	Species	Photosynthesis efficiency, Rel. units	Foliage projective cover, FPC, m <sup>2</sup>	Normalized Difference Vegetation Index, NDVI±SE
1	<i>Liriodendron chinense</i>	12.26	34.14	0.431±0.00011
2	<i>Magnolia acuminata</i>	33.50	91.21	0.441±0.00006
3	<i>Magnolia kobus</i>	23.34	64.43	0.435±0.00012
4	<i>Magnolia denudata</i>	6.19	16.38	0.454±0.00014
5	<i>Magnolia soulangiana</i>	1.25	3.678	0.407±0.00051

Thus, analyzing the photosynthesis efficiency, NDVI, structure and crown shape of representatives of the *Magnoliaceae* Juss. family, we can conclude that the most promising species of *Magnoliaceae* from the collection of the Botanical Garden to reduce the temperature of the UHI phenomenon are *M. acuminata* and *M. denudata*. These species actively absorb CO<sub>2</sub> during the summer heat, creating powerful shading.

#### REFERENCES

- Costa, J.M., Marques da Silva, J., Pinheiro, C., Barón, M., Mylona, P., Centritto, M., ... & Oliveira, M. M. Opportunities and limitations of crop phenotyping in southern European countries // *Frontiers in plant science*, 2019. 10, P. 1125.
- Mohajerani, A., Bakaric, J., Jeffrey-Bailey, T. The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete // *Journal of environmental management*, 2017. 197, P. 522-538.
- Stankevich, S.A., Filippovich, V.E. Infrared satellite imaging for the study of urban heat islands in Ukraine // *Proceedings of 8th International Green Energy Conference (IGEC-8)*, Kiev: NAU, 2013. P. 219-223.
- Filipovich, V., Mychak, A., Krylova, A. Use of satellite data in monitoring ecological condition of urban landscape. // 14th GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. Conference Proceedings, 2014. Vol. 3, P. 1061-1068.
- Kazantsev, T.A., Futorna, O.A., Sviatlova, N.B., Badanina, V.A., Taran, N.Y. Prospects of Using Unmanned Aerial Vehicle for Assessing Climate-Making Properties of Park Tree Species Using Kiev AV Fomin Botanical Garden as an Example // *Journal of Automation and Information Sciences*, 2018. 50(4).

## Amplitude of malondialdehyde level in tissues of rats during *Escherichia coli* infection in the hypobiosis state

I. Tekdemir, V. Tsvilikhovskiy

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv  
Corresponding author. Email: ilonatekdemir@gmail.com

Paper received 03.02.20; Revised 15.02.20; Accepted for publication 19.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-06>

**Abstract.** The article addresses the level of malondialdehyde in the blood plasma and liver tissues of rats during *E. coli* infection at the initial stage of the disease, the stage of progressive symptomatology and at the stage of the total exhaustion. It was determined that the level of MDA in the tissues of animals was increased gradually with the subsequent stage of the disease. It was established that the introduction of rats with *E. coli* infection at any stage into a state of artificial hypobiosis had a pronounced positive effect, since the MDA level decreased significantly, which was characterized by a tendency to return to the level of control values after withdrawing the animals from the state of artificial hypobiosis.

**Keywords:** hypobiosis, MDA, liver tissue, blood, stages of *E. coli* disease.

**Introduction.** The studies into the molecular bases of hypobiosis – a state of artificial sleep, the application of which is both promising and relevant in all areas of medical practice (anesthesiology, resuscitation, surgery), engage the whole work groups of scientists. It has been found out that in the state of hypobiosis no radiological symptoms occur, and radiation resistance of the animal organism is increased during the artificial infection with microorganisms [1, 2]. Thus, the use of artificial hypobiosis in the state of infectious diseases may be considered to be a promising alternative to antibiotics. As the early results show that the body is not susceptible to infection in the state of hypobiosis, it is only logical to question whether hypobiosis may be used instead of complex antibiotic therapy and sanitary-epidemiological measures in the treatment of infectious diseases. In particular, those with rapid development are often diagnosed and pose danger to different age groups in comparison to other infectious diseases. Given at least a slight likelihood in the application of hypobiosis beneficial to human changes in the course of infection, such as escherichiosis, it is crucial to apply this knowledge for the infectious therapy of the future. With that in mind, studying the level of malondialdehyde, as a marker of oxidative processes in the body, will make it possible to predict under what circumstances the regime of hypobiosis will be the least traumatic and the most suitable for therapeutic purposes.

**Brief overview of publications on the topic.** The question of hypobiosis is far from new to medicine, the first observations of the state of artificial sleep date back to 1940s-1950s [3, 4], but attempts to put this state into practice have found their urgency in our time, since there has accumulated a lot of information on biochemistry hypobiosis and principles of an organism existence in the states of hypercapnia, hypoxia and hypothermia [2, 5, 6, 7]. Given the above, scientists have come to focus on the practice of hypobiosis as such, which will make it possible to replace or supplement anesthesia, and enhance the surgical practice [6].

We have also suggested that hypobiosis can be used as an agent to counteract the infection of bacterial origin – escherichiosis. Escherichiosis is a disease that is often diagnosed both in in-patients and out-patients of medical institutions, and its symptoms are well known: reduced appetite, diarrhea, fever leading to exhaustion of the body, lethargy, paleness of the skin, etc. The frequency and amplitude of the symptoms' expression depend on the condition of the patient's body,

age, and the strain of *Escherichia coli* Migula that caused the infection. The highest mortality is recorded among children and the elderly [8]. As a result of studies into the effect of hypobiosis on the time frames of survival of animals with escherichiosis, the application of the method was found to be highly successful in the early and late stages of the disease [9]. However, the question of biochemical changes in the body from the perspective of using hypobiosis as a therapeutic agent in the treatment of escherichiosis has not been investigated. Although it is known that a situation that goes beyond the environment typical for the body is stressful for the living organism, and is inevitably accompanied by an increase in tissues of the malondialdehyde level (MDA), the level and duration of which can relatively determine the degree of aggressive factor that triggered stress and the severity of this stress in the body, the ability of the body to withstand the phenomenon dangerous to it. MDA is a universal stress molecule in biology, and its excess formation is a symbol of oxidative damage, without any connection to the tissue specificity of the process. On the other hand, MDA molecules are always present at the so-called "background" level in the body, since MDA is an endogenous aldehyde, a product of metabolic transformations of polyunsaturated fatty acids [10]. The excessive MDA concentrations that are higher than physiological ones are able to activate the complement system, protein kinase C, to induce autoimmune and inflammatory processes, DNA mutations, etc. [11]. Therefore, studying the level of MDA in different states of the body provides the basis for determining the stress-forming properties of exogenous influences and determining the response to body stress.

Since the states of hypobiosis for homoothermic animals is triggered by factors such as hypoxia, hypercapnia and hypothermia, which in themselves have a stressful effect for the body, but at the same time lead to an essential decrease in its reactivity, a significant slowdown of metabolic transformations, so as a consequence their complex action should be accompanied by reduced stress, obviously even in the case of a diseased body.

**Purpose:** To study the level of malondialdehyde in liver tissues and blood plasma of rats with escherichiosis at different stages of disease development by introducing them into the state of artificial hypobiosis.

**Materials and methods.** The experiments were performed on white outbred rats (weight 60±5 g, n=120), the



keeping conditions were standard for vivarium. Experimental animals are in compliance with the requirements of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes, and the Law of Ukraine “On the Protection of Animals against Cruelty” No. 3447 of 21.02.2006.

The state of artificial hypobiosis was modeled by the Bakhmetev-Jaya-Anjus method (closed vessel model) [1, 3, 12], which provided for 3-hour cooling (3–5° C) of animals in a hermetic chamber with a volume of 3 dm<sup>3</sup>. The healthy animals and animals with escherichiosis at different stages of the disease were administered into the state of artificial hypobiosis. The simulation of the infectious-inflammatory process (escherichiosis) in experimental animals was performed using the enterotoxigenic strain of *Escherichia coli* O6: K - (ATCC 25922) [13]. Animals were infected orally (*per os*) with a dose of 3×10<sup>8</sup> CFU / 50 g of the rat. Stage of the disease was defined as: stage I of escherichiosis – the stage of symptoms onset (occurred on the fourth day after infection), stage II – stage of progressive symptomatology of the disease (developed on the fifth day after infection), stage III – stage of total exhaustion of the organism (the sixth day after introducing the infection) [9].

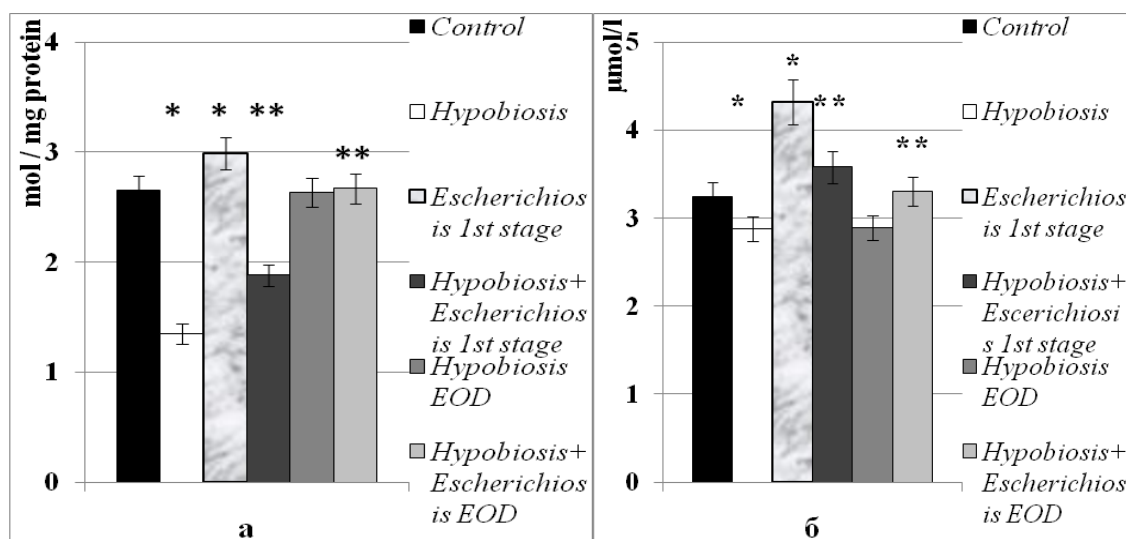
Animals were divided into groups: controls or intact animals (euthanasia was performed under normometry conditions, chloroform was used as anesthesia); healthy animals in the state of hypobiosis (decapitation was performed 3 hours after the introduction into the state of hypobiosis, without removing from it, premedication in this and all subsequent groups was also performed with chloroform); healthy animals one day after removing from hypobiosis (euthanasia

was performed 24 hours after the removal from hypobiosis); animals with escherichiosis at the stages I, II, III of the disease (euthanasia performed at the corresponding stages of the disease); animals with escherichiosis who were introduced at the stages I, II, III of the disease into a state of hypobiosis (euthanasia was performed 3 hours after the introduction into the state of hypobiosis, without removing it); animals with escherichiosis at the stage I, II, III whose state was evaluated 24 hours after the removal from hypobiosis (decapitated 24 hours after withdrawal from hypobiosis).

Liver tissue and blood plasma were selected for the research. The MDA level was determined by A. Kohn and V. Liversage method in the modification of Y. Vladimirov and A. Archakov, which is based on the ability of MDA (as one of the lipid peroxidation derivatives – LPO) in acidic medium at high temperature (100°C) to interact with thiobarbituric acid with the formation of the trimethin complex of a reddish-pink color, with the composition of MDA: TBA 1: 2, the maximum absorption of which takes place at 532 nm [14].

Statistical analysis was performed using Student’s t-test, at that the mean arithmetic and standard error (M±m) were calculated, the significance of differences was stated at P≤0.05.

**Results and Discussion.** As a result of the conducted research it is established that in the infected animals the processes of lipid peroxidation are activated, as evidenced by a meaningful increase in the level of MDA in the blood and tissues of the rat liver at the first stage of the disease – the stage of the onset of escherichiosis symptoms (Fig. 1).



**Fig. 1.** The level of MDA in liver tissues (a) and blood plasma (b) of rats that were introduced into the state of hypobiosis at the first stage of escherichiosis – the stage of onset of disease symptoms

Note hereinafter: \* - the difference is meaningful as compared to the MDA level of the control animals; \*\* - the difference is meaningful as compared to the MDA level of the diseased animals, P≥0.05.

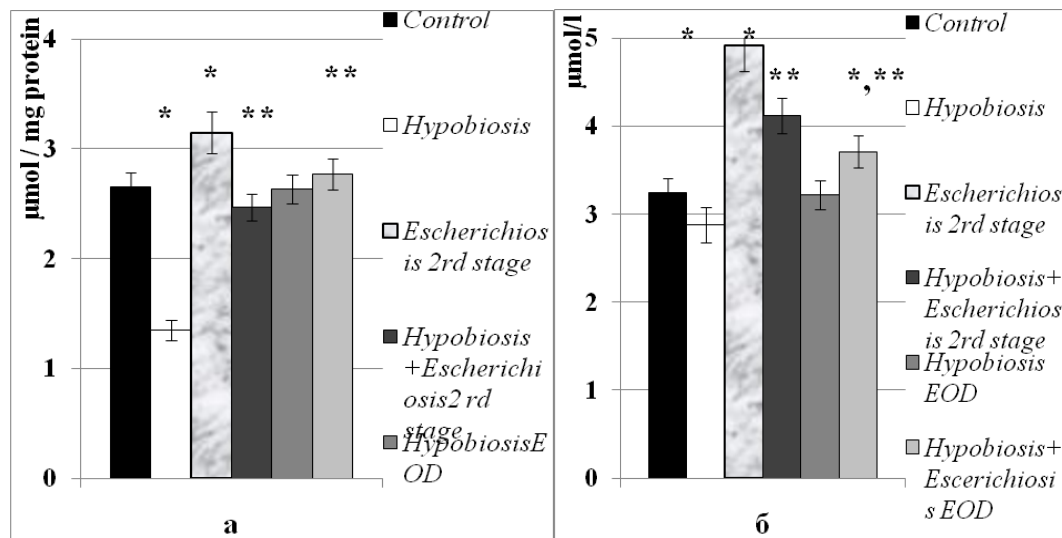
Notably, the more difficult stage of the disease development is accompanied by a more pronounced intensification of the processes of LPO, as evidenced by a gradual increase in the level of MDA in the blood (Fig. 2b), which at the stage of total exhaustion of the body from the disease exceeds twice the values of healthy animals (Fig. 3b).

It is known that *E. coli* strain ATCC 25922 is an enterotoxigenic strain whose main method of damage to the body is the production of enterotoxins and, as a consequence, hypersecretion of water and electrolytes by enterocytes,

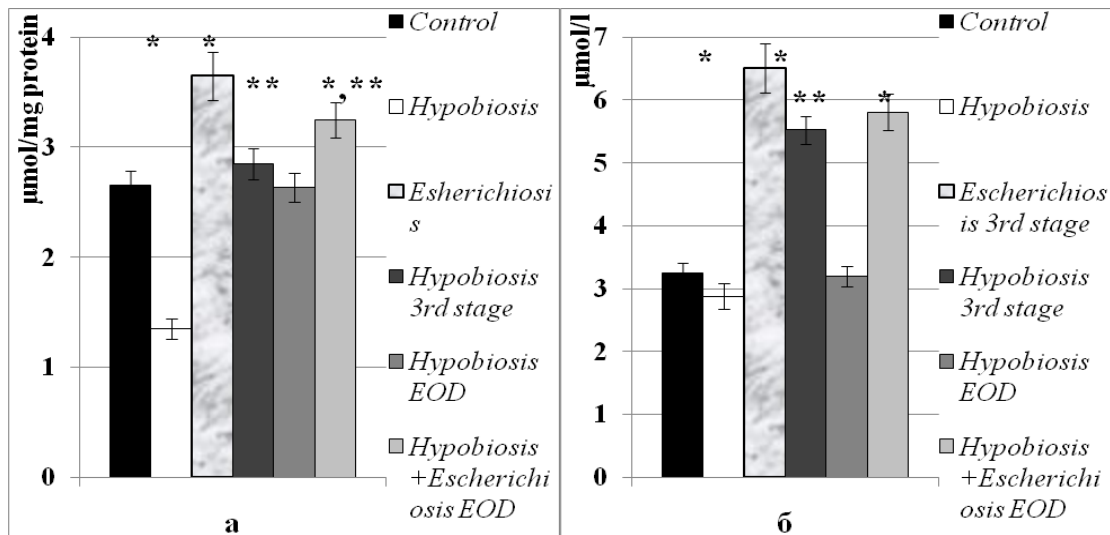
which leads to dehydration of the body, disturbance of water-salt balance [15]. Such changes are profoundly expressed in the last stages of the disease and induce a change in physiological and biochemical conditions in which the oxidative-reductive reactions of the body, accompanied by oxidative stress and, as a consequence, the activation of LPO. The end product of metabolic fatty acid metabolism is reactive malonic dialdehyde, which we have detected in the blood plasma and liver tissues of the diseased animals.

The changes in MDA concentration at the initial stage of the disease (stage I) are much more pronounced in the blood plasma than in the liver tissues of diseased animals (Fig. 1a,

b), therefore, it is in the blood that the symptoms of oxidative stress in the conditions of escherichiosis can be recorded first.



**Fig. 2.** The level of MDA in liver tissues (a) and blood plasma (b) of rats that were introduced into the state of hypobiosis at the second stage of escherichiosis – a stage of progressive symptomatology of the disease



**Fig. 3.** The level of MDA in liver tissues of (a) and blood plasma (b) of rats that were introduced into the state of hypobiosis at the third stage of escherichiosis – the stage of total exhaustion of the body from the disease

The data obtained indicate a significant increase in the level of catabolic processes during the development of the disease, which is known to adversely affect the resistance mechanisms to the disease and may eventually lead to the death of the animal due to excessive damage to the oxidative nature and low organism opposition towards the damage elimination. Obviously, as a result of keeping the diseased animals without giving them appropriate treatment, 30% of animals are killed. Therefore, it is important to have various therapeutic measures that would adjust the biochemical parameters of the body and help it eliminate the effects of oxidative stress. It is possible to register the course of the processes of such a schedule by examining in the tissues the level of MDA as a reliable criterion for the presence/absence of oxidative stress and the body's prospects for recovery. That is why the use of hypobiosis as a therapeutic state in infectious diseases seems to be a promising area of further research.

However, putting the healthy animals into a state of hypobiosis, while each of the state thereof (hypoxia, hypother-

mia, hypercapnia) is definitely a stress-provoking factor, is accompanied by the lack of activating the MDA formation in the blood and in liver tissues (Fig. 1, 2, 3). Furthermore, the MDA level in liver tissues decreases almost twice as compared to the control values (Fig. 1a, 2a, 3a). Thus, the animals remain viable and the stress level in their tissues is reduced significantly. Alternatively, a sharp decrease in stress, i.e. MDA levels, is in fact a prerequisite for the organism's survival and can be used as a criterion for predicting viability. These data are consistent with those of other researchers who did not show signs of oxidative stress in the state of artificial hypobiosis in animals, and suggest that there is a switch in the role of ROS from stress to a signaling one and/or deactivation of ROS due to the effect of carbon dioxide on them [7].

Therefore, the use of artificial hypobiosis in healthy animals is in fact the application of the "conservation" mode of their vital functions and making it possible for the researchers to carry out surgical interventions without additional anesthesia and with minimal risk of blood loss.

However, in our experiment, we introduced hypobiosis in the diseased animals. This undoubtedly imposes a mark on the laws of biochemical transformations that will take place when two factors go beyond the standard state of the organism.

We found that the levels of MDA that were registered after the application of artificial hypobiosis for the diseased animals were different from those of the diseased animals with which such treatment was not performed, and those of animals in the state of hypobiosis. The values of the recorded changes depended at what stage of disease development the body had been in before hypobiosis was applied to it. However, in all cases, there was a significant decrease in MDA content as compared to the values of animals with escherichiosis at the corresponding stage (Figures 1, 2, 3).

Thus, for animals introduced into the state of hypobiosis at the stage of the initial symptoms of the disease, there was a decrease in MDA in liver tissues by 37%, and blood plasma by 17% as compared to the parameters of the diseased animals at the first stage. The results obtained at this stage of the disease for liver tissue was 29% lower than that of the control animals. At the second and third stages of escherichiosis, the application of hypobiosis allows to reduce the MDA level in liver tissues as compared to the parameters of the diseased animals, and the obtained values are not statistically different from the control ones. For blood plasma, a decrease in MDA levels was observed for the diseased animals when they were put into the state of hypobiosis, although the obtained values of the decrease in this level for the diseased animals at the stage of the total exhaustion were the lowest, i.e., with the severity of the disease the difference between the level of MDAs in the diseased animals as well as the animals in relation to which hypobiosis was applied, tended to decrease.

Drawing on the data obtained, we can claim that the application of the state of hypobiosis, though not eliminating the problem of oxidative stress that occurs in the body of the diseased animal, still significantly reduces the level of MDA in these circumstances. Therefore, this fact can be regarded as a favorable one in terms of the future survival and recovery of the experimental subjects.

The data obtained are quite optimistic as a prognosis for the therapeutic use of hypobiosis. In fact, the set of factors that accompany the animals introduced into the experiment are themselves provocative of stressful situations. Thus, only the fact of the lack of adequate nutrition, which is characteristic of the animals with escherichiosis due to the reduced appetite and rejection of food at the later stages of the disease, induces LPO in homogenates of liver tissues of rats of different ages [16].

What are the possible reasons for MDA content decrease in application of the state of hypobiosis in the animals with escherichiosis as compared to the diseased animals that were not put into the state of hypobiosis? The very state of hypobiosis is accompanied by a decrease in the level of oxidation processes and, accordingly, low levels of MDA. As it is known, malonic dialdehyde is the result of transformations of polyunsaturated fatty acids, its further metabolic history can be expressed either in oxidation to carbon dioxide (which in fact should enhance the effect of hypercapnia), or this compound will have a destructive effect on the body through its reactivity with biomembrane lipides, conglomerating them and, consequently, disrupting transmembrane

processes and conformational changes of membranes [16, 17]. Since the level of MDA in the process of hypobiosis decreases, it is obvious that new molecules are not formed, and a certain amount of the MDA molecules are transformed. To determine what role these transformations have for the body, you can remove it from the state of hypobiosis and estimate the level of MDA. Therefore, the next step in our research, which follows logically from the data obtained, is to evaluate the level of MDA in the diseased animals after their removal from the state of hypobiosis, and we conducted these investigations on day 1 after the animals' awakening.

It was established that the removal from the state of hypobiosis of animals that had been put into it at the stage of initial symptoms (stage I) and at the stage of progressive disease symptomatology (stage II), both in liver tissues, and in blood plasma is accompanied by the leveling of MDA to the magnitude of the control parameters. In this case, the excess (14%) of the level of MDA in the plasma of animals of group II on the first day after leaving the state of hypobiosis is considered to be triggered by residual effects of escherichiosis, because the organism, which was in the phase of active development of the disease, actually recovers due to the state of hypobiosis, however should eliminate the effects of escherichiosis – enterotoxins circulating in the body, restore the water and electrolyte balance, the stable status of the oxidant-prooxidant system, etc.

However, for animals at the third stage of escherichiosis, the removal from hypobiosis is accompanied by an increase in MDA as compared to the animals at the third stage of hypobiosis, which were not awakened from artificial sleep. Obviously, the restoration of normal blood flow, which occurs when removing from hypobiosis and the re-saturation of tissues with oxygen, creates the conditions for various kinds of biochemical transformations coupled with dioxygen, which, in turn, is accompanied by the activation of MDA formation. In addition, it is likely that during this period in the liver the utilization of endotoxins is activated, and the excess products of the first phase of their transformation, accompanied by oxidative stress. Given the fact that the percentage of the diseased animals that survive after their introduction into the state of hypobiosis even at the stage of the total body exhaustion (stage III) exceeds the percentage of animals that survive in the absence of any measures (90% vs. 70%), in such case hypobiosis has a pronounced therapeutic effect.

At the molecular level, the application of hypobiosis in diseased animals can reduce the level of stress at all stages of the course of escherichiosis, both in liver tissues and in blood plasma. Obviously, the question of the survival of animals under these circumstances determine the individual characteristics of the body, while the state of hypobiosis in itself is a universal factor in reducing the stress molecule of MDA.

**Conclusion.** The results obtained indicate the prospect of the application of the state of hypobiosis for the treatment of escherichiosis at all stages of the disease. At the molecular level, the application of hypobiosis in diseased animals reduces the level of malondialdehyde in liver tissues and in blood plasma at all stages of the course of escherichiosis and after awakening of the animals.

It was determined that the level of malondialdehyde in the tissues of rats with escherichiosis gradually increases with the next stage of the disease (the initial stage of the disease, the stage of progressive symptoms and total exhaustion of

the body), and the application of hypobiosis for healthy animals is accompanied by the pronounced reduction of this molecule concentration in healthy animals.

Changes in the concentration of malondialdehyde at the initial stage of the disease are much more pronounced in the

blood plasma than in the liver tissues of the diseased animals. Therefore, it is specifically in the blood that the symptoms of oxidative stress in the state of escherichiosis can be recorded first.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Вихованець В.І. Показники енергетичного обміну в організмі тварин за умов штучного гіпобіозу. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук 03.00.04 – біохімія. – Київ, 2005. 23 с.
2. Тимофеев Н.Н. Искусственный гипобиоз. Монография. Под редакцией Гоголиной Е.А. М.: Медицина. 1983. 192 с.
3. Andjus, R.K., Smith, A.U. Reanimation of adult rats from body temperature between 0 and 2 °C// J Physiol, 1955. Vol. 128. P. 446-472.
4. Andjus, R.K., Smith, A.U. Revival of hypothermic rats after arrest of circulation and respiration// J Physiol, 1954. Vol. 123. P. 66-67.
5. Уманська А.О., Мельничук Д.О., Калачнюк Л.Г. Коронарографічне та магнітно-резонансне дослідження міокарда щурів за штучного гіпобіозу// Science Rise. Biological science. 2018. 3. С. 44-47.
6. Уманська А.О., Мельничук Д.О., Калачнюк Л.Г. Зміни макро- і мікроелементного складу серця щурів за штучного гіпобіозу // Science Rise. Biological Science». – 2018. 1(10). С. 45-47.
7. Мельничук Д.О., Мельничук С.Д. Гіпобіоз тварин – молекулярні механізми та практичне значення для сільського господарства і медицини: монографія. – К.: НАУ, 2007. – 220 с.
8. Ольховська О.М. Особливості клінічного перебігу і шляхи удосконалення лікування кишкових інфекцій у дітей на сучасному етапі // Annals of Mechnikov Institute. 2011. 4. С. 258-261.
9. Цвіліховський В.І., Текдемір І.О., Махендірараса Л.П. Стан гіпобіозу при ешерихіозі: часові рамки виживаності тварин і успішності застосування методу за ранньої та пізньої діагностики хвороби // Вісник проблем біології і медицини, 2019. Вип. 4, 2(154). С. 62-67.
10. Тарасов Н.І., Тепляков А.Т., Малаховіч Є.В. Стан перекисного окислення ліпідів, антиоксидантного захисту крові у хворих на інфаркт міокарда, обтяженим недостатністю кровообігу // Тер. архів. 2002. 12. С. 12 – 15.
11. Резяпкин В.И., Слышенков В.С., Заводник И.Б., Бурдь В.Н., Сушко Л.И., Караедова Л.М., Романчук Е.И. Лабораторный практикум по биохимии и биофизике. – Гродненский государственный университет имени Янки Купалы. Гродо. ГрГУ, 2009. 175 с.
12. Мельничук С.Д., Вихованець В.І. Вплив умов штучного гіпобіозу на енергетичний обмін у щурів, Український біохімічний журнал. 2005; 77 (3). 131-135.
13. ATCC *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) Strain Designations: FDA strain Seattle 1946 [DSM 1103, NCIB 12210] /TypeStrain: no/ Biosafety Level:1 Available [https://www.lgcstandards-atcc.org/products/all/25922.aspx?geo\\_country=ru](https://www.lgcstandards-atcc.org/products/all/25922.aspx?geo_country=ru)
14. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов. М.: Наука, 1972. - 252 с.
15. Усачова О.В., Пахольчук Т.М., Сіліна Є.А., Конакова О.В., Рябоконт Ю.Ю., Корогод С.М. Гострі кишкові інфекції у дітей (сучасні погляди на етіологію, патогенез, діагностику та лікування). Запоріжжя, 2014. 113 с.
16. Кричковская Л.В., Никитченко Ю.В., Дзюба В.Н. Химия и биохимия антиоксидантной системы организма при старении: учеб. пособие для вузов. Харьков. НТУ "ХПИ", 2012. 153 с.
17. Меньшикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты Москва: Слово, 2006. 556 с.

#### REFERENCES

1. Vkhovanets, V.I. Indicators of energy metabolism in over weight animals by artificial hypobiosis. Abstract of dissertations for the degree of candidate of biological sciences 03.00.04 - biochemistry. - Kyiv, 2005. 23 p.
2. Timofeev, N.N. Artificial hypobiosis. Monograph. Edited by Gogolina EA M.: Medicine. 1983. 192 p.
3. Umanskaya, A.O., Melnychuk, D.O., Kalachniuk, L.G. Coronary angiography and magnetic resonance imaging of rats with artificial hypobiosis // Science. Rise. Biological science. 2018. 3. P. 44-47.
4. Umanskaya, A.O., Melnychuk, D.O., Kalachniuk, L.G. Changes in macro- and micronutrient composition of the heart of rats in artificial hypobiosis // Science Rise. Biological Science. 2018. 1 (10). P. 45-47.
5. Melnychuk D.O., Melnychuk S.D. Animal hypobiosis – molecular mechanisms and practical implications for agriculture and medicine: monograph. - K.: NAU, 2007. - 220 p.
6. Olkhovska, O.N. Some peculiarities of clinical pictures and ways of improvement of treatment of intestinal infections at children today // Annals of Mechnikov Institute. 2011. 4. С. 258-261.
7. Tsvilikhovskiy V., Tekdemir I., Makhendirarasa L. State of hypobiosis during *E.coli* infection: a time frame work of animal survival and success of method application in conditions of early and later diagnosis of diseases // Visnyk problem biolohii i medytsyny, 2019. Is. 4, 2 (154). P. 62-67.
8. Tarasov, N.I., Teplyakov, A.T., Malakhovich, Ye.V. State of lipid peroxidation, antioxidant blood in survivors of myocardial infarction, burdened with circulatory insufficiency // Ter. arkhiv. 2002. 12. P. 12-15.
9. Rezyapkin, V.I., Slyshenkov, V.S., Zavodnik, I.B., Burd, V.N., Sushko, L.I., Karaedova, L.M., Romanchuk, E.I. Laboratory Workshop on Biochemistry and Biophysics. Grodzenskiy gosudarstvennyi universitet imeni Yanki Kupaly. Grodo. GrGU, 2009. 175 p.
10. Melnychuk, S.D., Vykhoanets, V.I. The Influence of the Conditions of the Artificial Hypobiosis on the Energy Exchange in Rats // Ukrainian Biochemical Journal. 2005. Is. 77 (3). P. 131-135.
11. Vladimirov, Yu.A., Archakov, A.I. Lipidperoxidation. M.: Nauka, 1972. - 252 p.
12. Usachova, O.V., Pakholchuk, T.M., Silina, Ye.A., Konakova, O.V., Ryabokon, Yu.Yu., Korohod, S.M. Acute intestinal infections in children (current views on etiology, pathogenesis, diagnosis and treatment). Zaporizhzhya, 2014. 113 p.
13. Krichkovskaya, L.V., Nikitchenko, Yu.V., Dzyuba, V.N. Chemistry and biochemistry of the antioxidant system of the body during aging: textbook. Manual for universities. Kharkov. NTU "KhPI", 2012. 153 p.
14. Menshchikova, E.B., Lankin, V.Z., Zenkov, N.K., Bondar, I.A., Krugovykh, N.F., Trufakin, V.A. Oxidative stress. Prooxidants and antioxidants. Moskva: Slovo, 2006. 556 p.

## ECOLOGY

### Моніторинг вмісту важких металів на території смт Радушне

С. М. Кірієнко, С. М. Панова, О. Гапоненко, М. С. Федорнікова

Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна  
Corresponding author. kirienkosvm@gmail.com

Paper received 28.01.20; Revised 12.02.20; Accepted for publication 16.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-07>

**Анотація.** Стаття присвячена проведенню екологічного моніторингу вмісту важких металів на території смт Радушне. Дослідження проводилися за громадським запитом та з метою залучення постанови КБУ «Оцінка впливу на довкілля» для підтвердження надмірного впливу промисловості регіону на показники стану довкілля, а саме вмісту важких металів. Отримані дані дають змогу стверджувати, що територія селища має бути залучена до державної системи підтримки регіонів та потребує проведення постійного екологічного моніторингу.

**Ключові слова:** важкі метали, смт Радушне, санітарно-хімічних дослідження.

**Вступ.** Науково – технічний прогрес, що сприяє прискоренню розвитку промисловості, енергетики, транспорту, широкої хімізації сільського господарства і побуту, на жаль, нерідко веде до забруднення навколишнього середовища: атмосферного повітря, поверхневих, а в ряді випадків і підземних джерел, особливо в регіонах з високою концентрацією промисловості, до яких відноситься індустріальний Криворізький регіон та без посередньо смт Радушне, досягло критично – небезпечних для життя і здоров'я населення величин [8].

**Стислий огляд публікацій за темою досліджень.** Враховуючи те, що с.м.т. Радушне знаходиться у зоні інтенсивної дії підприємств важкої промисловості (металургія, гірничодобувна виробництво, коксохімічне виробництво та ін.), які потужними джерелами викидів хімічних сполук що містять важкі метали, і те, що ці метали є вкрай небезпечними для людини, необхідно звернути особливу увагу на сан навколишнього середовища у даному районі стосовно вмісту важких металів у ґрунті і воді.

Ця група елементів бере активну участь у біологічних процесах, входячи до складу багатьох ферментів. Група "важких металів" багато в чому збігається з поняттям "мікроелементи". Звідси свинець, цинк, кадмій, ртуть, молібден, хром, марганець, нікель, олово, кобальт, титан, мідь, ванадій є важкими металами.

Важкі метали, потрапляючи в наш організм, залишаються там назавжди, вивести їх можна тільки за допомогою білків молока. Досягаючи певної концентрації в організмі, вони починають свій згубний вплив - викликають отруєння, мутації, проявляють канцерогену дію. Крім того, що самі вони отруюють організм людини, вони ще і чисто механічно засмічують його - йони важких металів осідають на стінках найтонших систем організму і засмічують ниркові канали, канали печінки, таким чином, знижуючи фільтраційну здатність цих органів. Відповідно, це призводить до накопичення токсинів і продуктів життєдіяльності клітин нашого організму, тобто самоотруєння організму, тому що саме печінка відповідає за переробку отруйних речовин, що потрапляють в наш організм, і продуктів життєдіяльності організму, а нирки - за їхнє виведення назовні.

Більшість особливо забруднених важкими металами

земель зосереджена в промислових зонах та прилеглих територіях на відстані 1-5км, а вплив промислових підприємств гірничодобувної промисловості розповсюджується й найбільш значні відстані. Джерела надходження важких металів поділяються на природні (які ми не можемо контролювати) і техногенні (видобуток і переробка корисних копалин, спалювання палива, рух транспорту, діяльність сільського господарства).

Сучасні промислові підприємства характеризуються високою продуктивністю, споживають великі обсяги ресурсів різних видів і разом із тим вони в наслідок своєї широкомасштабної виробничої діяльності здійснюють значний негативний тиск на оточуюче середовище. Особливі проблем у цьому плані виникають в крупних промислово розвинутих регіонах країн, у яких концентрується велика кількість промислових підприємств різного спрямування і характеру діяльності.

Одним з таких найбільш крупних промислових регіонів України є Криворізький залізорудний басейн. У цьому басейні виробляє до 5% валового внутрішнього продукту України (ВВП). У Криворізькому басейні розташовано майже 90% потужностей з розробки родовищ залізних руд України і біля 40% потужностей металургійного виробництва. Криворізький залізорудний басейн є одним з найбільш неблагополучних промислових регіонів за вкрай негативним впливом наслідків виробничої діяльності його промисловості [3].

Необхідно зауважити, що цей вплив має негативні наслідки як на території самого Криворізького басейну, так і на території районів, які прилягають до нього. Такий вплив обумовлений як техногенними факторами (діяльністю підприємств) та і природними факторами, а саме: переміщенням великих мас повітря під дією вітру, рухом поверхових і підземних вод в наслідок природного гідрогеологічного режиму у районах, проявами сейсмічних явищ техногенного походження в наслідок природних фізико-механічних властивостей гірських порід, спроможних передавати техногенні сейсмічні коливання на значні відстані.

За всім вище сказаним у районах, у яких проявляється вплив негативних техногенних факторів різної природи необхідно застосовувати і комплексні методи

захисту, контролю, упорядкування середовища районів, які страждають від такого впливу.

Розташування. Селище міського типу Радушне (сміт Радушне) представляє крупний населений пункт і є адміністративним центром території підпорядкованої Радушанській селищній раді Криворізького району Дніпропетровської області. За географічним розташуванням с.м.т. Радушне знаходиться із західної стони території Дніпропетровської області. Віднось міста Кривий Ріг с.м.т. Радушне розташоване у південно-східній частині території Криворізького району. Територія с.м.т. Радушне оточена з півночі – виробничими та комунальними підприємствами, лісосмугами, та землями сільськогосподарського призначення. З південної стони с.м.т. Радушне знаходиться сільськогосподарські угіддя, газове господарство та лісосмуги.

Особливістю с.м.т. Радушне є те, що його територія розташована у районі, який безпосередньо контактує з територією крупних промислових підприємств і об'єктів (склади, відвали, шламосховища, місця скиду промислових вод тощо), які є складовими цих підприємств. Така сусідство здійснює вкрай негативний вплив на навколишнє середовище селища – повітряний, водний басейни та стан земної поверхні.

Найбільш вагоме значення мають: 1. Аераційна станція. Хоча цей 2. Цементний завод «ХайдельбергЦемент Україна» (негативні фактори впливу на навколишнє середовище: викиди цементного пилу, відпрацьованих газів від обжигу клінкеру). Відстань – 6125 м. 3. Відвали доменного шлаку заводу «АселорМіттал Кривий Ріг» (викиди шлакового пилу). Відстань 4480 м. 4. Суриківий завод. Викиди газів і пилу від переробки сировинних матеріалів. Відстань 6800м. 5. Коксохімічний завод «АселорМіттал Кривий Ріг» (викиди високотоксичних кокових газів косових батарей, викиди вугільного пилу). Відстань 7420 м. 6. Металургійний завод «АрселорМіттал Кривий Ріг» (викиди газів від металургійного виробництва, викиди пилу). Відстань 7630 м. 7. Кар'єр №2 цеху з видобутку залізної руди «АселорМіттал Кривий Ріг» (викиди газів від вибухових робіт, пил, сейсмічна дія вибухів). Відстань 11811 м. 8. Кар'єр №3 цеху з видобутку залізної руди «АселорМіттал Кривий Ріг» (викиди газів від вибухових робіт, викиди пилу, сейсмічна дія вибухів). Відстань 13913 м. 7. Кар'єр №2 цеху з видобутку залізної руди «АселорМіттал Кривий Ріг» (викиди газів від вибухових робіт, викиди пилу, сейсмічна дія вибухів). Відстань 11811 м. 8. Кар'єр №3 цеху з видобутку залізної руди «АселорМіттал Кривий Ріг» (викиди газів від вибухових робіт, пилу, сейсмічна дія вибухів). Відстань 13913 м. 9. Кар'єр «Південного гірничозбагачувального комбінату» (Південний ГЗК) (гази від вибухових робіт, викиди пилу, сейсмічна дія вибухів). Відстань 12445 м.

10. Відвали розкривних порід Південного ГЗК (викиди пилу). Відстань 1496 м. 11. Шламлсховище №1 Південного ГЗК (викиди пилу, дренаж у землю технічної води). Відстань 12911 м. 12. Шламлсховище «Об'єднане» Південного ГЗК (викиди пилу, дренаж у землю технічної води). Відстань 7876 м. 13. Збагачувальна фабрика Південного ГЗК (викиди газів від обжигу окотишів, викиди пилу). Відстань 10583 м. 14. Відвал породи Південного ГЗК (викиди пилу). Відстань 7449

м. 15. Шламлсховище №3 Південного ГЗК (викиди пилу, дренаж у землю технічної води). Відстань 4179 м. 16. Шламлсховище №4 Південного ГЗК (викиди пилу, дренаж у землю технічної води). Відстань 6210 м. 17. Промислова зона підприємств, які входять до території с.м.т. Радушне (Асфальтний завод, Нафтобаза, Металургійний завод з переплавки кольорових металів, Ремонтна майстерня). Відстань 1500 м.

**Мета проведення досліджень.** Санітарно-хімічні дослідження об'єктів навколишнього середовища проведені фахівцями «Придніпровського регіонального центру з питань еколого-гігієнічної та медико-біологічної оцінки промислових відходів» ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» (Свідоцтво з акредитації МОЗ України № 142 від 29.06.2016 р., Свідоцтво ДП «Дніпростандартметрологія» про технічну компетентність № ПЧ 06-2/99-2018 від 14.02.2018 р.).

Метою досліджень було отримання, систематизація та медико-екологічний аналіз інформації щодо ступеню забруднення окремих об'єктів навколишнього середовища, в т.ч. ґрунту, підземних вод, змету зі штучних покриттів на території с.м.т. Радушне Криворізького району Дніпропетровської області.

**Матеріали та методи проведення досліджень.** Відбір проб об'єктів довкілля було проведено на території с.м.т. Радушне Всього було досліджено шість проб. Схема розташування точок відбору проб води і ґрунту наведена на схемі 2. [4,5].

У межах селищної зони населеного пункту на території дитячого садку та середньої школи, а також уздовж автомобільної траси відбирались зразки ґрунту за методикою, визначеною у [4, 5]. Для оцінки забруднення штучних поверхонь на території населеного пункту (проїжджі частини, пішохідні доріжки), в тому числі внаслідок аерогенного розповсюдження викидів розташованих поблизу промислових об'єктів, відбирались також проби поверхневого змету. Визначення вмісту важких металів у пробах виконували методом атомно-абсорбційної полум'яної спектрофотометрії на спектрофотометрі іСЕ-3300 (США) та атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою на спектрометрі іСАР7000 (США) згідно до методик [7] та обробкою результатів на ПЕОМ. Вивчення рухливості важких металів проводили у відповідності до додатку №6 Методичних вказівок [7].

**Результати та обговорення.** Медико-екологічний аналіз ступеню забруднення об'єктів довкілля – ґрунтових вод, ґрунту, поверхневого змету виконували за нормативними документами [4 -7].

На схемі 1 наведені місця проведення санітарно-хімічних досліджень вмісту валових та рухливих форм важких металів таких як As, Cd, Cu, Mn, Ni, Zn, Hg. Та отримано та медико-екологічний аналіз інформації щодо ступеню забруднення окремих об'єктів навколишнього середовища, в т.ч. ґрунту, підземних вод, змету зі штучних покриттів на території с.м.т. Радушне Криворізького району Дніпропетровської області. Розраховані коефіцієнти концентрації за визначеними металами та сумарний показник забруднення(Zc). Точки взяття проб води і ґрунту зазначені на схемі 2. У межах селищної зони населеного пункту на території дитячого садку та середньої школи, а також уздовж автомобільної траси.



**Схема 1.** Точки взяття проб на важкі метали: ґрунт (155-164, 188), змет з поверхні землі (166-179); проби води (180-185)

Санітарно-хімічні дослідження ґрунту на всіх досліджених ділянках свідчать про промисловий характер забруднення, «плямистий». Концентрації індикаторних речовин – важких металів, у досліджених пробах перевищують граничнодопустимі за вмістом таких важких металів як миш'як, мідь, нікель цинк.

Розраховані показники сумарного забруднення поверхневого – до 30 см шару природного ґрунту (Zc) для більшості ділянок є допустимими. Разом з тим спостерігається тенденція до розповсюдження забруднень техногенного характеру з поверхні ґрунту у його верхні шари. Концентрації цих елементів у пробах ґрунту перевищують значення ГДК/Фон (відповідно, кратність): As – 1,1-1,6/7-10; Cu – 1,2-3/1,2-1,6; Ni – 1,3-1,9/1,2-5; Zn – 1,1-3,5/1,4-4,9. На території, прилеглої до автотраси (проба № 156) та, що особливо важливо, на території школи (проби № 158 та № 159) забруднення ґрунту відповідає недопустимому, помірно небезпечному рівню.

**Таблиця 1.** Сумарний показник Zc забруднення ґрунту для досліджених ділянок (за окремими пробами)

№ проби	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	188
Zc	13,4	16,0	18,0	14,5	18,5	17,2	7,5	13,1	10,6	12,6	14,2	13,7	11,9

Пріоритетними елементами для контролю верхніх шарів ґрунту при впровадженні науково-технічної розробки «Інноваційної автоматизованої системи управління розвитком техногенного регіону» верхніх шарів ґрунту слід вважати миш'як, мідь, нікель та цинк. Концентрації цих елементів у пробах ґрунту перевищують значення ГДК/Фон (відповідно, кратність): As – 1,1-1,6/7-10; Cu – 1,2-3/1,2-1,6; Ni – 1,3-1,9/1,2-5; Zn – 1,1-3,5/1,4-4,9. Моніторинг цих елементів потребує встановленню стаціонарних автоматизованих постів спостереження за станом: повітряного, надземного, підземного.

Для обґрунтування зв'язку забруднення повітря та ґрунту від прилеглих підприємств було проведено дослідження змету на вміст важких металів. Змет був відібраний з ділянок, що мають тверде покриття (асфальт, бетон). Він акумулює в своєму складі забруднення з різних джерел, в тому числі ті, що надходять

аерогенним шляхом і таким чином дає змогу комплексно оцінити поверхневе забруднення штучно утворених ґрунтів, які переважають у зоні населеного пункту та автомагістралях. На відміну від поверхневих шарів природних ґрунтів досліджених ділянок, забруднення твердих штучних ґрунтів виявилось значно інтенсивнішим, хоча тут, як і у попередніх дослідженнях, спостерігається вкрай нерівномірний «плямистий» фон.

Санітарно-хімічні дослідження змету на більшості досліджених ділянок (проби № 169 – автотраса, № 170, 171, 172 – школа, № 174, 177 – дитячий садочок) за розрахованими показниками сумарного забруднення (Zc) свідчать про те, що рівень їх забруднення є недопустимим, помірно небезпечним. У населення, що тривало мешкає на таких ділянках, варто очікувати підвищення рівня загальної захворюваності. Про що свідчить раніше зазначена інформація, щодо захворюваності смт Радушне.

**Таблиця 2.** Сумарний показник Zc забруднення змету для досліджених ділянок (за окремими пробами)

№ проби	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
Zc	11,0	60,5	6,2	24,4	22,3	21,2	20,0	8,1	25,3	9,5	13,6	17,2	18,6	1409,1

Найвища ступінь забруднення за результатами досліджень поверхневого змету, притаманна деяким ділянкам, що розташовані обабіч автотраси. Показники забруднення на таких ділянках, за розрахованим показником сумарного забруднення відповідає небезпечному рівню забруднення ґрунту. Для мешканців таких ділянок смт Радушне та тих хто проводить випас худоби та вживання в їжу продуктів рослинного походження, слід очікувати підвищення загальної захворюваності, а також більш частими проявами хронічними захворювання дітей та порушенням функціонування серцево-судинної системи (що підтверджується статистичними даними).

Пріоритетними елементами для подальшого контролю при впровадженні науково-технічної розробки

«Інноваційної автоматизованої системи управління розвитком техногенного регіону» поверхневого забруднення штучних ґрунтів слід вважати миш'як, мідь, марганець, нікель, свинець та цинк. Концентрації цих елементів у пробах змету перевищують значення ГДК/Фон (відповідно, кратність): As – 1,5-3,7/3-12; Cu – 1,5-2/1,6-10; Mn – 3-6/1,2-18; Ni – 1,8-2,5/2-8; Pb – 1,4-1,5/1,8-3,5; Zn – 1,9-7/1,5-18 та потребують моніторингу на стаціонарних автоматизованих постах спостереження за станом: повітряного, надземного, підземного.

Найбільший – термінальний рівень забруднення визначено на ділянці автотраса (проб №179). Сумарний показник забруднення свідчить про недопустимий надзвичайно небезпечний ступінь забруднення (Zc > 128).

Такий ступінь забруднення території може бути причиною негативних змін у стані здоров'я населення. Зокрема слід очікувати підвищення дитячої захворюваності та порушення репродуктивної функції жінок (збільшення токсикозів вагітності, кількості передчасних пологів, мертвонароджуваності, гіпотрофії немовлят). Концентрації пріоритетних елементів у пробі № 179 перевищують значення ГДК/Фон (відповідно, кратність): As – 3,7/24; Cd – 5,3/6,3; Cu – 214/170; Mn – 1,3/3,1; Ni – 4,5/14; Pb – 426/1138; Zn – 29/59,8 перевищують значення ГДК/Фон та потребують постійного моніторингу.

**Висновки.** Нині особливо важливого значення набувають соціально-гігієнічні аспекти перетворення навколишнього середовища. Зараз особливо відчутний зв'язок темпів розвитку промисловості, станом навколишнього середовища та здоров'ям населення промислових регіонів. Значні зміни навколишнього середовища відбулися у Криворізькому залізорудному басейні, та цілковито позначилися й на території смт Радушне.

Тому одним з головних та першочергових завдань

для поліпшення навколишнього середовища є проведення постійного моніторингу, з метою не допущення зростання захворювань, та створення умов у всіх сферах життя, що виключали б можливість появи несприятливих для здоров'я людей факторів. Необхідно вести постійний моніторинг параметрів екологічного ризику, що створюються промисловими підприємствами регіону. Одними з таких параметрів є вміст важких металів в ґрунті та має змогу зоставатися там довгий час та залучатися до біологічного колообігу. Отримані загрози рівні вмісту важких металів у зметах, на підвіконнях дитячого садку, що надає змогу говорити про схильність впливати на санітарно-гігієнічні вимоги якості життя населення конкретного регіону та необхідність залучення державних процедур підтримки регіону.

Діючі законодавчі норми України дають підставу сільській раді підняти питання про проведення процедури «Оцінки впливу на довкілля», звернувшись за підтримкою до районної, обласної Ради та до КМУ, за підтвердженням та роз'ясненням [1, 2].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Степаненко В.С. Источники европейского экологического права. // NB: Международное право. – 2013. – № 4. – С.161– 183. DOI: 10.7256/2306– 9899.2013.4.10072. URL: .
2. Конституція України. Відомості Верховної Ради України, 1996, № 30. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Відомості Верховної Ради України, 1991, № 41, ст. 546.
3. Статистичний щорічник України за 2007р. – К.: Техніка, 2008. – 528 с.
4. ДСТУ ISO 10381-1: Якість ґрунту. Відбір проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбору проб.
5. ДСТУ ISO 10381-2:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб.
6. Методика вимірювання масової частки важких металів атомно-абсорбційним методом (МВВ № 081/12-0726-10, МВВ № 081/12-0012-01, МВВ № 081/12-0164-05, МВВ № 081/12-0292-06).
7. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10).
8. Шевченко О. А. Санітарно-гігієнічна оцінка потоків промислових відходів індустріальних областей України / Шевченко О. А., Овчинникова В. О., Голубева Г. Г. // Гігієна населених місць. - 2007. - Вип. 49. - Київ, 2007. - С. 89-93.

#### REFERENCES

1. Stepanenko VS Sources of European environmental law. // NB: International Law. - 2013. - № 4. - P.161– 183. DOI: 10.7256 / 2306– 9899.2013.4.10072. URL:..
2. The Constitution of Ukraine. Verkhovna Rada of Ukraine Notices, 1996, No. 30. Law of Ukraine "On Environmental Protection", Verdicts of the Verkhovna Rada of Ukraine, 1991, No. 41, Art. 546.
3. Statistical Yearbook of Ukraine for 2007. - K.: Engineering, 2008. - 528 p.
4. DSTU ISO 10381-1: Soil quality. Sampling. Part 1. Guidelines for the collection of sampling programs.
5. DSTU ISO 10381-2: 2004 Soil quality. Sampling. Part 2.
6. Method of measuring the mass fraction of heavy metals by atomic absorption method (MVV No. 081 / 12-0726-10, MVV No. 081 / 12-0012-01, MVV No. 081 / 12-0164-05, MVV No. 081 / 12-0292 -06).
7. State sanitary rules and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (DSanPiN 2.2.4-171-10).
8. Shevchenko OA Sanitary and hygienic assessment of industrial waste streams in industrial regions of Ukraine / Shevchenko OA, Ovchinnikova VA, Golubeva GG // Hygiene of settlements. - 2007. - Vip. 49. - Kiev, 2007. - P. 89-93.

#### Monitoring of heavy metals content in Radushne village

S. Kiriienko, S. Panova, A. Gaponenko, M. Fedornikova

**Abstract.** The article is devoted to environmental monitoring of heavy metals content in the Radushne village. The studies were conducted at the request of the public and with the aim of attracting a resolution of the CBU "Environmental Impact Assessment" to confirm the excessive influence of the industry of the region on the environmental performance, namely the content of heavy metals. The data obtained indicate that the territory of the settlement should be included in the state system of support of the regions and needs constant environmental monitoring.

**Keywords:** heavy metals, Radushne township, sanitary-chemical research.



## INFORMATION TECHNOLOGY

### Comparison of programs for traffic analysis

Y. V. Skoryk, V. A. Vlasova, B. G. Knabe

Kharkov National University of Radio Electronics, Kharkov, Ukraine

Corresponding author. E-mail: yuliia.skoryk@nure.ua, viktorii.vlasova@nure.ua, bogdan.knabel@gmail.com

Paper received 01.02.20; Revised 14.02.20; Accepted for publication 17.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-08>

**Abstract.** The paper considered the theoretical and practical features of the following programs for monitoring traffic: Observium, Nagios, tcpdump, NetworkMiner, WireShark, Cain and Abel, Zabbix, Network Olympus, and also analyzes the characteristic features of programs for analyzing network traffic. Based on the research, it is shown which programs are most suitable for analyzing network traffic.

**Keywords:** *traffic analysis, monitoring, program, network traffic.*

**Introduction.** Network monitoring software is an indispensable tool for every system administrator. They allow you to quickly respond to abnormal activities within the local network, to be aware of all network processes and, thus, automate part of the administrator's routine activities: primarily those related to network security. These tools provide convenient means of visualizing the volumes of outgoing and incoming traffic, allow you to keep statistics, measure speed, monitor the activity of network users and the like. The most relevant programs for monitoring the local network are Observium, Nagios, tcpdump, NetworkMiner, WireShark, Cain and Abel, Zabbix, Network Olympus, which will be analyzed in this paper.

**A Brief Review of Related Publications.** In [1], the features of the Observium program were considered. In [2], the features of Nagios and Zabbix programs were considered, and their comparison was also carried out. In [3], the tcpdump program is considered. The work [4] describes the NetworkMiner program. The work [5] examined in detail the functionality and operability of the WireShark program. In [6], an introduction to the Cain and Abel program is given. The work [7] describes the Zabbix program, and also describes the network model used in Zabbix. The work [8] describes the functionality of the Network Olympus program.

However, not one of these works compares these programs.

**Purpose.** To compare programs for traffic analysis, and also on the basis of the analysis to show which traffic analyzers are most suitable for monitoring network traffic.

**Analysis of traffic analyzer programs.** The Observium program, whose work is based on the use of the SNMP protocol, allows not only to examine the state of a network of any scale in real time, but also to analyze the level of its performance. This solution integrates with hardware from Cisco, Windows, Linux, HP, Juniper, Dell, FreeBSD, Brocade, Netscaler, NetApp and other vendors. Thanks to a perfectly developed graphical interface, these programs provide system administrators with a ton of options for tuning - from ranges for auto-detection to SNMP protocol data needed to collect information about the network. All reports that are generated using the analysis of the event log, the Observium can present in the form of charts and graphs, clearly demonstrating the "weak" side of the network. Observium, as the slogan on the main site says, is a system for monitoring and monitoring network devices and servers. Moreover, the list

of supported devices is huge and is not limited only to network devices, the main condition is that the device supports SNMP. But besides SNMP, the information collected can be supplemented by other methods and protocols, for example, syslog, rancid, unix-agent [1]. Message log shown in Fig. 1.

Advantages of the program: a free version is available for a short time; convenient and beautiful interface; it is possible to monitor services such as Apache, Nginx, Mysql, Bind and others, through unix-agent; there are functions of automatic detection; monitoring of some virtualization systems is supported; there is the possibility of building graphs and charts.

Disadvantages: it is installed only on linux systems, there is no version for windows; It is used for large, large networks.

Nagios is a monitoring solution based on a web interface. It is quite difficult to master, however, thanks to its sufficiently co-operation and well-developed documentation, it can be mastered in a few weeks. Nagios is not just a solution for monitoring networks, it is also a solution for monitoring operating networks, individual applications, databases, individual servers, logs [2]. Nagios dashboard shown in Fig. 2.

Advantages of the program: using Nagios, system administrators are able to remotely adjust the amount of load; integration with other applications; it is possible to view the degree of load of memory reserves in databases, for physical indicators of parts of network equipment; there is support for all modern operating systems; convenient to use; colorful interface.

Disadvantages: the program is intended for small organizations; the system is not fault tolerant and is scaled by transferring part of the checks to separate servers; The interval between checks and parameter measurements is too long.

The tcpdump traffic analyzer looks like some kind of outdated tool, and from the point of view of functionality it works as well. Despite the fact that he copes with his work and copes well, using a minimum of system resources for this, it will be difficult for many modern specialists to understand a huge number of data tables. But there are situations when the use of solutions so circumscribed and unpretentious to resources can be useful [3].

Advantages of the program: simple program to install; it is possible to install on linux and windows; It has all the basic functionality that you expect to see in any traffic analyzer - capture, recording, etc.

Disadvantages: inconvenient interface; missing graphical interface.

NetworkMiner is another software solution whose functionality goes beyond the usual traffic analysis. While other traffic analyzers focus on sending and receiving packets, NetworkMiner keeps track of those directly sending and receiving packets. This tool is more suitable for identifying problem computers or users than for general diagnostics or network monitoring. NetworkMiner is designed for Windows. Sniffer supports FTP, HTTP and SMB. Also retriev-

ing user data "logins and passwords." The program can be used both for sniffing and for parsing WLAN traffic (IEEE 802.11). The most important feature of this traffic analyzer is the ability to extract files and certificates that are transmitted over the network. This function can be used to intercept and save all kinds of audio and video files [4]. An example of packet capture in NetworkMiner is shown in Fig. 3.

Date	Device	Alert Check	Entity	Message	Status
2015-02-03 12:02:40	f5.test	temp	Chassis Temperature 1	Recovery notification sent	RECOVER_NOTIFY
2015-02-03 12:02:01	f5.test	temp	Chassis Temperature 1	Checks succeeded	OK
2015-02-03 11:57:42	f5.test	temp	Chassis Temperature 1	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY
2015-02-03 11:57:03	f5.test	temp	Chassis Temperature 1	Checks failed	FAIL
2015-02-03 10:29:46	poseidon2	temp	Temperature Ind	Recovery notification sent	RECOVER_NOTIFY
2015-02-03 10:29:46	poseidon2	temp	Temp rack 1	Recovery notification sent	RECOVER_NOTIFY
2015-02-03 10:29:37	poseidon2	temp	Temperature Ind	Checks succeeded	OK
2015-02-03 10:29:37	poseidon2	temp	Temp rack 1	Checks succeeded	OK
2015-02-03 09:59:05	cisco-wlc	temp	Unit Temperature 0	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY
2015-02-03 09:53:44	checkpoint	temp	CPU Temp	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY
2015-02-03 09:52:09	cisco-7600-pw	temp	module 6 device-2 temperature	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY
2015-02-03 09:52:09	cisco-7600-pw	temp	module 6 device-1 temperature	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY
2015-02-03 09:52:08	cisco-7600-pw	temp	module 6 outlet temperature	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY
2015-02-03 09:52:07	cisco-7600-pw	temp	module 6 EARL outlet temperature	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY
2015-02-03 09:52:07	cisco-7600-pw	temp	module 6 RP inlet temperature	Alert notification sent	ALERT_NOTIFY

Figure 1. Message log

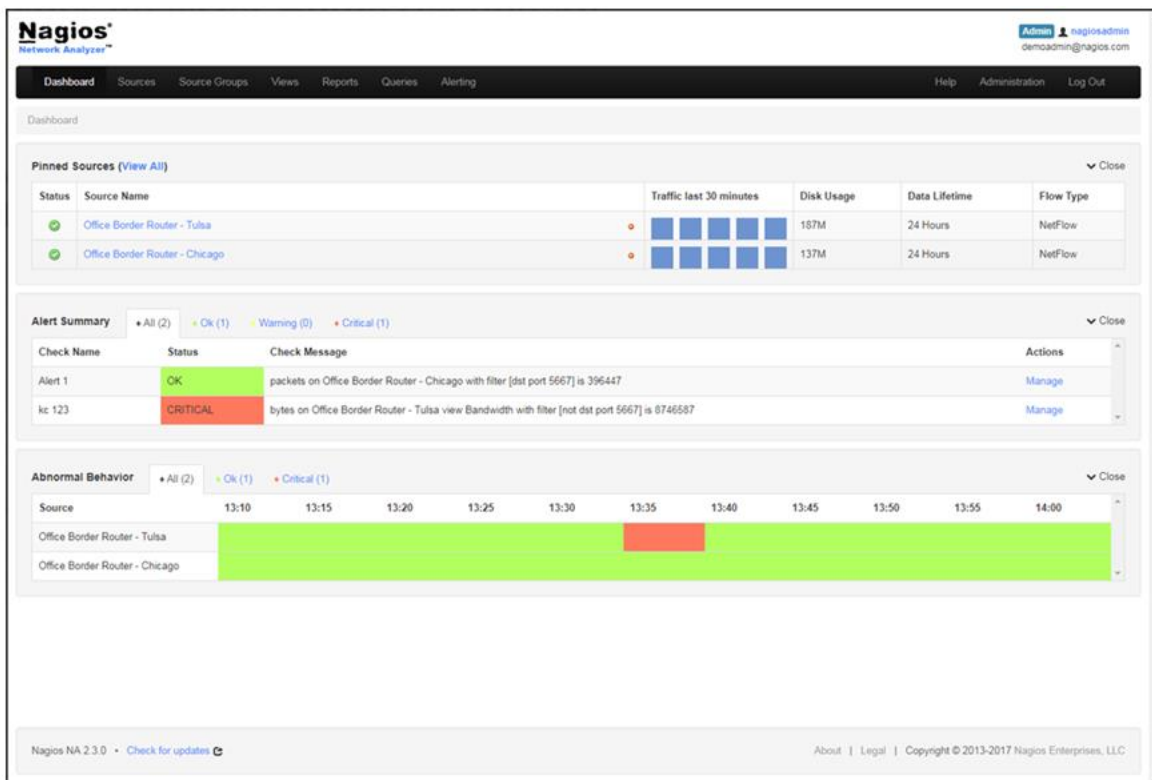


Figure 2. Nagios dashboard

Advantages of the program: quick and easy installation; there is a graphical interface; there is visualization and classification of data into groups - which simplifies the analysis of traffic and makes it fast.

Disadvantages: not suitable for corporate solutions; In the evaluation version, some functions are limited.

The WirelessShark program is a relatively new tool in the solution for network diagnostics, but during this time it has already managed to gain recognition and respect from IT

professionals. WireShark handles traffic analysis perfectly, doing its job perfectly. The developers were able to find a middle ground between the source data and the visual representation of this data, therefore, in WireShark there are no distortions in one direction or another, which are in most other programs for analyzing network traffic. WireShark is simple, compatible and portable. Using WireShark, you can get exactly what you need. WireShark has an excellent user interface, many options for filtering and sorting.

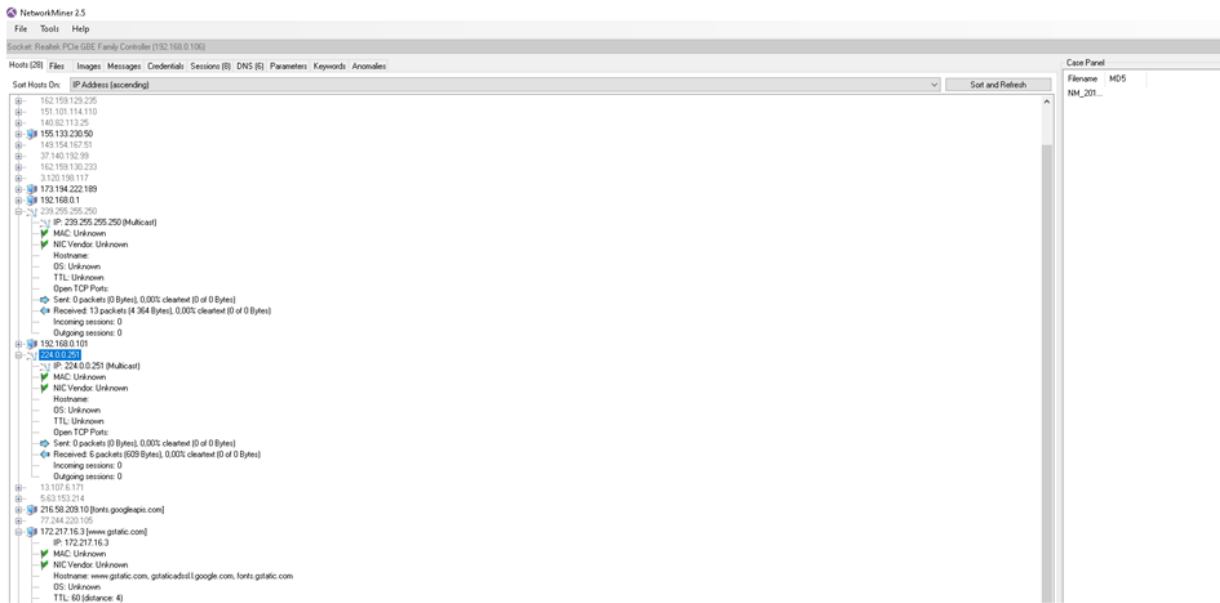


Figure 3. An example of traffic capture in NetworkMiner

Wireshark traffic analyzer works great with any of the three most popular operating system families - \* NIX, Windows, and macOS. Wireshark is an open source software product and is distributed free of charge, and it is an excellent tool for conducting quick network diagnostics [5]. An example of packet capture in the Wireshark program is shown in Fig. 4.

Advantages of the program: Wireshark has a good user interface; there are many options for filtering and sorting;

The program works with any of the three most popular families of operating systems - \* NIX, Windows and macOS; Wireshark is an open source software product and is distributed free of charge.

Disadvantages: not for large companies; Used only for current traffic sniffing; when capturing packets online, a large number of unnecessary packets are stored on the computer.

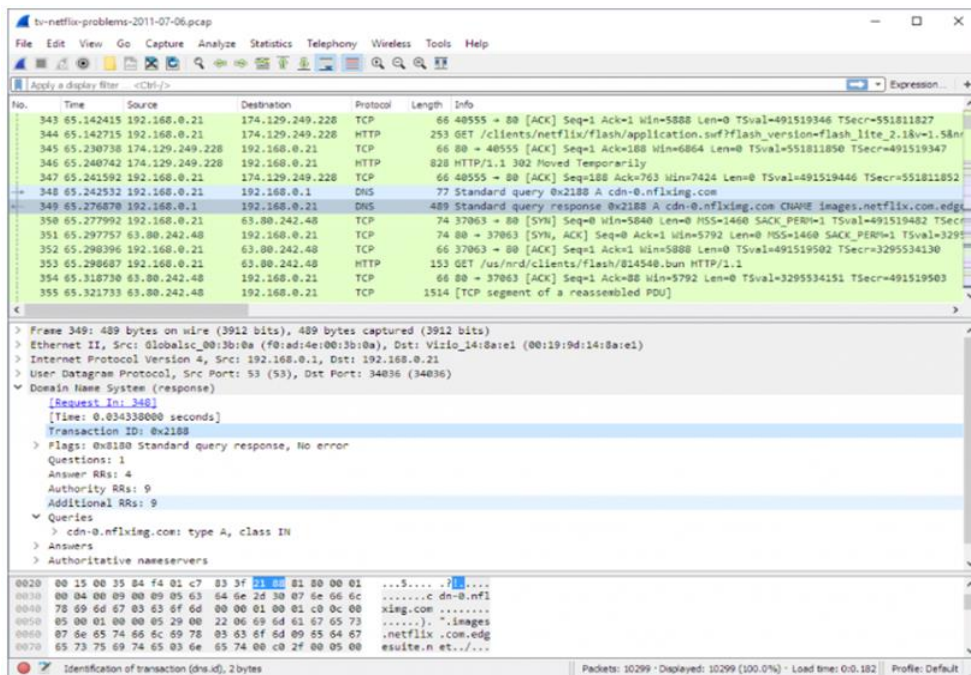


Figure 4. An example of traffic capture in WireShark

Cain and Abel Program. With this software, the ability to analyze traffic is more of an auxiliary function than the main one. If you need to perform more functions than just analyze traffic, you can use this tool. With it, you can recover passwords for Windows, carry out attacks to obtain lost credentials, examine VoIP data on the network, analyze packet routing and much more. This is a really powerful tool for a system administrator with wide permissions. It works only in

a Windows environment. Cain & Abel password recovery tool for Microsoft operating systems. It allows you to easily recover various types of passwords by analyzing network traffic, cracking encrypted passwords, and cryptanalysis. Allows you to record conversations via VoIP, decode secure passwords, recover wireless network keys, open password fields, open cached passwords and analyze routing protocols. The latest version is faster and contains many new features,

such as ARP (Arp Poison Routing), which allows you to analyze traffic on switched LANs. In this version, the analyzer (sniffer) can also analyze encrypted protocols, such as SSH-1 and HTTPS, and contains filters for capturing credentials for a wide range of authentication mechanisms [6].

Advantages of the program: password recovery is very fast.

Disadvantages: it takes a lot of time to install; must have access to another administrator account on the computer.

Zabbix monitoring system is a universal open source network monitoring solution that can be configured for individual network models. Basically, it is intended for systems that have a server architecture. This application allows you to simultaneously manage hundreds of network nodes, which makes it an extremely effective tool in organizing the work of administrators working in large-scale enterprises. To deploy Zabbix on your local network, you will either need to run software agents, or use the SNMP protocol for management. In addition, this program provides a complete set of tools for monitoring the status of the network hardware. Note that in order to fully experience all the advantages of this solution, you will have to have at least basic knowledge of some programming languages that can be shared with Zabbix [2, 7].

Advantages of the program: free; the entire configuration is stored in the database, controlled via the web-interface; minimum interval between measurements - 1 second; easy to install.

Disadvantages: no version for Windows; all data is stored in the database, which is inefficient and limits scalability; fault tolerance is not provided; complex cumbersome interface.

Network Olympus. The program works as a service and has a web interface, which gives much greater flexibility and ease of use. The main feature - the script designer, allows you to move away from performing simple checks that do not allow you to take into account certain circumstances of the operation of the devices. With its help, you can organize monitoring schemes of any complexity to accurately identify

problems and malfunctions, as well as automate the process of eliminating them. The script is based on a sensor, from which logical chains can be built, which, depending on the success of the test, will generate various alerts and actions aimed at solving problems. Each element of the chain can be edited at any time and immediately applicable to all devices with which the script is attached. All network activity will be monitored using the activity log and special reports [8].

Advantages of the program: free version of the program up to 100 devices; easy to configure and use, there is a designer of monitoring scripts.

Disadvantages: it is installed only under Windows.

**Results and its discussion.** Traffic monitoring is essential for effective network management. It is a source of information on the functioning of enterprise applications. This information is taken into account when allocating funds, planning computing power, identifying and localizing failures, and resolving security issues. The work considers 8 programs for traffic analysis. After conducting an analysis for each program, we can say that each program has its own advantages and disadvantages, and for each particular case, when choosing a program, this must be taken into account. We can distinguish the WireShark program, this program is most suitable for analysis, research, traffic monitoring. This program allows you to quickly diagnose the network.

**Conclusions.** In this work, we analyzed such programs for traffic analysis: Observium, Nagios, tcpdump, Network-Miner, WireShark, Cain and Abel, Zabbix, Network Olympu. We can say that for most home users there will be enough opportunities that tcpdump, Wireshark, Network-Miner provides. Among the reviewed network traffic analyzers, I would like to single out Zabbix, Observium, Nagios, which have more functionality and are free. Network Olympus can also be distinguished due to its convenient web interface, clear settings, convenient installation, free version, graphical display of requests and scanning. The monitoring system WireShark and NetworkMiner maximally meets the high requirements that are imposed in the case of a study of network traffic.

#### LITERATURE

1. <https://habr.com/ru/post/249623/>
2. <http://www.netping.ru/Blog/sravnenie-sistem-monitoringa-zabbix-vs-nagios>
3. <http://blog.sedicomm.com/2017/05/30/tcpdump-poleznoe-rukovodstvo-s-primerami/>
4. <http://www.spy-soft.net/networkminer/>
5. <https://habr.com/ru/post/436226/>
6. <https://www.softsalad.ru/software/bezopasnost/zashchita-paroley/cain-abel>
7. <https://habr.com/ru/post/73338/>
8. <https://www.softinventive.ru/network-olympus/>

## MEDICAL SCIENCES

### Порівняльна характеристика аеробної та анаеробної продуктивності юнаків низинних та гірських районів Закарпатської області в залежності від компонентного складу тіла

О. А. Дуло\*, Н. М. Гема-Багіна

ДВНЗ “Ужгородський національний університет” м. Ужгород, Україна

\*Corresponding author. E-mail: olena.dulo@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-0473-5605>

Paper received 04.02.20; Revised 15.02.20; Accepted for publication 24.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-09>

**Анотація.** Робота присвячена встановленню особливостей рівня фізичного здоров'я юнаків за показниками аеробної та анаеробної продуктивності енергозабезпечення організму, залежно від відносного вмісту жиру та скелетних м'язів. Юнаки, компонентний склад тіла яких містить низький рівень відносного вмісту жиру та високий, і дуже високий відносний вміст скелетних м'язів, нормальний індекс маси тіла і вісцерального жиру, мають відмінний рівень аеробної та анаеробної продуктивності організму, що відповідає «безпечному рівню здоров'я» підлітків.

**Ключові слова:** аеробна продуктивність, анаеробна продуктивність, фізичне здоров'я, жир, скелетні м'язи.

**Вступ.** Відповідно до існуючих концепцій, інтегральними показниками фізичного здоров'я є аеробна та анаеробна продуктивність організму [1, 3, 4, 5, 9]. Для оцінки аеробної продуктивності організму більшість дослідників рекомендують використовувати відносну величину максимального споживання кисню [1, 7, 8]. При цьому анаеробна продуктивність організму, зазвичай, не береться до уваги. Хоча суттєву роль у формуванні фізичного здоров'я відіграють не лише аеробні, а й анаеробні процеси енергозабезпечення життєдіяльності організму [1, 9, 12]. Результати досліджень Ю.М. Фурмана та С.П. Драчука свідчать про існування тісного кореляційного взаємозв'язку між аеробною та анаеробною продуктивністю організму, де факторним показником виступає анаеробна (лактатна) продуктивність організму [10]. Важливим фактором, що впливає на морфофункціональний стан людини, виступає територіальна приналежність, тому національні та популяційні відмінності морфофункціональних показників стимулюють науковців до пошуку відносних стандартів для жителів окремих регіонів [3, 8, 11, 13].

В Україні залишаються окремі території з природними екологічними особливостями, де існує йодний дефіцит, який істотно впливає на гормональний статус мешканців цих територій. Одним із таких регіонів є Закарпаття. Молодь із різних біогеохімічних зон, яка навчається у вищих навчальних закладах, вважається практично здоровою, однак, за результатами досліджень провідних учених Закарпаття [2, 6] багато молодих людей мають певні відхилення у фізичному стані. Ці відхилення стосуються окремих антропометричних (зросту, маси, пропорцій будови тіла) та біохімічних показників (наприклад, низький рівень тиреоїдних гормонів у крові). Тенденція зниження показників функціонального стану має взаємозв'язок із вмістом тиреоїдних гормонів в організмі молодих людей, які мешкають у гірській місцевості Закарпаття, що може свідчити про негативний вплив біогеохімічної зони регіону як еволюційно неадекватного чинника зовнішнього середовища [2, 6].

Дослідження аеробної та анаеробної продуктивності організму осіб постпубертатного періоду онтогенезу з різним соматотипом, які проживають в Закарпатському регіоні, дозволить отримати нормативи фізичного здо-

ров'я юнаків, що є актуальним і соціально значимим.

**Мета роботи** – порівняти та проаналізувати аеробні та анаеробні можливості юнаків низинних та гірських районів Закарпатської області залежно від компонентного складу тіла.

**Матеріали і методи.** Проведено порівняльний аналіз рівня фізичного здоров'я у 236 юнаків постпубертатного періоду онтогенезу, віком від 17 до 21 року. Кількість обстежених юнаків гірських районів Закарпатської області становила 124 особи (52,5%), а низинних районів – 112 осіб (47,5%). Рівень фізичного здоров'я оцінювали за показниками аеробної продуктивності організму, а саме визначали максимальне споживання кисню ( $\dot{V}O_{2\max}$  відн.), використовуючи метод велоергометрії. Для оцінки рівня аеробної продуктивності використовували оціночну шкалу Я.П. Пярната [7]. Показники анаеробної продуктивності організму вивчали за визначенням потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за максимальною кількістю роботи, виконаної за 10 с ( $ВАНТ_{10}$ ), а також за рівнем потужності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму за максимальною кількістю роботи, виконаної за 30 с ( $ВАНТ_{30}$ ), використовуючи метод Вінгатського анаеробного тесту, описаного Ю.М. Фурманом зі співавторами [10]. Для оцінки анаеробної лактатної продуктивності організму за величиною максимальної кількості зовнішньої роботи за 1 хв (МКЗР) використовували методику Shogy A., Cherebetin G [12]. Компонентний склад маси тіла визначали застосовуючи імпульсний метод Body Composition Monitor “Omron BF511”, за допомогою якого оцінювався відсотковий вміст жирової маси (підшкірний та вісцеральний жир) та відсотковий вміст скелетних м'язів [11, 13]. Статистичну обробку матеріалу здійснювали за допомогою програм Excel 7.0 та SPSS версії 10.0 із використанням t-критерію Стьюдента для з'ясування достовірності різниці між середніми значеннями.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У досліджуваних юнаків імпульсним методом визначили індекс маси тіла (ІМТ) і компонентний склад тіла. Далі їх умовно розподілили на три групи: з низьким, нормальним і високим відносним вмістом жиру, табл. 1.

**Таблиця 1.** Розподіл юнаків гірського та низинного районів Закарпаття за відносним вмістом жиру

Вміст жиру (%)							
< 8,0 (-) низький		8,0 – 19,9 (0) нормальний		19,9 – 24,9 (+) високий		>24,9 (++) дуже високий	
к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%
гірський район (n = 124)							
1	0,8	104	83,9	19	15,3	-	-
низинний район (n = 112)							
15	13,4	82	73,2	15	13,4	-	-

Найбільшу кількість осіб, незалежно від району проживання, склали юнаки з нормальним відносним вмістом жиру. Серед юнаків гірських районів найменшу кількість становили особи з низьким вмістом жиру (0,8%), натомість у юнаків низинних районів однаково кількість (13,4%) осіб склали юнаки з низьким і високим відносним вмістом жиру. Юнаків з дуже високим відносним вмістом жиру (>24,9,0%) серед досліджених не виявилось. Також юнаків було розподілено на три групи залежно від відносного вмісту скелетних м'язів, і в процесі дослідження було встановлено: найбільша кількість (61,3%) осіб з нормальним та (40,2%) з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів спостерігалось серед юнаків гірських районів. Натомість лише в низинних районах були виявлені особи з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів (46,4%), тоді як серед досліджених юнаків гірських районів таких осіб було лише 7,3%, табл. 2.

При вивченні рівня аеробної продуктивності організму юнаків Закарпатської області, залежно від відносного вмісту жиру, ми відмічали, що середня величина  $VO_{2\max}$  відн. лише у представників з низьким відносним вмістом жиру незалежно від району проживання є вищою "безпечного рівня здоров'я" [1, 7], що відповідає відмінному рівню аеробної продуктивності. Натомість, у юнаків з високим відносним вмістом жиру, незалежно від району проживання, середнє значення  $VO_{2\max}$  відн. не досягає "безпечного рівня здоров'я" і становить нижче 42,0  $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$ , а рівень аеробної продуктивності є «посереднім» або «нижче посереднього», табл. 3.

При порівнянні анаеробних можливостей юнаків Закарпатської області, залежно від відносного вмісту жи-

**Таблиця 4.** Середні значення показників анаеробної продуктивності організму ( $M \pm m$ ) юнаків низинних та гірських районів Закарпатської області в залежності від відносного вмісту жиру, n=236

Відносний вміст жиру, %	ВАНТ <sub>10</sub> , $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$		P <sub>2</sub>	ВАНТ <sub>30</sub> , $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$		P <sub>3</sub>	МКЗР, $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$		P <sub>4</sub>
	низинний р-н	гірський р-н		низинний р-н	гірський р-н		низинний р-н	гірський р-н	
<8,0(-)низький (n=16)	57,8±3,8	67,4±2,2	<0,05	50,0±3,6	64,1±3,9	<0,01	29,8±0,96	31,4 ± 1,8	>0,05
8,0 – 19,9(0) нормальний (n= 186)	58,1±3,6	65,3±1,83	<0,05	45,2±3,3	62,9±3,8	<0,01	26,8±1,2	25,7 ± 2,2	>0,05
19,9 – 24,9 (+) високий (n= 34)	46,5±3,1*	51,3±1,72*	>0,05	41,6±3,4	49,8 ±2,7	<0,05	24,9±2,3*	23,1 ± 1,4*	>0,05

Примітка: вірогідність відмінності середніх значень показників юнаків в межах одного типу місцевості (P<sub>1</sub><0,05): \* - відносно низького вмісту жиру; • - відносно нормального вмісту жиру; ♦ - відносно високого вмісту жиру.

P<sub>2,3,4</sub> – достовірність різниці показників юнаків низинних та гірських районів з відповідним відносним вмістом жиру

При аналізі показників відносної величини потужності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму, найнижчі середні значення ВАНТ<sub>30</sub> відн. спостерігаються у юнаків низинних районів з нормальним та високим відносним вмістом жиру. У юнаків гірських та низинних районів з високим відносним вмістом жиру

ру, ми спостерігали, що результати досліджень потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за відсною величиною ВАНТ<sub>10</sub> відн. у обстежених юнаків, незалежно від району проживання, виявили достовірно суттєву перевагу цього показника у представників гірських районів з низьким 67,4±2,2  $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$  та нормальним відносним вмістом жиру 65,3±1,83  $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$ , порівняно з особами, які мають високий відносний вміст жиру.

**Таблиця 2.** Розподіл юнаків гірського та низинного районів Закарпаття за відносним вмістом скелетних м'язів

Вміст скелетних м'язів (%)							
< 33,3 (-) низький		33,3 – 39,3 (0) нормальний		39,4 – 44,0 (+) високий		> 44,0 (++) дуже високий	
к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%
гірський район (n = 124)							
-	-	76	61,3	39	31,4	9	7,3
низинний район (n = 112)							
-	-	15	13,4	45	40,2	52	46,4

**Таблиця 3.** Середні значення показників аеробної продуктивності організму ( $M \pm m$ ) юнаків низинних та гірських районів Закарпатської області в залежності від відносного вмісту жиру, n=236

Відносний вміст жиру, %	Відносна величина МСК, $VO_{2\max}$ відн., $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$		P <sub>2</sub>
	низинний район	гірський район	
< 8,0 (-) низький (n=16)	43,8±1,4	44,6±2,1	> 0,05
8,0 – 19,9 (0) нормальний (n= 186)	39,9±0,94	41,6±1,7	> 0,05
19,9 – 24,9 (+) високий (n= 34)	37,8±0,86*•	33,7±0,93*•	> 0,05

Примітка: вірогідність відмінності середніх значень показників юнаків в межах одного типу місцевості (P<sub>1</sub><0,05): \* - відносно низького вмісту жиру; • - відносно нормального вмісту жиру; ♦ - відносно високого вмісту жиру. P<sub>2</sub> – достовірність різниці показників юнаків низинних та гірських районів з відповідним відносним вмістом жиру

Їх результати становлять 51,3±1,72  $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$  у юнаків гірських та 46,5±3,1  $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$  у юнаків низинних районів відповідно, p<0,05, табл. 4.

спостерігається достовірно низький відносний показник анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму МКЗР відн. 23,1 ±1,4  $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$  та 24,9±2,3  $кг \cdot м \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$  відповідно. Юнаки гірських районів з низьким та нормальним вмістом жиру достовірно мають вищу відносну величину потужності анаеробних лактат-

них процесів енергозабезпечення організму порівняно з юнаками низинних районів,  $p < 0,01$ .

При вивченні аеробної продуктивності юнаків Закарпатської області, залежно від відносного вмісту скелетних м'язів, виявили, що середні значення відносного показника максимального споживання кисню  $VO_{2\max}$  відн. лише у юнаків гірських районів з високим відносним вмістом скелетних м'язів та у юнаків незалежно від району проживання з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів є достовірно вище "безпечного рівня здоров'я", що відповідає відмінному рівню аеробної продуктивності. Натомість, у юнаків гірських та низинних районів з нормальним відносним вмістом скелетних м'язів середнє значення  $VO_{2\max}$  відн. не досягає "безпечного рівня здоров'я" і становить нижче  $42,0 \text{ мл}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$ , а рівень аеробної продуктивності є «посереднім» або «нижче посереднього», табл. 5.

При вивченні анаеробних можливостей юнаків Закарпатської області, залежно від відносного вмісту скелетних м'язів, спостерігаємо, що показники потужності анаеробних алактатних та лактатних процесів енергозабезпечення організму за відносною величиною  $ВАНТ_{10}$  відн.,  $ВАНТ_{30}$  відн. у юнаків гірських районів виявили достовірну перевагу цього показника у представників з нормальним та високим відносним вмістом скелетних м'язів порівняно з юнаками низинних районів,  $p < 0,05$ .

При цьому відносні показники потужності анаеробних лактатних та алактатних процесів енергозабезпечення організму юнаків незалежно від району проживання та відносного вмісту скелетних м'язів за  $МКЗР$  відн. між собою вірогідно не відрізняються, табл. 6.

За результатами досліджень аеробних та анаеробних процесів енергозабезпечення, у юнаків гірських районів, які мають низький відносний вміст жиру ( $< 8,0\%$ ) та

високий відносний вміст скелетних м'язів ( $39,4 - 44,0\%$ ) при нормальній масі тіла ( $18,5 \leq IMT < 25 \text{ кг}/\text{м}^2$ ) мають відмінний рівень аеробної продуктивності, тобто  $VO_{2\max}$  відн.  $> 42 \text{ мл}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$ .

**Таблиця 5.** Середні значення показників аеробної продуктивності організму ( $M \pm m$ ) юнаків низинних та гірських районів Закарпатської області в залежності від відносного вмісту скелетних м'язів,  $n=236$

Відносний вміст скелетних м'язів, %	Відносна величина $МСК, VO_{2\max}$ відн., $\text{мл}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$		$P_2$
	низинний район	гірський район	
33,3 – 39,3 (0) нормальний ( $n=91$ )	37,8 $\pm$ 0,81	38,9 $\pm$ 1,1	$> 0,05$
39,4 – 44,0 (+) високий ( $n=84$ )	39,2 $\pm$ 0,68	42,4 $\pm$ 2,0	$> 0,05$
$> 44,0$ (++) дуже високий ( $n=61$ )	42,9 $\pm$ 1,02	43,1 $\pm$ 0,97	$> 0,05$

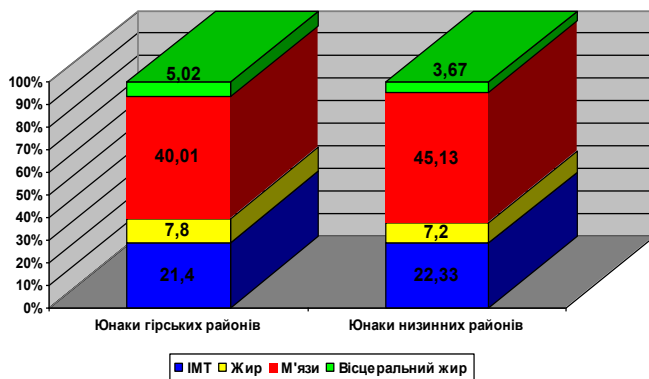
Примітка: вірогідність відмінності середніх значень показників дівчат в межах одного типу місцевості ( $P_1 < 0,05$ ): \* - відносно нормального вмісту скелетних м'язів; • - відносно високого вмісту скелетних м'язів; ♦ - відносно дуже високого вмісту скелетних м'язів.  $P_2$  – достовірність різниці показників дівчат низинних та гірських районів з відповідним відносним вмістом скелетних м'язів.

У юнаків низинних районів відмінний рівень аеробної продуктивності спостерігається при такому компонентному складу тіла: низький відносний вміст жиру, дуже високий відносний вміст скелетних м'язів ( $> 44,0\%$ ) при нормальній масі тіла ( $18,5 \leq IMT < 25 \text{ кг}/\text{м}^2$ ). При цьому всі обстежені юнаки мають нормальний рівень вісцерального жиру. Цей показник знаходиться в діапазоні від 1 до 9%, рис. 1.

**Таблиця 6.** Середні значення показників анаеробної продуктивності організму ( $M \pm m$ ) юнаків низинних та гірських районів Закарпатської області в залежності від відносного вмісту скелетних м'язів,  $n=236$

Відносний вміст скелетних м'язів, %	$ВАНТ_{10}, \text{кгм}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$		$P_2$	$ВАНТ_{30}, \text{кгм}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$		$P_3$	$МКЗР, \text{кгм}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$		$P_4$
	низинний р-н	гірський р-н		низинний р-н	гірський р-н		низинний р-н	гірський р-н	
33,3 – 39,3 (0) нормальний ( $n=91$ )	50,8 $\pm$ 2,01	59,7 $\pm$ 2,9	$< 0,05$	45,2 $\pm$ 2,3	56,9 $\pm$ 3,6	$< 0,05$	25,3 $\pm$ 3,1	25,5 $\pm$ 1,3	$> 0,05$
39,4 – 44,0 (+) високий ( $n=84$ )	54,4 $\pm$ 1,87	63,4 $\pm$ 3,8	$< 0,05$	50,3 $\pm$ 1,8	60,1 $\pm$ 3,8	$< 0,05$	27,9 $\pm$ 1,9	27,8 $\pm$ 1,2	$> 0,05$
$> 44,0$ (++) дуже високий ( $n=61$ )	61,2 $\pm$ 1,36	65,3 $\pm$ 3,2	$> 0,05$	56,2 $\pm$ 2,2	60,9 $\pm$ 4,7	$> 0,05$	28,6 $\pm$ 2,3	28,7 $\pm$ 2,1	$> 0,05$

Примітка: вірогідність відмінності середніх значень показників дівчат в межах одного типу місцевості ( $P_1 < 0,05$ ): \* - відносно нормального вмісту скелетних м'язів; • - відносно високого вмісту скелетних м'язів; ♦ - відносно дуже високого вмісту скелетних м'язів.  $P_2, 3, 4$  – достовірність різниці показників дівчат низинних та гірських районів з відповідним відносним вмістом скелетних м'язів.



**Рис. 1.** Компонентний склад тіла юнаків-жителів Закарпатської області, які мають відмінний рівень аеробної продуктивності за  $VO_{2\max}$  відн. ( $n=236$ )

**Висновки.** Фізичне здоров'я юнаків-жителів Закарпатської області залежить від компонентного складу тіла, а саме: відмінний рівень аеробної продуктивності спостерігається у юнаків гірських районів, які мають нормальну масу тіла з низьким відносним вмістом жиру та високим відносним вмістом скелетних м'язів, при нормальному рівні вісцерального жиру і, як наслідок, рівень фізичного здоров'я перевищує "критичний рівень" за Г.Л. Апанасенком [1] і відповідає "відмінному" за критеріями Я.П. Пярната [7]. Відмінний рівень аеробної продуктивності спостерігається у юнаків низинних районів, які мають нормальну масу тіла з низьким відносним вмістом жиру та дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів при нормальному рівні вісцерального жиру.

Отримані дані свідчать про те, що юнаки-мешканці гірських та низинних районів із високим та дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів, мають вищі показники потужності аеробної та анаеробної продуктивності енергозабезпечення організму. Виконання фізичних навантажень в анаеробному режимі потребує енергії, що накопичена в м'язах, а наявність жирового ком-

поненту у представників чоловічої статі як в низинній, так і в гірській місцевості (в умовах гіпоксії) є певним баластом, так як існує потреба у збільшенні об'єму кисню для процесів окислення жиру і, як наслідок, у юнаків з високим відносним вмістом жиру знижується аеробна та анаеробна продуктивність енергозабезпечення організму.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Апанасенко Г.Л. Проблемы управления здоровьем человека. Наука в олимпийском спорте: специальный выпуск, 1999. С. 56–60.
2. Бондарчук Н.Я., Чернов В.Д. Эффективность застосування диференційованого підходу у процесі фізичного виховання студентів з різних біогеохімічних зон Закарпаття//Вісник Чернігівського державного педагогічного університету, серія: „Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт”, 2009. 64. С. 433-436.
3. Брезденюк О. Аеробні можливості студентів 17-21 року з різним вмістом жирової та м'язової тканини в організмі//Фізична активність, здоров'я і спорт, 2014. 1(15). С. 9-18.
4. Дуло О.А. Вивчення рівня фізичного здоров'я юнаків гірських районів Закарпаття за метаболічним рівнем аеробного та анаеробного енергозабезпечення в залежності від компонентного складу тіла//Science and Education a New Dimension. Natural, Mathematical and Technical science NaMaTech, 2019. VII(23), Is. 193. С. 52-55. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-193VII23-13>
5. Дуло О.А. Вивчення рівня фізичного здоров'я юнаків низинних районів Закарпаття за метаболічним рівнем аеробного та анаеробного енергозабезпечення в залежності від компонентного складу тіла//Science and Education a New Dimension. Natural, Mathematical and Technical science NaMaTech, 2018. VI(22), Is. 186. С. 35-38. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-09>
6. Пірогова В.Г., Фабрі З.Й., Фера О.В. Роль багатоконпонентних факторів у поширенні захворювань щитоподібної залози в Закарпатті та розробка заходів їх раннього виявлення//Міжнародний ендокринологічний журнал, 2008. 3(15). С. 42-47.
7. Пярнат Я.П. Возрастно-половые стандарты (10-15 лет) аэробной способности человека: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. мед. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животного». М., 1983. 44 с.
8. Сальникова С.В., Пуздымир Н., Туник Л. Физическое состояние, как интегральный показатель физического здоровья, и определяющие его факторы//Scientific Letters Of International Academic Society Of Michal Baludansky, 2015. 3(2). С. 22-24.
9. Сокрута В.М., Казакова В.Н. Спортивна медицина: підручник для студентів і лікарів, 2013. 324 с.
10. Фурман Ю.М., Мірошніченко В.М., Драчук С.П. Перспективні моделі фізкультурно-оздоровчих технологій у фізичному вихованні студентів вищих навчальних закладів. Київ: НУФВСУ: Олімп. л-ра., 2013. 174 с.
11. Bubaj, S. Body composition in high school population athletes and non-athletes//Facta universitatis. Series: Physical Education and Sport, 2013. 11(3). P. 197-208.
12. Gaul CA, Docherty D, Cicchini R. Differences in anaerobic performance between boys and men. Int. J. Obes Relat. Metab. Disord. 2000;24:7841–48.
13. Stewart, A.D, Sutton, L. Body composition in sport, exercise and health, 2012. 232 p.

#### REFERENCES

1. Apanasenko, G.L. Problems of managing human health. Science in Olympic Sports: Special Issue, 1999. P. 56–60.
2. Bondarchuk, N.Y., Chernov, V.D. Efficiency of the application of differentiated approach in the process of physical education of students from different biogeochemical zones of Transcarpathia//Visnyk Chernihivskoho derzavnogo pedahohichnogo universitetu, seria “Pedahohichni nauky. Physichne vyhovannya ta sport”, 2009. 64. P. 433-436.
3. Brezdenuk, O. Aerobic possibilities of 17-21 year students with different amount of fat and muscle tissue in the body//Fizychna aktyvnist', zdorov'ia i sport, 2014. 1(15). P. 9-18.
4. Dulo, O.A. Study the level of physical health of men which live in mountain Transcarpathian areas by the metabolic level of aerobic and anaerobic providing of energy according to the body components consist//Science and Education a New Dimension. Natural, Mathematical and Technical science NaMaTech, 2019. VII(23), Is. 193. С. 52-55. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-193VII23-13>
5. Dulo, O.A. Study the level of physical health of men which live in lowland Transcarpathian areas by the metabolic level of aerobic and anaerobic providing of energy according to the body components consist//Science and Education a New Dimension. Natural, Mathematical and Technical science NaMaTech, 2018. VI(22), Is. 186. С. 35-38. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-09>
6. Furman, Yu.M, Miroshnychenko, V.M, Drachuk S.P. Future models of fitness technology in physical education of university students. Kiev: NUFESU: Olympus. l-ra., 2013. 174 p.
7. Pirohova, V.H, Fabri, Z.Y, Fera, O.V. The role of multiconponent factors in the spread of thyroid gland diseases in Transcarpathia and development of measures for their early detection//Mizhnarodnyy endokrynolohichnyy zhurnal, 2008. 3(15). С. 42-47.
8. Pyarnat, Ya.P. Age and gender standards (10-15 years) of human aerobic ability: abstract. dis. for the competition Doctor degree. medical. sciences: specialty 03.00.13 “Human and Animal Physiology”. М., 1983. 44 p.
9. Sal'nikova, S.V, Nikolaj, P., Larisa, T. Physical condition, as an integral indicator of physical health, and its determining factors//Scientific Letters Of International Academic Society Of Michal Baludansky, 2015. 3(2). P. 22–24.
10. Sokruta, V.M., Kazakova, V.N. Sports medicine: a textbook for students and doctors, 2013. 324p.

#### Comparative characteristics of aerobic and anaerobic productivity of young men in lowland and mountain Transcarpathian areas according to the body components consist

O. A. Dulo, N. M. Hema-Bahyna

**Abstract.** The work is devoted to determining the characteristics of the physical health level of young people in indicators of aerobic and anaerobic energy productivity of the body, depending on the relative fat content and skeletal muscle. Young men whose component body composition contains low relative fat content and high and very high relative skeletal muscle content, normal body mass index and visceral fat, have an excellent level of aerobic and anaerobic performance of the organism corresponding to a "safe level of health" of teenagers.

**Keywords:** aerobic productivity, anaerobic productivity, physical health, fat, skeletal muscles.



## Microstructural changes of the mucous membrane of the fallopian tube during prolonged opioid exposure

M. V. Podolyuk, Ya. T. Ivankiv, L. R. Matshuk-Vatseba

Danylo Halytsky Lviv National Medical University  
Corresponding author. E-mail: mariapodolyk1979@gmail.com

Paper received 28.12.19; Revised 12.02.20; Accepted for publication 16.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-10>

**Abstract.** The article presents data on structural and functional changes of the mucous membrane of the uterine tube in the dynamics of two-, four- and six-week exposure to nalbuphine. The material of the study were sexually mature rats-females of the line "Wistar" in the amount of 26 animals weighing 180-220 g, aged 3.5-4 months. Animals were injected with nalbuphine intramuscularly, daily, once a day, at the one-time interval. Histological preparations were prepared according to the conventional method. The animals were kept in a vivarium, the work was carried out following the "Rules of work using experimental animals". Before sampling, the animals were primed with an intraperitoneal injection of thiopental (at a rate of 25 mg/kg), then an anterior abdominal wall was opened, followed by removal of the fallopian tube. During the experimental research, changes in the structure of the mucous membrane of the fallopian tube were established. The first signs were found within 2 weeks of the experimental effect of nalbuphine: swelling of the mucous membrane of the fallopian tube, slight smoothing of the folds and local desquamation of the epithelium, moderate infiltration of lymphocytes of the mucous membrane. Vascular microcirculatory vessels of the mucous membrane are slightly expanded. After 4 weeks of the experiment, degenerative and inflammatory changes in the uterine tube wall and manifested by swelling and polymorphocellular infiltration of the membranes of the wall of the test organ wall, an increase in the number of altered epitheliocytes, vessels are hyperemic, overflowing with aggregated erythrocytes, sometimes containing neutrophilic granulocytes and lymphocytes. After 6 weeks of administration of nalbuphine, destructive changes in the cells of the mucous membrane of the fallopian tube and the links of its hemomicrocirculatory bed accrue, manifested by desquamation of the epithelium of the mucous membrane, infiltration of the mucous membrane by lymphocytes, there is an expansion of the lumen of the vessels of the microcirculatory bed and filling the lumen of the blood plasma, there are lashes of different heights, the characteristic grouping of them into conglomerates.

**Keywords:** *microstructure, fallopian tube, opioid, experiment.*

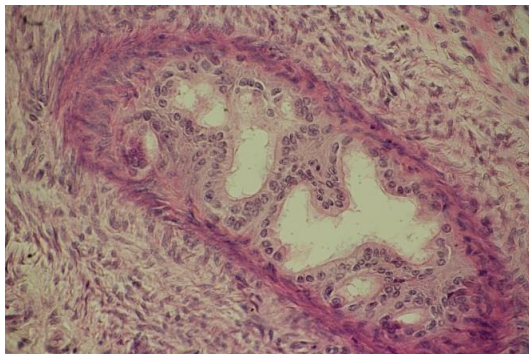
**Introduction.** In modern medicine, opioid analgesics have long been used to relieve acute pain. Research on structural changes in various organs and tissues with short-term and long-term effects on the body of opioid analgesics is relevant [1, 2, 3,]. Nalbufin (nubain) is a narcotic analgesic, a semi-synthetic opioid, a derivative of phenanthrene. It is similar in structure to morphine and naloxone, belongs to opioids of mixed (agonist-antagonistic) action. The problem of opioid addiction has become a widespread epidemic process. In this regard, an anti-narcotic strategy for overcoming the problem of polyetiological pathology has been developed in European countries. Predominantly, studies related to social, legal, and psychological aspects, not paying attention to the fact that significant metabolic and structural changes, early disability and mortality of patients with opioid dependence require the study of pathogenetic mechanisms of development and progression of multiple organ comorbid conditions [4]. The development of pharmacotherapy for narcotic substances, among which the opioid such as nalbuphine is increasingly used, requires the development of measures for the prevention and correction of side effects and complications [5]. One of the important directions in modern obstetric anesthesiology is the choice of medicines that are closest to their own pain (endorphin) system [6]. These drugs include opioids. In the professional literature there are data on the effect of opioids on the vascular membrane of the eyeball, microstructural changes in the tongue, thymus, spleen, pancreas, myocardium, nervous system, retina have been investigated [4, 7, 8, 9, 15]. However, almost no information about the mechanisms of action of opiates and opioids on the structure and angioarchitectonics of the female reproductive system, including the mucous membrane of the fallopian tube.

**The aim of the study.** To establish peculiarities of microstructure of the uterine mucosa of the white rat in the

normal state and changes in the structural organization of the mucous membrane of the uterine tube due to the introduction of opioids in the experiment.

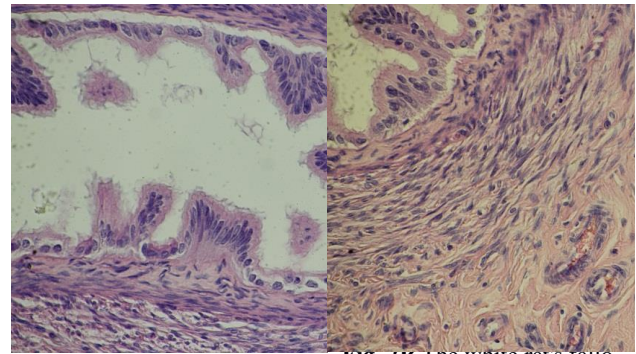
**Materials and methods of research.** The study was performed on 26 sexually mature white female rats aged 3.0–4.5 months and body weight 180–220 g. The microstructural organization of the uterine mucosa in the normal state was studied in 5 animals. The experimental animals were divided into 3 groups. The first group of test animals (5 rats) were intramuscularly injected with nalbuphine once a day, daily for 2 weeks (once a week - 8 mg/kg, II - 15 mg/kg), the second group (5 rats) was administered intramuscularly for 4 weeks (I week - 8 mg/kg, II - 15 mg/kg, III - 20 mg/kg, IV - 25 mg/kg); the third group (5 rats) intramuscularly injected nalbuphine for 6 weeks (I week - 8 mg / kg, II - 15 mg / kg, III - 20 mg / kg, IV - 25 mg / kg, V - 30 mg / kg , VI - 35 mg / kg) [8]. Control - 6 white female rats, which were administered the physiological solution. Material for examination is presented by histological preparations of the mucous membrane of the fallopian tube. For histological examination, sections of the uterine mucosa were stained with hematoxylin and eosin. The preparations were examined using a Leica DM 2500 microscope and photographed with a Leica DFC 450 C camera at microscope magnifications: x200, x400; x1000. All animals were kept in a vivarium in the Danylo Halytsky Lviv National Medical University. The experiments were carried out in accordance with the conditions of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals, which are used for experimental and other scientific purposes (Strasbourg, 1986), Council of Europe Directive 86/609 / EEC (1986), Law of Ukraine No. 3447-IV "On the Protection of Animals of the Common Principles of Animal Experimentation, approved by the First National Congress of Ukraine on Bioethics (2001).

**Results of the research.** Normally, the uterine tube of rats-females has a typical structure: it consists of three parts that are localized outside the uterus and one part, known as an intrauterine, located in the uterine wall. All parts have different diameters; the funnel is the widest part and the intrauterine part is the narrowest. (Fig. 1A).



**Fig. 1A.** The white rat's fallopian tube is normal. Stained with hematoxylin and eosin. Microphoto. Coll. : x 400.

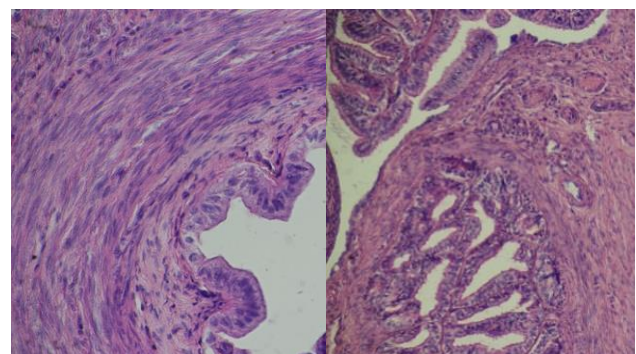
The longest fimbria of the funnel of the uterine tube of the female rat is contacted with the ovary. The uterine wall is formed by three membranes (mucous, muscular and serous). The mucous membrane is represented by the epithelium and its own lamella. The fallopian tube epithelium is a pseudo-multilayer (ciliated simple columnar epithelium) located on the basement membrane. Among the epitheliocytes distinguish high prismatic cells, on the apical surface of which the cilia are identified, there are secretory cells (tubular exocrinocytes) between the ciliary cells, intermediate cells, and cells that do not reach the lumen of the fallopian tube - basal cells. The lamina propria of the mucous membrane is formed by a loose connective tissue, which contains the fibrous structures and cellular elements inherent in the connective tissue, as well as the vessels of the microcirculatory bed, nerve fibers. The mucous membrane of the fallopian tube forms longitudinal folds, which are the most branched and highest in the funnel portion and the least branched and lowest in the intrauterine part. The muscular sheath is formed by two layers of smooth myocytes, between which are layers of connective tissue. The outer lining of the fallopian tube is serous, covered with a single-layer squamous epithelium - mesothelium. All layers of the fallopian tube are well vascularized. The hemomicrocirculatory bed of a female white rat contains arterioles, precapillary arterioles, capillaries, postcapillary venules, venules. The first morphological changes in the structure and angioarchitectonics of the uterine mucosa were detected after 2 weeks of administration of the drug Nalbufin to rats (Fig. 2A, Fig. 2B). In the internal uterine part of the fallopian tube there is edema of the mucous membrane, smoothing of the folds and local desquamation of the epithelium. The vessels of the microcirculatory bed of the mucous and serous membranes are filled with erythrocyte-leukocyte aggregates adjacent to the wall of the endothelium. In the isthmus of the fallopian tube (Fig. 2B), there is also swelling of the mucous membrane, desquamation of the epithelium, infiltration by lymphocytes of the own lining of the mucous membrane. Perivascular edema was noted in some places.



**Fig. 2A.** The white rat's fallopian tube after two weeks of administration of Nalbufin. Staining with hematoxylin and eosin. Microphoto Coll. : x 400

**Fig. 2B.** The white rat's fallopian tube after two weeks of administration of Nalbufin. Staining with hematoxylin and eosin. Microphoto Coll. : x 400.

The cytoplasm of some ciliary cells is enlightened. The expressed changes are observed in vessels of a microcirculatory bed, in particular vessels of lamina propria of a mucous membrane are expanded, overflowed with erythrocytes, in some places contain neutrophilic granulocytes and lymphocytes. Erythrocyte aggregation is observed in some capillaries. The main substance of connective tissue around the hyperemic vessels is somewhat swollen, infiltrated by lymphocytes. Four weeks after the administration of nalbuphine, we documented increasing changes in the destructive nature of the mucosa of the uterine tube in all its parts. In the internal uterine part, as in the previous term, the desquamation of the epithelium, local smoothing of the folds expanding the lumen of the tube in this segment, moderate infiltration by lymphocytes of the own lamina (Fig. 3A) is observed. In the ampoule part, there is noticeable swelling of the mucous membrane, detachment of the epithelium from its own lamella, the remains of cellular detritus in the lumen of the tube (Fig. 3B).

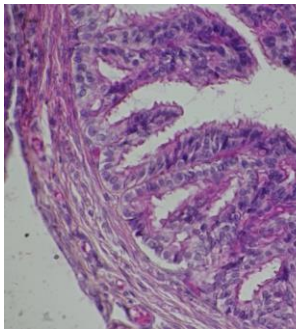


**Fig. 3A.** The white rat's fallopian tube after four weeks of administration of Nalbufin. Staining with hematoxylin and eosin. Microphoto Coll. : x 400.

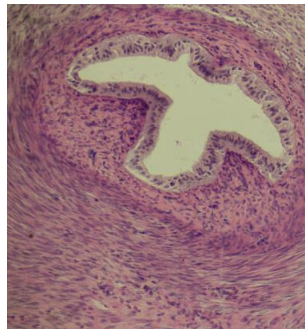
**Fig. 3B.** The white rat's fallopian tube after four weeks of administration of Nalbufin. Staining with hematoxylin and eosin. Microphoto Coll. : x 200.

The expressed changes are registered also in vessels of a microcirculatory bed. The vessels of the lamina propria of the mucous membrane of the fallopian tube are dilated, overflowing with erythrocytes, sometimes containing neutrophilic granulocytes and lymphocytes. After six weeks of the administration of nalbuphine, deep changes of destructive nature was observed in the uterine tube, namely, the absence of folds in certain areas, desquamation of the epithelium, and thickening of the own lamina (Fig. 4A, Fig. 4B). Similar changes are present in the isthmus part, also,

there is an expansion of the lumen of the vessels of the microcirculatory bed and filling their lumen with blood plasma. In the ampoule part, there are lashes of different heights, characterized by their grouping into conglomerates (Fig.4B). Areas with no basal cells are observed. Cilia cells and secretory cells have a modified shape. The cytoplasm of cells is narrow, unevenly colored. The secretory cells are located far from each other. The mucous membrane of the fallopian tube is of unequal thickness, indicating focal necrotic changes in its cells. In the vessels of the lamina propria of the mucous membrane, small veins, and venules, and to a lesser extent, the arteries and arterioles are hyperemic, overflowing with erythrocytes. In some capillaries, there is an aggregation of red blood cells, indicating the development of stasis.



**Fig. 4A.** The white rat's fallopian tube after six weeks of administration of Nalbuphine. Staining with hematoxylin and eosin. Micro photo Coll. : x 400



**Fig. 4B.** The white rat's fallopian tube after six weeks of administration of Nalbuphine. Staining with hematoxylin and eosin. Micro photo Coll. : x 1000.

**Discussion of the results.** The vast majority of authors note the development of profound changes in angioarchitectonics of the organ with prolonged exposure to nalbuphine [12, 13, 14]. Thus, the destructive restructuring of the links of the microcirculatory bed of the eyeball, pancreas, colon wall, cerebellar cortex has been described under conditions of 6-week administration of nalbuphine [15, 16, 17, 18]. This is confirmed by our observations: after 6 weeks of the experiment, there are changes in the vessels of the microcirculatory bed: signs of stagnation, plethora, arterioles wall are unevenly thickened, twisted, with phenomena of hyalinosis, venules are sharply expanded. Most diseases of the fallopian tubes arise as a result of inflammatory processes that lead to complete or partial obstruction of the fallopian tubes due to infiltration, obliteration of their walls. In the professional literature it is stated that the most common causes of anatomical disorders may be: post-operative surgery on internal genital organs, postpartum complications, endometriosis, etc. Among the etiological factors of inflammatory processes in the pelvic organs, a special role belongs to *S. trachomatis*, which causes the inflammatory process in the fallopian tubes, which leads to their occlusion due to the destruction of the fibrils and the

formation of the hydrosalpinx, and promotes the development of inflammatory reaction around the tubes accompanied by mobility. , normal capture and promotion of the ovum. The causative agent of gonorrhoea - *Neisseria gonorrhoeae* causes the development of the inflammatory process and promotes the formation of adhesions in the pelvis. Attached to the cells of the epithelium of the fallopian tubes, these microorganisms have a toxic effect and cause narrowing or complete obliteration of the tubes, which significantly impairs the promotion of the egg cell into the uterine cavity and there are prerequisites for the development of ectopic pregnancy [10]. The results of our study showed that with prolonged exposure to opioids, pathological processes develop in the fallopian tube, its mucous membrane suffers changes. Six-week administration of nalbuphine causes the restructuring of the uterine tube structural organization, such as in long-term inflammatory processes. In particular, the lumen of the fallopian tubes increases, the ciliated cells are desquamated and completely replaced by the secretory ones, the adenomatous proliferation of the tubular epithelium occurs. The stroma of the mucous membrane is impregnated with inflammatory infiltrate. The lamina propria of the mucous membrane of the uterine tube are thickened, the luminescence of the vessels of the microcirculatory bed is full-blooded. In venules and capillaries, the marginal standing of polymorphonuclear leukocytes is noted. The endothelial plate in most of the capillaries is destroyed and incomplete. Around the vessels, there is interstitial edema [11].

**Conclusions.** 1. The first signs of infraction of the structure of the mucous membrane of the uterine tube of the white female rat were detected after 2 weeks of experimental effects of nalbuphine: swelling of the mucous membrane of the fallopian tube, slight smoothing of the folds and local desquamation of the epithelium, moderate infiltration of the lymphocytes of the mucous membrane. The vessels of the microcirculatory bed of the mucous membrane are slightly expanded. 2. After 4 weeks of the experiment, degenerative-inflammatory changes in the wall of uterine tube accrue and manifest themselves with swelling and polymorphocellular infiltration of the membranes of the organ wall, an increase in the number of altered epitheliocytes, vessels hyperemic, overflowing with aggregated erythrocytes, sometimes containing neutrocytes. 3. After 6 weeks of administration of nalbuphine, there increase destructive changes in the cells of the mucous membrane of the fallopian tube and the links of its microcirculatory bed, manifested by desquamation of the epithelium of the mucous membrane, infiltration of the mucous membrane of the lymphocyte, filling their lumen with blood plasma, there are lashes of different heights, characteristic of grouping them into conglomerates.

**Prospects for further research** are to find the most effective methods for correlating structural changes in the organs of the female reproductive system caused by the use of drugs.

#### REFERENCES

1. Holovats'kyy A.S., T.V. Harapko T.V. "Structural changes in organs and tissues during action on the body of opioid analgesics". Uzhgorod University Scientific Bulletin, series «Medicine», issue 2 (52), 2015 p.130-134.
2. Klimenko N. A. Sorokina I. V., Savenko I. A. "Morphofunctional state of the thymus and spleen during inflammation against the background of the action of the non-selective blocker of opioid peptides naloxone. Experimental and clinical medicine". №. 1, 2010 pp. 10-15.
3. Mateshchuk-Vatseba L. R. Diskovs'kyy I. S. "Ultrastructural changes in the skin of rats with long-term opioid exposure Bulletin of the Ukrainian Medical Dental Academy "Actual problems of modern medicine". Vol.14, №. 4 (48). 2014, pp. 205-208.
4. Pidval'na U.YE. Structural features of the eyeball under conditions of long-term opioid exposure in the experiment. Bulletin of the Ukrainian Medical Dental Academy "Topical problems of modern medicine". V.14. № 4 (48). 2014 S. 209-212.
5. Buhayevs'kyy K. A. "Practical use of a complex of methods of non-drug recovery after surgical treatment of impaired ectopic pregnancy". South Ukrainian medical scientific journal. № 20. 2018, Art.20-22
6. Kiselev A.G., Zaitsev A.A. The mechanisms of the influence of opioid analgesics on the reaction of the endogenous opiate system of the body and the regulation of contractile activity of the uterus with a nociceptive response in an experiment in rats in a model of induced labor pain. Journal of Obstetrics and Women's Diseases. 2015; 64 (3). S.11-17.
7. Zin'ko A.V. "The circulatory bed of the rat radiant crown is normal and subject to long-term opioid exposure". Zaporizhzhia medical journal. No. 3 (90). 2015 Pp. 78-81.
8. Holovats'kyy A.S., Val'ko O.O., Volkov K.S., Kramar S.B. "Submicroscopic changes of lymph nodes of iliac lymph nodes in the dynamics of chronic opioid exposure". Clinical anatomy and surgical surgery. T.17. # 1, 2018 Pp. 35-40.
9. Zhylka N. YA., Myronyuk I. S., Slabkyy H. O. "Characteristics of some indicators of reproductive health of the female population of Ukraine". Wiad Lek, 71, 9, 1803-1808. 2018 Art. 1803-1808
10. Fylypyuk D. O. "Chronic viral diseases as a cause of inflammation of female genital organs and infertility". ISSN 2411-4944. Topical issues of pediatrics, obstetrics, and gynecology. №2. 2016
11. Holubovs'kyy I. A. "Dynamics of morphological changes in the tissues of the fallopian tubes in acute and chronic inflammation in women of reproductive age." BIOMEDICAL AND BIOSOCIAL ANTHROPOLOGY 2013, No21).
12. Radchenko T.M. "Gender features of prevalence and clinical and psychopathological manifestations of opioid dependence in women. Ukrainian Bulletin of Psychoneurology." T. 24, no. 2. 2016 Pp. 78-81.
13. Pokotylo V. YU., Lohash M. V. "Morphometric analysis of changes in the mitochondrial apparatus of the white rat heart myocardium under experimental conditions. Bulletin of problems in biology and medicine", 2018 - cyberleninka.ru
14. Pat. No. 76564 U Ukraine, IPC A 61 K 31/00 Method for modeling physical opioid dependence in rats. Applicants: Onys'ko R.M., Pal'tov YE.V., Fik V.B., Vil'khova I.V., Kryvko YU.YA., Yakymiv N.YA., Fit'kalo O.S; patentee: Danylo Halyskyi Lviv National Medical University. - №u201207124; claimed 12.06.2012; publ. 01/10/2013 Bul. №1.
15. Paltov Y., Kryvko Y., Fik V. et al. Dynamics of the onset of pathological changes in the retinal layers at the end of the first week of opioid exposure. Deutscher Wissenschaftsherold. German Science Herald. №2. – P. 2016p. C.30–33
16. Kryvko YU.YA., Khres'ko N.I. "Ultrastructural reconstruction of the colon wall with chronic opioid (nalbuphine) exposure in an experiment." Uzhgorod University Scientific Bulletin, series «Medicine», issue 2 (56), 2017.
17. Bekesevych A.M. "Morphological features of the cerebral cortex structure in normal and long-term opioid exposure." Zaporizhzhia medical journal. 2015. No. 3 (90). P. 82

## The role of regular dental examinations in the prevention of dental diseases

O. Ripetska, V. Hrynovets, A. Buchkovska, \*V. Dovhanyk, V. Synytsia

Danylo Halytskyj National Medical University in Lviv, Ukraine

\*Corresponding author. E-mail: viktdov@gmail.com

Paper received 17.01.20; Revised 29.01.20; Accepted for publication 03.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-11>

**Abstract.** Ethic and Prophylactic Aspects of Regular Dental Examinations and Treatment in Young Patients. The number of gingivitis and periodontitis in young patients highly increased in recent decades. That is why, revelation and early treatment of periodontal diseases is important not only clinical but also ethical and psychological problem. Patient should feel himself not like a passive object in the treatment but take an active part in the process.. Being acquainted with the treatment plan, presumable duration of the treatment and its' results, helps the patient to feel more comfortable and positive about the treatment procedures.

**Keywords:** dental diseases, gingivitis, periodontitis, young patients.

**Introduction.** Annual prophylactic dental examinations in young patients are important task in the general medical health control system. They help to reveal not only diseases of teeth but also periodontal diseases. It is also an important ethical problem to persuade young persons how important is to control the condition of oral health. In the Department of Therapeutic Dentistry of National Medical University in Lviv we practice preventive annual check-ups of the condition of students' oral health. Each person has to understand the direct influence of bad hygiene of oral cavity and general health. Problems with teeth and the periodontium especially proved to be one of the reasons not only of bad state of health but also of the low level of the persons' self-confidence. Underestimating the importance of explanation to the population the fundamentals of general health care and oral health in particular, medical practitioners would not be successful in prophylactic work.

Diseases of the periodontium are widely spread in modern society. The number of gingivitis and periodontitis in young patients highly increased in recent decades. That is why, revelation and early treatment of periodontal diseases is important clinical as well as the ethic problem [5, p. 658-665]. Treatment of periodontal diseases in the initial and early stages prevents teeth loss in middle and older ages [3, p. 1-4; 6, p. 59-64].

Periodontal diseases are characterized by inflammatory and dystrophic-inflammatory processes in tooth surrounding tissues and the bone, which can be easily diagnosed in clinical observation. Important clinical problem, however, is diagnosing of persistent but not clinically pronounced inflammation in periodontal tissues. In many cases the situation is complicated by the absence of complaints from the patients, who are not aware of their problems and apply for the medical consultation only after noticing that their teeth start to be movable. That is why the task of each dentist noticing periodontal problems in his patient is to persuade him to start treatment immediately or consult the periodontal specialist. In the majority of clinical cases periodontal problems are connected with general health problems. A periodontologist is often the first medical specialist who can not only recommend but assure the patient to conduct examinations in other medical specialists. Sometimes not very complicated additional laboratory tests can be useful in the diagnosis of the periodontitis and other diseases (general blood test, X-ray examination, etc). Measurement of NO derivates in saliva, for example,

can be greatly informative in diagnosing periodontal pathology in different stages of its development as well as in differentiation superficial inflammation of periodontal tissues in the case of gingivitis and profound destruction of gums and bone in the case of periodontitis. Nitric oxide (NO) is a free radical involved in the regulation of many physiological processes. Over recent years it has become apparent that NO has also important effects on bone cell function, specifically high levels of NO inhibit bone resorption and formation and may act to suppress bone turnover in severe inflammation [1, p. 255-261]. Inflammation is characterized by the raise of nitric anion concentration in biological fluids [2, p. 339-351]. Medical practitioner should be able to explain the necessity of each examination, being prescribe to the patient and discuss with the patient its results. Patient should feel himself not like a passive object in the treatment but take an active part in the process. Being acquainted with the treatment plan, presumable duration of the treatment and its' results, helps the patient to feel more comfortable and positive about the treatment procedures.

**The aim** of present investigation was the examination of patients (16-29 years old) and motivation them for treatment, when being at risk of periodontal and teeth diseases.

**Materials and methods.** Under the supervision were 65 patients of 16-29 years old. All the patients were thoroughly motivated for the prophylactic dental examination and the following treatment in the case of necessity. Periodontal condition of all teeth has been conducted (including the estimation of pockets depth and presence of bleeding on probing) during the examination. Among the examined patients – 32 were diagnosed generalized periodontitis of the 1-st stage of heaviness (the depth of periodontal pockets up to 3,5 mm), 5 patients – periodontitis of the 2-nd stage of heaviness (the depth of periodontal pockets 5-6 mm), 14 patients had chronic simple gingivitis, 14 persons – hypertrophic gingivitis. 10 healthy persons, 20-25 years old with intact periodontium formed the control group.

The level of inflammation in periodontal tissues has been estimated with bleeding index (Deneha, 1996) [4, p. 13-15]. Gingival bleeding varies in severity, duration and the ease with which it is provoked. The severity of the bleeding depends upon the intensity of the inflammation.

NO production was assessed indirectly by measuring accumulation of its stable metabolite – nitrite anion in

saliva using Gries reaction. In our investigations NO production was studied in saliva, obtained in the quantity of one ml from each patient on an empty stomach.

**Results.** All the patients with periodontal diseases were given recommendations for the periodical clinical examination. Patients were persuaded to come for examination check-ups. They have to be convinced by the doctor that the treatment of periodontal diseases in the initial and early stages prevents teeth loss in middle and older ages.

During the planned examinations all patients are distributed in three main groups.

Group one – healthy persons, without periodontal diseases - control visits once a year

Group two – patients with the high risk of periodontal diseases, local risk factors – malocclusions and general factors – somatic pathology and patients treated for periodontal diseases after the achievement of the process stabilization for one year in gingivitis and two years in periodontitis.

Group three – patients treated for periodontal diseases. Subgroup A – patients with active processes being treated at present Subgroup B – patients which have finished the complex treatment of the disease achieving disease remission. The term remission means clinical improvement (absence of bleeding, periodontal pockets, normal gingival tissues but often with the gingival recession present after the treatment) and normalization of the bone structure. Patients in subgroup B have to come for examination check-ups once a year in gingivitis, twice a year in periodontitis stage II and 3-4 times a year in periodontitis stage III. After the achieving of stable remission for one year in gingivitis and two years in periodontitis patients can be transformed from the group III B to the group II.

After the complex therapy in patients with generalized periodontitis has been carried out, the question, concerning the maintenance therapy with the account of the level of heaviness and character of the disease, arises. There is a great necessity to either eliminate the cause of the recurrence of disease or to minimize the influence of it. Two moments were to be precisely distinguished, thereat: the relapse of the inflammatory process in the periodontal tissues and the relapse of the periodontitis – the progressing of the periodontal, inflammatory-destructive process with the additional loss of the attachment and the formation (or deepening of the previously existing) periodontal pocket. As a rule, in the first clinical situation, it was quite enough to use the local measures (the tooth surface debridement, the polishing of the roots, the anti-inflammatory therapy).

Treatment of all three groups has its peculiarities. There are different problems in group three A, were patients were undergoing active treatment procedures and need constant support, understanding and sympathy of the doctor and group three B, in patients which have finished the complex treatment of the disease and must be more active themselves in following after-treatment regime and recommendations.

Once patients with periodontal disease have had their initial periodontal treatment, and if their periodontal disease has been halted, and they are able to maintain their teeth in a disease free state, they became more like a normal prophylaxis patient. However, since they have much

more exposed root surface to scale, their "prophylaxis" is more complicated than a regular prophylaxis done on a patient without periodontal disease. These patients received a type of cleaning called a periodontal maintenance prophylaxis which is somewhat more labour-intensive than a regular prophylaxis, and is generally done three or four times a year instead of twice a year as is done for patients without periodontal disease. Treatment for all stages of periodontal disease involves the thorough removal of all plaque and calculus that has adhered to the teeth. Even for patients who fit into the "prophylaxis patient" category above, calculus may build up very slightly below the gum line. This can be removed during a normal prophylaxis (scaling) without too much discomfort on the part of the patient. In patients were damage from gum disease is slight, this is done without local anaesthesia. When the damage from periodontal disease is more pronounced, exposing more root structure above bone, the process of "root planing" is conducted. Root planing always requires local anaesthesia. Painlessness of all dental procedures is a factor of the critical and decisive importance.

Since the ultrasonic and Vector methods are easily accepted by patients, in many cases it is possible to treat all of the subgingival and supragingival surfaces (often without using anaesthesia) in one session, which has a favorable effect on slowing the rate of reinfection. Ultrasonic instruments may be used for scaling, curetting, and removing stain. They work from physical vibrations of particles of matter, similar to sound waves, at frequencies ranging from 20 000 to many million cycles per second (also referred to as Hertz (Hz)) above the range of human hearing. In periodontal instrumentation, ultrasonic units are composed of an electrical generator that delivers energy in the form of high-frequency (ultrasonic) vibrations to a handpiece into which a variety of specially designed tips may be inserted. The characteristic feature of the Vector system is a ring-shaped oscillating resonance body driven by an ultrasonic motor in a dental handpiece. Uncontrolled tumbling movements and mechanical vibrations from standard sonic and ultrasonic instruments and their self-oscillation characterized by oscillation loops and nodes as well as the resulting development of heat are therefore eliminated. High volumes of cooling water are not needed and the water supplied is not sprayed as an aerosol. The design of the Vector instruments is not subject to the usual restrictions (form and dimension, limited length or risk of breakage) and is exclusively oriented to the established clinical needs.

Additional, manual smoothing of the surfaces using hand instruments, such as curettes, as recommended for many traditional sonic or ultrasonic instruments, is not necessary for root surfaces treated with the Vector instrument, and should be avoided in order to prevent damage to the hard tooth tissue. If necessary, traditional polishing pastes and rotating brushes, etc. can also be used for removal of massive supragingival staining. The treatment is concluded beneficially by professional fluoride application to all the tooth surfaces, e.g., with highly concentrated fluoride gels.

All these details should be explained to the patients what make them much more positive motivated in the treatment. The patient has to be informed by the doctor

about the treatment prognosis and be ready to consult his doctor in case of some unexpected problems. Therefore, good psychological contact between a doctor and a patient provides not only effective treatment of the periodontal disease but long-lasting stable situation after treatment which is not less important

The case of relapse of the periodontal disease demands the extra use of the surgical methods including the osteotrophic and stimulating therapy. The periodontal practice points out the five main causes leading to the renewal of the activity of the generalized periodontitis. They are as follows: the reduction of the non-specific resistance of the organism; the exacerbation of the somatic pathology with the aggravation of the secondary immunodeficiency that accompanies it; the long-term stress reactions; denaturalization of the nutrition as well as the poor oral hygiene. Therefore, taking into account the above-mentioned reasons, the use of the antibacterial, immunomodulatory, antioxidative or health-restorative therapy is strongly recommended along with the rotational diet and means for the deliverance of the internal medium acidosis.

The stress factor proved to be extremely significant in the cause of many human diseases including periodontal diseases. Periodontal treatment itself can be a stressful factor for the patient. In this situation the personality of the doctor, his (her) attitude to the patient and the ability to support him in the long-term treatment of the periodontal disease are extremely valuable.

**Conclusions.** Annual prophylactic dental examinations in young patients are important task in the general medical health control system. They help to reveal not only diseases of teeth but also periodontal diseases. It is also an important ethical problem to persuade young persons in controlling the condition of oral health in annual preven-

tive check-ups. Each person has to understand the direct influence of bad hygiene of oral cavity and general health. Problems with teeth and the periodontium especially proved to be one of the reasons not only of bad state of health but also of the low level of the persons' self-confidence.

Medical practitioner should be able to explain the necessity of each examination, being prescribe to the patient and discuss with the patient its results. Patient should feel himself not like a passive object during the treatment but take an active part in the process. Periodontal treatment itself can be a stressful factor for the patient. In this situation the personality of the doctor, his (her) attitude to the patient and the ability to support him in the long-term treatment of the periodontal disease are extremely valuable.

Being acquainted with the treatment plan, presumable duration of the treatment and its' results, helps the patient to feel more comfortable and positive about the treatment procedures.

Patients have to be convinced by the doctor that the treatment of periodontal diseases in the initial and early stages prevents teeth loss in middle and older ages. The maintenance therapy with the account of the level of heaviness and character of the periodontal disease is utterly important and this fact should be explained to all patients.

The patient has to be informed by the doctor about the treatment prognosis and be ready to consult his doctor in case of some unexpected problems. Therefore, good psychological contact between a doctor and a patient provides not only effective treatment of the periodontal disease but long-lasting stable situation after treatment which is not less important.

#### REFERENCES

1. Nitric oxide and bone/Rob J. Van't Hof & Stuart H. Ralston // *Immunology*, 2001.–№103.– P.– 255-261.
2. Arginin in medical practice/Yu.N. Stepanov, I.N. Kononov, A.I. Zhurbina, A.I. Filipova // *Jornal medical science of Ukraine*, 2004.– №10 (2).– P. 339-351.
3. Teresa Bachanek, Barbara Hendzel, Ewa Wolańska, Volodymir Szybinsky, Roman Ogonovsky, Volodymir Hrynovets, et al. Prevalence of dental erosion among 18-year-old adolescents in the borderland districts of Lviv (Ukraine) and Lublin (Poland) // *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2018. vol.25, №1.: 66–70.
4. Denega I.S. Informative value of bleeding index in periodontal diseases/I.S. Denega, S.J. Kukcya, V.S. Hrynovets B.C. Гриновець // *Actual problems of dentistry*, 1996.– №13.– P. 13-15.
5. L. Mitchell, D.A. Mitchell. *Oksfordzki Podręcznik Stomatologii Klinicznej* // Wydawnictwo Naukowe PWN.– Warszawa, 1995.– 1075 p.
6. Ripetska O., Denega I., Hrynovets V., Hysyk M. *Diseases of the periodontium (Etiology, pathogenesis, diagnosis, treatment.)* – Lviv – Liga-Press – 2011. – 269 pp.

## Вплив надмірної маси тіла на репродуктивну функцію жінок (огляд літератури)

<sup>1</sup>Р. С. Скорейко, <sup>2</sup>Н. Т. Скорейко

<sup>1</sup>Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика МОЗ України, м. Київ  
Рівненська медична академія

<sup>2</sup>Комунальне підприємство Рівненська обласна клінічна лікарня, м. Рівне, Україна, лікар-кардіолог  
Corresponding author. E-mail: omast@i.ua

Paper received 31.01.20; Revised 14.02.20; Accepted for publication 18.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-12>

**Анотація.** Розглянуто основні механізми розвитку патологічних станів репродуктивної системи: інсулінорезистентності, синдрому полікістозних яйників, порушення менструального циклу, безпліддя та інші при надлишковій масі тіла та ожирінні. З'ясовано значення лептину, гіперпродукція якого негативно впливає на процеси овуляції при ожирінні. Жирова тканина, як ендокринний орган є важливою ланкою в метаболізмі статевих стероїдів, які впливають на функцію репродуктивної системи.

**Ключові слова:** ожиріння, надлишкова маса тіла, інсулінорезистентність, лептин, репродуктивне здоров'я.

Однією із найактуальніших проблем сучасного суспільства є надлишкова маса тіла. Це обумовлено значною зростаючою поширеністю та значними наслідками для здоров'я, пов'язаними з хронічними захворюваннями та смертністю. За останні три десятиліття у світі поширеність ожиріння майже подвоїлася. За даними Національного обстеження з питань охорони здоров'я та харчування (NHANES), 35,7 % дорослих американців страждають ожирінням, а серед дітей та підлітків – 17 % у віці 2–19 років. В Європі понад 50 % населення має надмірну вагу і 23 % страждає ожирінням. В Іспанії у 2006–2007 роках 15,5 % чоловіків та 15,2 % жінок страждали ожирінням, незважаючи на те, що Іспанія є країною середземноморської дієти. В у 2010 році частка людей з ожирінням становила 22,9% [1–3].

Аналіз публікацій, присвячених проблемам репродуктивного здоров'я, які обумовлені надлишковою масою тіла (НМТ) та ожирінням продемонстрував важливість цієї проблеми не тільки в медичному, але і соціальному аспектах [4–7].

За останніми даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), більше 1,6 мільярда дорослих людей мають надлишкову масу і 400 мільйонів – ожиріння. В економічно розвинутих країнах, як мінімум, 30 % населення мають надлишкову масу тіла. Актуальність проблеми полягає в тому, що кількість осіб з надлишковою масою тіла прогресивно збільшується [8].

Надлишкову масу тіла мають 30 – 60 % жінок репродуктивного віку. У цих жінок ожиріння є однією із вагомих причин ановуляторного безпліддя, ранніх втрат вагітності. Жіноче безпліддя є актуальною і складною медико-соціальною проблемою. Це зумовлено, як багатогранністю морфофункціональної організації репродуктивної системи, так і з'ясуванням нових всебічних взаємозв'язків із функціональним станом органів і систем жіночого організму [1, 2, 5, 6].

В Україні наявна ситуація з НМТ також є несприятливою. Ця проблема характерна для більшої половини дорослого населення України, причому поширення ожиріння серед жінок у 1,7 разів вище, порівняно з чоловіками через відмінності в структурі і функціях

чоловічого та жіночого організму. Надлишкова маса тіла суттєво впливає на стан репродуктивного здоров'я жінок в Україні, який сьогодні характеризується наявністю значної кількості проблем. [6, 7]. Актуальність цієї проблеми посилюється через значне поширення огрядності серед дітей та молоді, в тому числі і студентської. В Україні 15-16 % дітей шкільного віку мають НМТ і зберігається небезпека зростання цих показників [8, 9]. 28, 9 % дівчат у віці 16-19 років мають ожиріння, тривалість якого більше 10 років. Поява надлишкової маси тіла в препубертатний і пубертатний період вважається незалежним фактором ризику розвитку синдрому полікістозних яйників. Інсулінорезистентність, гіперінсулінемія та зміни стероїдогенезу при ожирінні опосередковано пов'язані з гіперандрогенією, гірсутизмом, хронічною ановуляцією, оліго-, аменореєю, безпліддям – симптомами цього синдрому. [11, 12].

Ожиріння найчастіше описується індексом маси тіла (ІМТ), що визначається відношенням маси тіла (кг) до зросту у квадраті (м<sup>2</sup>). Індекс маси тіла безпосередньо корелює з масою жирової тканини. Встановлено, що ІМТ 18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup> свідчить про нормальну вагу; 25–29,9 кг/м<sup>2</sup> – НМТ;  $\geq 30$  кг/м<sup>2</sup> – ожиріння, яке далі поділяється згідно важкості ожиріння (класифікація ВООЗ) [8]. ІМТ також є важливим для оцінки відносного ризику захворювань, пов'язаних з ожирінням [7, 10].

Надлишкова маса тіла та ожиріння є фактором ризику розвитку метаболічних захворювань, включаючи резистентність до інсуліну, цукровий діабет 2 типу, гіпертонічну хворобу (ГХ), неалкогольну жирову хворобу печінки (НАЖХП), полікістоз яйників та ін. Особливо актуальною є зв'язок між зайвою масою тіла та синдромом полікістозних яйників (СПЯ), що є найпоширенішим ендокринним розладом у здоров'ї жінки. Він вражає 10 % дорослого населення репродуктивного віку і характеризується гіперандрогенією яйників та хронічною олігоовуляцією [13].

Встановлено патогенну роль ожиріння в подальшому розвитку синдрому полікістозних яйників та загостренні його фенотипу, оскільки надлишкова маса тіла часто передуює виникненню олігоменореї та гіпе-



рандрогенії. Близько 50 % жінок із СПКЯ мають зайву вагу або ожиріння.

Для репродуктивного здоров'я жінок будь-якого віку ожиріння – особлива небезпека, що зумовлює порушення менструальної функції, безпліддя, онкозахворювання. В патогенезі цих порушень залучені різні механізми порушення регуляції метаболічних, судинних і прозапальних ефектів жирової тканини стосовно інших органів і систем.

Жирова тканина виступає багатофункціональним ендокринним органом, який секретує великий спектр гормонів та біологічно активних речовин (цитокіни, ангіотензин II, лептин), які викликають ряд ускладнень [14].

При надлишку жирової тканини збільшується рівень лептину, знижується рівень адипонектину, і, як наслідок – розвиток інсулінорезистентності (ІР), що значно впливає на функцію яйників. Рівень лептину в плазмі крові прямо пропорційний масі жирової тканини в організмі. В умовах порушення його функції (гальмування синтезу інсуліну) зростає продукція інсуліну підшлунковою залозою, що приводить до інсулінорезистентності. Надлишок лептину гальмує продукцію естрадіолу і прогестерону, а також негативно впливає на продукцію гонадотропіну, внаслідок чого пригнічується процес дозрівання домінантного фолікула і блокується процес овуляції. Лептин безпосередньо впливає на дозрівання та ріст фолікулів [14, 15]. Встановлено, що інсулінорезистентність суттєво впливає на функцію яєчників, гормональна функція яких дуже чутлива до дисбалансу лептину

Спостерігається значне поширення інсулінорезистентності серед дівчат-підлітків з олігоменореєю і вторинною аменореєю (більше 30 %) Ожиріння супроводжується змінами стероїдогенезу. Підвищений рівень естрогенів в умовах НМТ, як результат конверсії андрогенів сприяє збільшенню секреції лютеїнізуючого гормону, порушенню взаємовідношення фолікулостимулюючого та лютеїнізуючого гормонів. Це також сприяє підтримці ановуляції. [16].

Експерти центру з контролю та профілактики захворювань США підтверджують думку про те, що у більшості випадків безпліддя обумовлене проблемами овуляції [17].

Отже, посилення конверсії андрогенів в естрогени при участі ферменту ароматази, активність якої вища при НМТ за гормональної недостатності яйників є однією із вагомих причин ановуляції у жінок при ожирінні.

Під впливом інсулінорезистентності і гіперглікемії посилюється агрегація тромбоцитів та факторів згортання, блокада антикоагулянтного захисту та фібринолізу. Спостерігається підвищення концентрації фібрिनогену та активності VII фактора згортання крові, знижується фібринолітична її активність, що пов'язано з підвищенням тромбогенного потенціалу [10, 11].

Несприятливі фактори на фоні ожиріння знижують якість ооцитів, а також впливають на рецепторний апарат ендометрію, що потребує остаточного підтвердження з використанням великих рандомізованих досліджень [18].

Ожиріння несе у собі безліч ризиків для здоров'я і є одним з факторів розвитку безпліддя. Зі збільшенням індексу маси тіла зростає ризик овуляторної дисфункції, яка може привести до безпліддя. Багатьом жінкам з ожирінням доводиться звертатися до допоміжних репродуктивних технологій (ДРТ), щоб завагітніти і народити дитину.

Частота безпліддя у жінок з ожирінням становить 33,6 %, тоді як у жінок з нормальною масою – 18,6 %. З іншого боку, гормональні порушення, що впливають на репродуктивну функцію, також можуть сприяти розвитку ожиріння. Зниження маси тіла на етапі планування вагітності необхідне для оптимізації репродуктивної функції у жінок.

У гінекологічній ендокринології з ожирінням пов'язують ряд синдромів, серед яких і нейроендокринний синдром періоду статевого дозрівання. На тлі прогресуючого збільшення маси тіла спостерігається ановуляція, порушення менструального циклу, гіпертрихоз, гіпертензія, гіперглікемія, підвищене вироблення гормонів кортизолу та пролактину, адренкортикотропного гормону [19].

Зменшення маси тіла у жінок репродуктивного віку і потенційне зниження ризиків є важливим завданням ендокринологів і акушер-гінекологів.

## ЛІТЕРАТУРА

- Гігієнічні аспекти проблеми ожиріння (огляд літератури). Ваколюк Л.М., Дударенко О.Б. Молодий вчений, 2016. – № 11 (38). – С. 68.–73
- Мельниченко Г.А. Ожирение в практике эндокринолога // Рус. мед. журн., 2001. –Т. 9. № 2. – С. 82–87.
- Сорвачева Т.Н., Петеркова В.А., Титова Л.Н. и др. Ожирение у подростков. Альтернативные подходы диетотерапии // Лечащий. врач, 2006. – № 4. – С. 50–54.
- О. М. Юзько. Репродуктивно здоров'я жінки: медико-соціальні аспекти / О. М. Юзько // Медичні аспекти здоров'я жінки, 2016. №6. – С.34 – 35.
- Аметов А. С. Ожирение эпидемия XXI века / А. С. Аметов // Терапевтический архив, 2008. – Т. 74, № 10. – С. 5–7
- Прилепская В. Н. Проблема ожирения и здоровье женщины / В. Н. Прилепская, Е. В. Цаллагова // Гинекология, 2005. – Т. 7, № 4. – С. 3–6.
- Єрмоленко Н. О. Надлишкова маса тіла та основні фактори, що сприяють її розвитку / Н. О. Єрмоленко, О. І. Зарудна // Медсестринство, 2016. – № 2 – С. 38–40.
- Проблема ожирения в Европейском регионе ВОЗ и стратегии ее решения / под ред. F. Branca, H. Nikogosian, Tim Lobstein. – Всемирная организация здравоохранения, 2007. – 77 с.
- Безвужко Е. В. Надмірна маса тіла і ожиріння та здоров'я дітей / Е. В. Безвужко, В. Л. Костура // Вісник проблем біології та медицини, 2015. – № 2. – С. 68–72.
- Андрієць О.А. Гінекологічна патологія у дівчаток-підлітків на фоні ожиріння / О.А. Андрієць, Н.М. Олексина // Репродуктивна ендокринологія, 2012. –№2 (4). – С. 66–69.
- Науменко В.Г. Гиперандрогенные состояния / В. Г. Науменко // Медицинские аспекты здоровья женщины, 2011. – N1 – С. 5–10.
- Петрова Т. В. О взаимосвязи избыточной массы тела, артериальной гипертензии, гиперинсулинемии и нарушения толерантности к глюкозе / Т. В. Петрова, Р. И. Стрюк, И. П. Бобровницкий // Кардиология. – 2001. – № 2. – С. 30–33.

13. Кашук І.М. Особливості терапії синдрому полікістозних яєчників на фоні надлишкової маси тіла // Гінекологія, 2015.— № 5. — С. 21–25.
14. К.О. Литвиненко. Вплив ожиріння на репродуктивну функцію жінок (огляд літератури). Клінічна медицина, 2010. — №3–4. — С.57–60.
15. Влияние выраженности инсулинорезистентности на уровень лептина и половых гормонов в крови девочек подростков с гипоменструальным синдромом / Д.А. Кашкалда, С.А. Левенец, Т.А.Начетова, и др.// Репродуктивная эндокринология, 2012. —№5 (7).— С. 72–75.
16. Нарушения менструального цикла в сочетании с инсулинорезистентностью у девушек-подростков / Бондарева Е.Ю., Шапкина Л.А., Мухотина А.Г. [и др.] // Проблемы эндокринологии. — 2008. — Т. 54, № 5. — С. 7–11.
17. Obese women exhibit differences in ovarian metabolites, hormones, and gene expression compared with moderate-weight women. / Robker RL, Akison LK, Bennett BD, et al. // The Journal of clinical endocrinology and metabolism. 2009. — 94(5).— С.1533–1540.
18. Коритко О. О. Вплив надмірної маси тіла та ожиріння на фертильність і виношування вагітності / О. О. Коритко // Міжнародний ендокринологічний журнал, — 2016. — № 7. — С. 22–26.
19. Синдром поликистозных яичников как причина эндокринного бесплодия / В. И. Грищенко [и др.] // Медицинские аспекты здоровья женщины, 2010. — N 1. — С.5–13.

#### REFERENCES

1. Vakolyuk L.M., Dudarenko O.B. Hygienic aspects of the problem of obesity. Young Scientist, 2016 —№ 11 (38). — P. 68.–73.
2. Melnichenko G.A. Obesity in the practice of an endocrinologist // Russian. medical. Journal, 2001. — Vol. 9. — N. 2. — P. 82–87.
3. Sorvacheva T.N., Peterkova V.A., Titova L.N. et al. Obesity in adolescents. Alternative approaches to diet therapy // Attending. Doctor, 2006. — N. 4. — P. 50–54.
4. OM Yuzko. Reproductive health of women: medical and social aspects / OM Yuzko // Medical aspects of women's health, 2016. — №6. — P.34–35.
5. Ametov, A. S. (2008), Ojirenje epidemiya XXI veka, Terapevticheskiy arhiv, — Vol. 74 — № 10. — P. 5–7
6. Prilepskaya, V. N. and Callagova, E. V. (2005), Problema ozhireniya i zdorov'e zhenshchiny, Ginekologiya — Vol. 7.—№ 4, P. 3–6.
7. Yermolenko, N.O., Overweight and key factors contributing to its development / N. O. Yermolenko, O.I. Zarudna // Nursing, 2016. — № 2 — P. 38–40.
8. The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response /edited by Francesco Branca, Haik Nikogosian and Tim Lobstein, 2007. — 77 p.
9. Bezvushko, E. V. and Kostura, V. L. (2015), Nadmirna masa tila i ozhy`rinnya ta zdorov`ya ditej, Visnyk problem biologiyi ta medycyny, № 2, pp. 68–72.
10. Andriets O.A. Gynecological pathology in adolescent girls on the background of obesity / O.A. Andriets, N.M. Olexin // Reproductive endocrinology, 2012. —№2 (4). — P. 66–69.
11. Naumenko V.G. Hyperandrogenic conditions / V. G. Naumenko // Medical aspects of women's health, 2011. — N1 — P. 5–10.
12. Petrova T. V. On the relationship of overweight, arterial hypertension, hyperinsulinemia and impaired glucose tolerance / T. V. Petrova, R. I. Stryuk, I. P. Bobrovnitsky // Cardiology, 2001. —N. 2. —P. 30–33.
13. Kapschuk I.M. Features of therapy of polycystic ovary syndrome on the background of excess body weight // Gynecology., 2015. — № 5. — P. 21–25
14. K.O. Litvinenko. The impact of obesity on women's reproductive function (literature review). Clinical Medicine, 2010. — №3 - 4. — P.57–60.
15. The effect of the severity of insulin resistance on the level of leptin and sex hormones in the blood of adolescent girls with hypomenstrual syndrome / D.A. Cascalda, S.A. Levenets, T.A. Nachtetova, et al. // Reproductive Endocrinology, 2012. —№5 (7) .— P. 72–75.
16. Menstrual irregularities in combination with insulin resistance in adolescent girls / Bondareva E.Yu., Shapkina L.A., Mukhotina A.G. [et al.] // Problems. endocrinology, 2008. — Vol. 54. —N.5. — P. 7–11.
17. Obese women exhibit differences in ovarian metabolites, hormones, and gene expression compared with moderate-weight women. / Robker RL, Akison LK, Bennett BD, et al. // The Journal of clinical endocrinology and metabolism. 2009. — 94(5).— С.1533–1540.
18. Koritko OO Influence of overweight and obesity on fertility and pregnancy / OO Koritko // International Endocrinological Journal, 2016. — № 7. — P. 22–26.
19. Polycystic ovary syndrome as a cause of endocrine infertility / V. I. Grishchenko [et al.] // Medical aspects of women's health, 2010. —N 1. — P.5–13.

#### Influence of overweight on women's reproductive function

R. Skoreiko, N. Skoreiko

**Abstract.** The basic mechanisms of development of pathological conditions of the reproductive system related to pre-obesity and obesity are considered: insulin resistance, polycystic ovary syndrome, menstrual disorders, infertility and others. The value of leptin, the hyperproduction of which adversely affects the ovulation of obese women, has been determined. Adipose tissue is an endocrine organ and also an important link in the metabolism of sex steroids that affect the function of the reproductive system.

**Keywords:** obesity, excess body weight, insulin resistance, leptin, reproductive health.

## TECHNICAL SCIENCES

### Расчет границ области недопустимых значений курсов судов для домена прямоугольной формы

А. В. Бородулин

Национальный университет «Одесская морская академия», Одесса, Украина  
Corresponding author. E-mail: burmaka1964@gmail.com

Paper received 24.01.20; Revised 07.02.20; Accepted for publication 14.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-13>

**Аннотация.** Приведен алгоритм расчета границ области недопустимых значений курсов судов и ее графическое отображение в случае применения домена прямоугольной формы. Предложен пример ситуации опасной сближения судов и для нее сформирована область недопустимых значений курсов для домена прямоугольной формы. Произведен выбор маневра расхождения и подтверждена его корректность.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, расхождение судов при опасном сближении, форма домена, область недопустимых значений курсов судов.

**Введение.** Плавание в стесненных водах из-за интенсивного судоходства и навигационных препятствий сопряжено с повышенной аварийностью судов, чем обусловлено оборудование стесненных вод станциями управления движением судов (СУДС), которые помимо контроля процесса судовождения осуществляют управление процессом расхождения опасно сближающихся судов. Причем для безопасного расхождения целесообразно использовать области опасных курсов.

Так как в последнее время помимо кругового рассматриваются другие формы безопасного домена, то актуальным является вопрос формирования области опасных курсов в зависимости от формы безопасного домена. В данной статье рассматривается данный вопрос при использовании безопасного домена прямоугольной формы.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Проблеме предупреждения столкновений судов посвящены многочисленные исследования, характеристика основных направлений которых кратко изложена в работах [1-10]. В работе [1] рассмотрено взаимодействие судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения, а процедура выбора оптимального стандартного маневра расхождения пары судов рассмотрена в работе [2]. Методы теории оптимальных дискретных процессов используются для описания процесса расхождения в работе [3], а в работе [4] предлагается формализовать процесс расхождения методом нелинейной интегральной инвариантности. В работах [5, 6] освещены вопросы учета навигационных опасностей и инерционности судна при выборе стратегии расхождения судна, а в работе [7] рассмотрены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, причем приведен анализ методов их реализации.

Экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезвычайного сближения судов предложена в работе [8], подробное исследование методов локально-независимого управления приведено в работе [9] и предложен метод формирования гибких стратегий расхождения.

Теоретическое обоснование автономной судовой системы уклонения от столкновения СА излагается в рабо-

те [10]. Также рассматриваются требования к автономной навигации, учитывающие факторы, которые влияют на процесс уклонения от столкновения. Отмечается, что исследования по автоматизации управления судном могут быть представлены компьютерной технологией, которая использует искусственный интеллект.

**Цель.** Цель настоящей статьи - разработка процедуры расчета границ области недопустимых значений курсов судов и ее графическое отображение в случае применения домена прямоугольной формы.

**Материалы и методы.** В общем случае граница области  $S_{Dij}$  недопустимых значений курсов судов, как показано в работе [7], определяется зависимостью курса первого судна  $K_1$  от курса второго  $K_2$  с учетом соотношения скоростей судов  $V_1$  и  $V_2$ , т. е.  $\rho = \frac{V_2}{V_1}$ .

В случае  $V_1 < V_2$  граница области  $S_{Dij}$  определяется зависимостью:

$$K_1 = \gamma + \arcsin\{\rho[\sin(K_2 - \gamma)]\},$$

причем  $K_2 \in \{S_1 \cup S_2\}$ , где

$$S_1 = [\gamma + 2\pi - \arcsin(\rho^{-1}), \gamma + \arcsin(\rho^{-1})],$$

$$S_2 = [\gamma + \pi - \arcsin(\rho^{-1}), \gamma + \pi + \arcsin(\rho^{-1})].$$

При равенстве скоростей судов элементарной группы  $V_1 = V_2$  выражение для границы области  $S_{Dij}$  имеет следующий вид:

$$K_1 = \pi + 2\gamma - K_2,$$

а в случае  $V_1 > V_2$  граница области  $S_{Dij}$  имеет следующее аналитическое выражение:

$$K_1 = \gamma + \arcsin\{\rho\sin(K_2 - \gamma)\},$$

причем  $K_2 \in [0, 2\pi]$ .

Приведенные выражения границы области  $S_{Dij}$  содержат угол  $\gamma$ , который определяется формулой:

$$\gamma = \alpha \pm \arcsin \frac{D_d}{D}$$

в которой для доменов, формой отличающихся круга, предельно - допустимая дистанция сближения не является постоянной, а зависит от пеленга и курса второго судна, т. е.  $D_d(\alpha, K_2)$ . Поэтому расчет границы области  $S_{Dij}$  для таких доменов производится по следующему алгоритму.

Учитывая, что независимой переменной является  $K_2$ , для заданного значения  $K_2$  с учетом параметров начальной ситуации сближения рассчитывается граничный относительный курс уклонения  $K_{ot}^s$ , по которому производится вычисление предельно - допустимой дистанции сближения  $D_d(\alpha, K_2)$ . Очередным шагом алгоритма является вычисление угла  $\gamma$ , после чего рассчитывается значение курса  $K_1$  в зависимости от соотношения скоростей судов  $V_1$  и  $V_2$ .

Расчет граничного относительного курса уклонения  $K_{ot}^s$  для домена прямоугольной формы относительный курс уклонения определяется по выражениям работы [7]. Для расчета границ и формирования области  $S_{Dij}$  недопустимых значений курсов судов при использовании доменов эллиптической и прямоугольной формы была разработана компьютерная программа, причем программа содержит модуль анализа корректности маневра расхождения, полученного с помощью области  $S_{Dij}$ .

**Результаты и их обсуждение.** Рассмотрим использование домена прямоугольной формы длиной 1,1 мили и шириной 0,61 мили для расчета границ области  $S_{Dij}$  с помощью выражений, реализованных в компьютерной программе. Исследуем случай разных скоростей судов элементарной группы, для чего рассмотрим ситуацию опасного сближения, показанную на рис. 1. Соответствующая область  $S_{Dij}$  отображена на рис. 2. Выбор безопасного маневра расхождения относительным укло-

нением вправо минимальным увеличением курсов судов показан на рис. 3. На рис. 4 подтверждена корректность маневра относительным уклонением вправо, так как линия относительного курса является касательной к прямоугольному домену.

**Выводы**

1. Приведен алгоритм расчета границ области недопустимых значений курсов судов и ее графическое отображение в случае применения домена прямоугольной формы.
2. Рассмотрен пример опасной ситуации сближения судов и для нее сформирована область недопустимых значений курсов для домена прямоугольной формы.
3. Произведен выбор маневра расхождения и подтверждена его корректность.

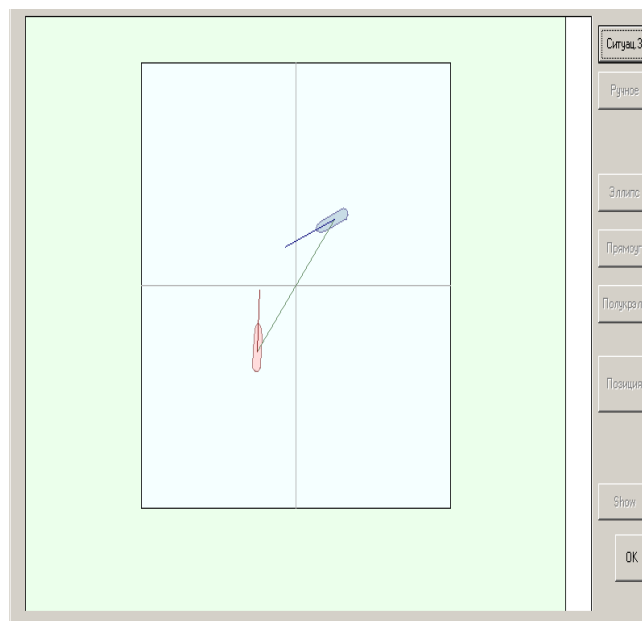


Рис. 1. Ситуация опасного сближения судов при  $V_1 \neq V_2$

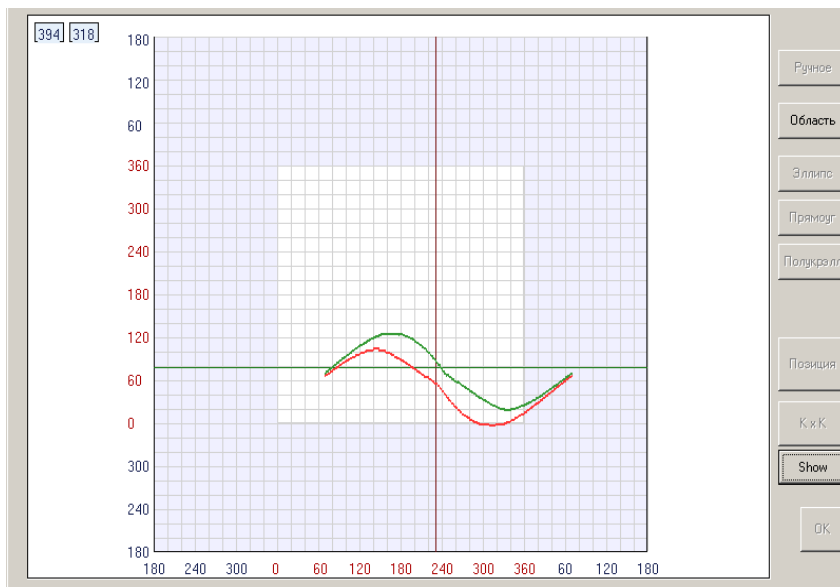


Рис. 2. Область  $S_{Dij}$  прямоугольного домена при  $V_1 > V_2$

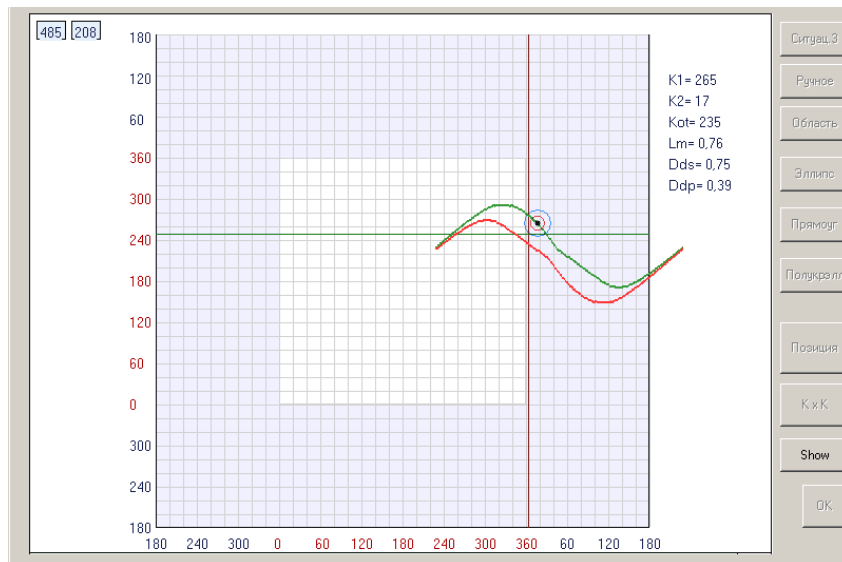


Рис. 3. Выбор маневра расхождения минимальным уклоением вправо

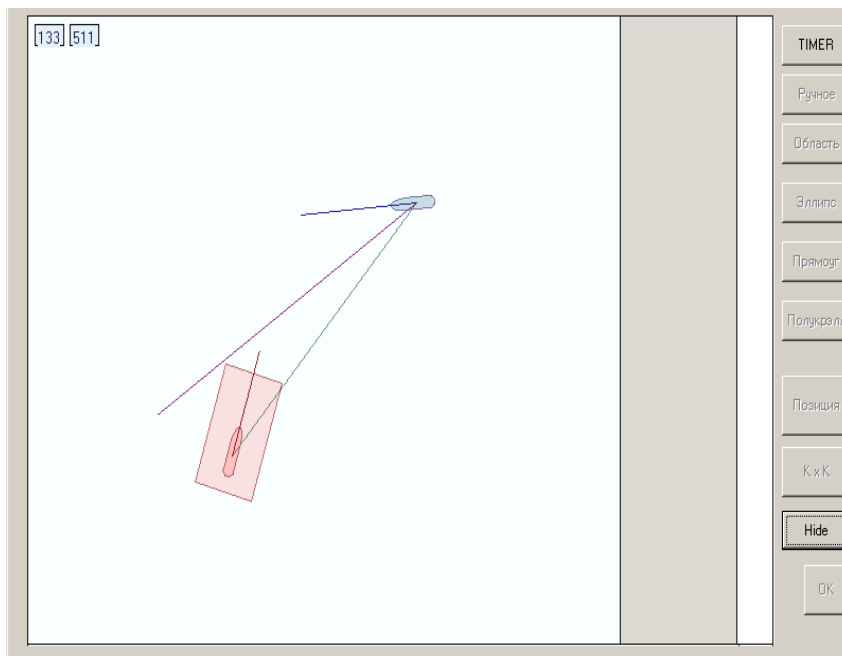


Рис. 4. Результаты проверки корректности маневра уклоением вправо

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
2. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.
3. Куликов А. М. Оптимальное управление расхождением судов / А. М. Куликов, В. В. Поддубный // Судостроение. – 1984. - № 12. - С. 22-24.
4. Павлов В.В. Некоторые вопросы алгоритмизации выбора маневра в ситуациях расхождения судов/ В.В. Павлов, Н.И. Сеньшин // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. - № 68. - С. 43-45.
5. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2005. - №10. – С. 21 – 25.
6. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №.6. – С. 103 - 107.
7. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака., Э.Н Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
8. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
9. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
10. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. 2008. 61, № 1, p. 129-142.

#### REFERENCES

1. Pyatakov E. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E., Buzhbetskiy R., Burmaka I., Bulgakov A., Kherson: Grin D.S., 2015. - 312 p.
2. Safin I.V. Choice of optimum maneuver of divergence / I.V. Safin // Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. - 2002.- №7. - p. 115 -120.
3. Kulikov A.M. Optimum management by divergence of vessels / Kulikov A.M., and Poddubnyy V.V.// Sudostroenie. -1984.- №12.- p. 22 - 24.
4. Pavlov V.V. Some questions of choice of maneuver in the situations of divergence of vessels/ Pavlov V.V., Senshin N.I. // Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika. - 1985.- №68. - p. 43 - 45.
5. Burmaka Y.A. Results of imitation design of process of divergence of vessels taking into account their dynamics / Burmaka Y.A.// Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov. - 2005.- №10. - P. 21 – 25.
6. Petrichenko E.A. Conclusion of condition of existence of great number of possible manoeuvres of divergence taking into account navigation dangers/ Petrichenko E.A. // Sudovozhdenie.- 2003.- №6. - p. 103 – 107.
7. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbryukken (Germany), – 2016. - 585 p.
8. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
9. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I.Burmaka, E. Tyupykov, Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.
10. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. 2008. 61, № 1, p. 129-142.

#### Calculation of scopes of region of impermissible values of courses of vessels for the domain of rectangular form

##### A. V. Borodulin

The algorithm of calculation of scopes of region of impermissible values of courses of vessels and its graphic reflection in the case of application of domain of rectangular form is resulted. The example of situation of dangerous is offered rapprochements of vessels and for her the region of impermissible values of courses for the domain of rectangular form is formed. The choice of maneuver of divergence is produced and his correctness is confirmed.

**Keywords:** *safety of navigation, divergence of vessels at dangerous rapprochement, form of domain, region of impermissible values of courses of vessels.*

# Имитационное моделирование процесса расхождения четырех судов

А. Ю. Булгаков, Е. Е. Тюпиков

Национальный университет «Одесская морская академия», Одесса, Украина  
Corresponding author. E-mail: burmaka1964@gmail.com

Paper received 24.01.20; Revised 07.02.20; Accepted for publication 14.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-14>

**Аннотация.** Показано, что для проверки корректности метода выбора параметров маневра расхождения группы судов была разработана компьютерная программа, которой для заданной опасной ситуации определяется маневр расхождения судов изменением их курсов и производится его имитационное моделирование. В качестве примера рассмотрена ситуация опасного сближения четырех судов, для которой с помощью областей недопустимых значений курсов судов получены параметра оптимального расхождения и представлены результаты имитационного моделирования, подтверждающие корректность выбранного маневра расхождения.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, процесс расхождения судов, область недопустимых значений курсов, имитационное моделирование.

**Введение.** Стесненные воды характеризуются высокой интенсивностью судоходства, и зачастую возникают ситуации опасного сближения группы судов, которые затрудняют движение друг друга с угрозой столкновения. В таких районах устанавливаются системы управления движением судов (СУДС). Безопасность движения в районе действия СУДС зависит от достоверной оценки текущей ситуации и корректности алгоритмов управления, что требует разработки методов расхождения группы опасно сближающихся судов. Следовательно, создание методов безопасного расхождения группы судов является актуальным и своевременным, чему и посвящена настоящая работа.

**Краткий обзор публикаций по теме.** В работах [1, 2] предложена формализация взаимодействия судов при расхождении методами теории дифференциальных игр, а в работе [3] предложен метод нелинейной интегральной инвариантности для описания процесса расхождения и выбора одношагового маневра предупреждения столкновения. В работе [4] для описания процесса расхождения используются методы теории оптимальных дискретных процессов, а монография [5] посвящена методу предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути.

Аналитическое описание взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения предложено в работе [6], с его помощью произведена алгоритмизация МППСС-72, а в работе [7] изложены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения. Монография [8] посвящена всестороннему исследованию принципа локально-независимого управления процессом расхождения и разработан метод гибких стратегий их расхождения.

**Цель.** Цель настоящей статьи - рассмотреть способ выбора маневра расхождения группы судов и с помощью имитационного моделирования подтвердить его корректность.

**Материалы и методы.** В работе [9] рассмотрен метод выбора безопасного маневра расхождения группы судов. Для проверки его корректности была разработана компьютерная программа, определяющая с помощью упомянутого метода параметры маневра расхождения с последующим его имитационным моделированием. В качестве примера рассмотрена ситуация сближения четырех судов, которая отображается на экране монитора, как показано на рис. 1. Согласно индикатору опасности, расположенному в левом нижнем углу, сближение каж-

дой пары судов является опасным – все сектора красного цвета.

Анализ начальной ситуации сближения судов показывает, что для обращения матрицы ситуационного возмущения в нулевую матрицу необходимо изменение курсов не менее трех судов. Поэтому вначале рассмотрим выбор безопасных курсов первого и второго судов.

На рис. 2 показана область опасных курсов первого и второго судов. С помощью соответствующей клавиши производится выбор курса первого судна  $K_1$  и линейкой прокрутки начинаем уменьшать его значение до обращения в ноль ситуационных возмущений  $\omega_{12}$ ,  $\omega_{13}$  и  $\omega_{14}$ , как показано на рис. 3. Это происходит при значении курса первого судна  $K_1$ , равного  $26^\circ$ .

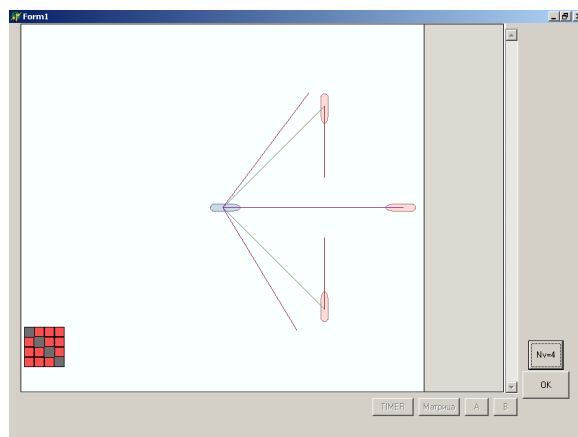


Рис. 1. Начальная ситуация сближения четырех судов

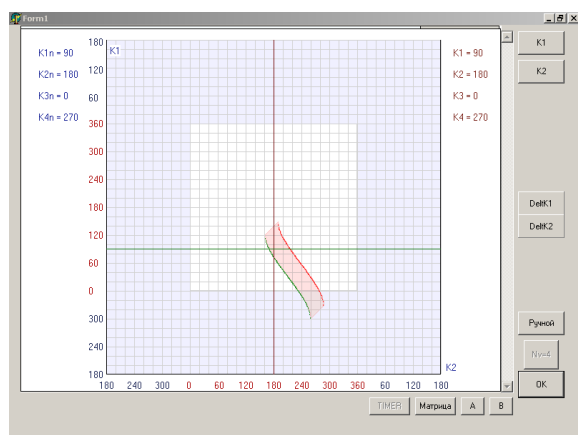


Рис. 2. Область опасных курсов первого и второго судов

Причем соответствующие сектора индикатора опасности окрашиваются в зеленый цвет. Затем с помощью клавиши «K2» производится выбор курса второго судна и увеличиваем его с помощью линейки прокрутки, как показано на рис. 4, до обращения в нуль ситуационных возмущений  $\omega_{23}$

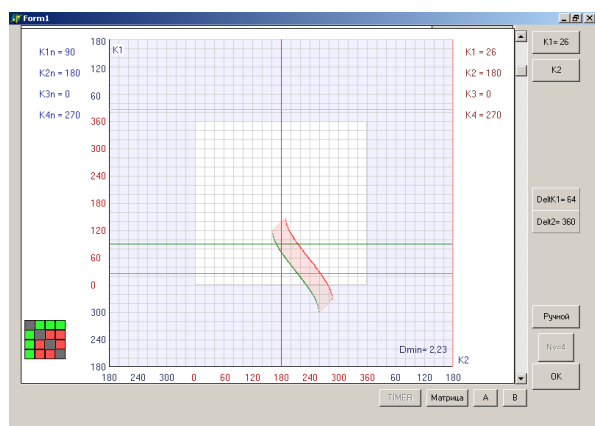


Рис. 3. Выбор безопасного курса K1 первого судна

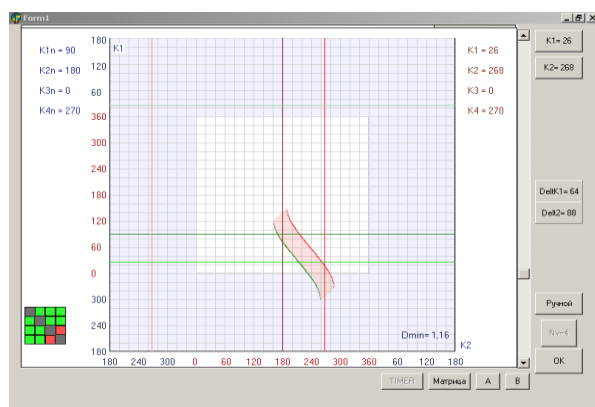


Рис. 4. Выбор безопасного курса K2 второго судна

и  $\omega_{24}$ , что видно из индикатора опасности, соответствующие сектора которого окрашены в зеленый цвет. Таким образом, пять ситуационных возмущений компенсированы изменением курса первого судна на  $64^\circ$  влево и курса второго судна вправо на  $88^\circ$ .

Однако осталось некомпенсированным ситуационное возмущение  $\omega_{34}$ , для чего необходимо изменить курс третьего или четвертого судна. В любом случае, необходим вывод области опасных курсов третьего и четвертого судов, которая показана на рис. 5.

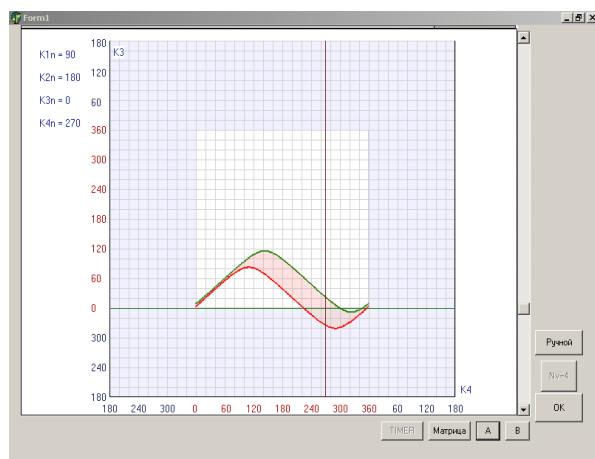


Рис. 5. Область опасных курсов третьего и четвертого судов

Обращаем внимание на то обстоятельство, что точка пересечения начальных курсов судов принадлежит области опасных курсов. Для вывода точки пересечения курсов с области опасных курсов с минимальным изменением курса следует произвести отворот третьего судна вправо до границы области.

Как следует из рис. 6, это происходит при повороте третьего судна на курс  $24^\circ$ , индикатор опасности показывает, что в этом случае матрица ситуационного возмущения обращается в нулевую матрицу, а дистанция кратчайшего сближения третьего и четвертого судов составит 1,03 мили.

**Результаты и их обсуждение.** Для проверки корректности описанного метода выбора параметров маневра расхождения четырех судов производилось имитационное моделирование (проигрывание) процесса их расхождения с помощью составного модуля компьютерной программы.

Ситуация проигрывания маневра расхождения судов на 3с времени показана на рис. 7, из которого видно, что первое, второе и третье суда изменили начальные курсы, а четвертое судно следует начальным курсом.

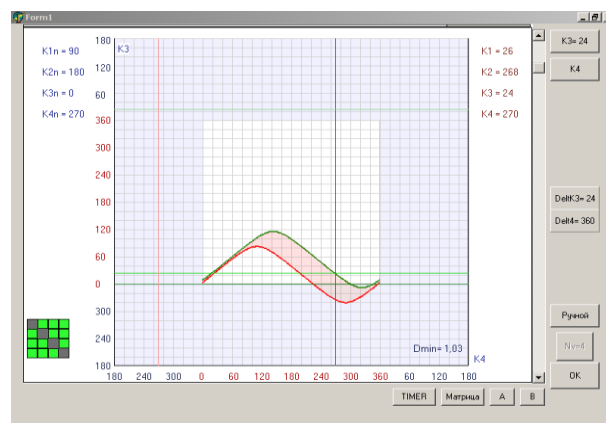


Рис. 6. Выбор безопасного курса третьего судна

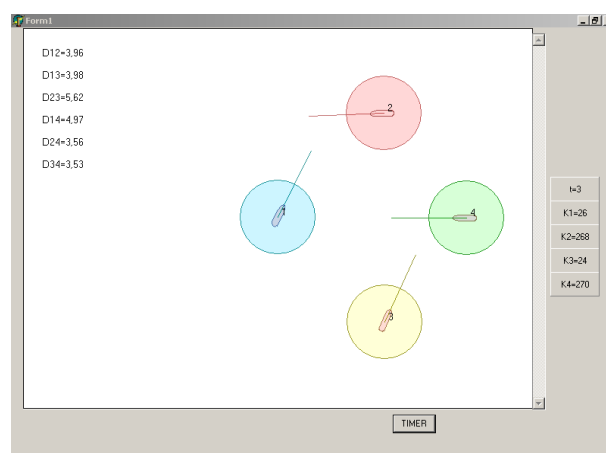


Рис. 7. Ситуация процесса расхождения на 3с времени

Следует отметить, что выбранный вариант курсов расхождения судов является одним из возможных, и представлен здесь лишь для иллюстрации предлагаемого графического метода определения оптимального маневра расхождения группы судов с помощью компьютерного моделирования.

Первыми на кратчайшую дистанцию сближаются третье и четвертое суда (рисунок 5.30). Момент времени кратчайшего сближения этой пары судов равен 322с,



причем сама дистанция кратчайшего сближения составляет 1,04 мили, что соответствует минимальной дистанции между судами при выборе безопасного курса третьего судна.

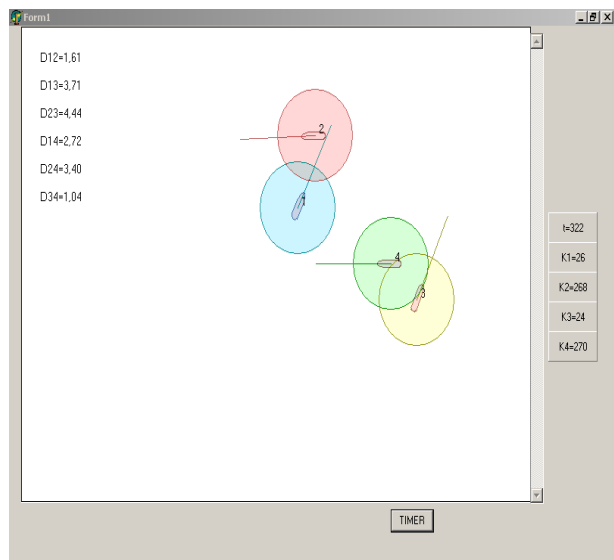


Рис. 8. Ситуация кратчайшего сближения третьего и четвертого судов

В момент времени, равный 463 с, дистанции кратчайшего сближения 1,18 мили достигают первое и второе суда, как показано на рис. 9, а дистанция кратчайшего сближения между первым и четвертым судами значением 2,14 мили достигается на 534 с времени (рис. 10).

#### Выводы

1. Рассмотрен метод выбора маневра расхождения группы четырех опасно сближающихся судов, который реализован с помощью компьютерной программы.
2. Приведены результаты имитационного моделирования процесса расхождения четырех судов, которые опасно сближаются.
3. Показано, что проверка имитационным моделированием подтвердила корректность предложенного мето-

да.

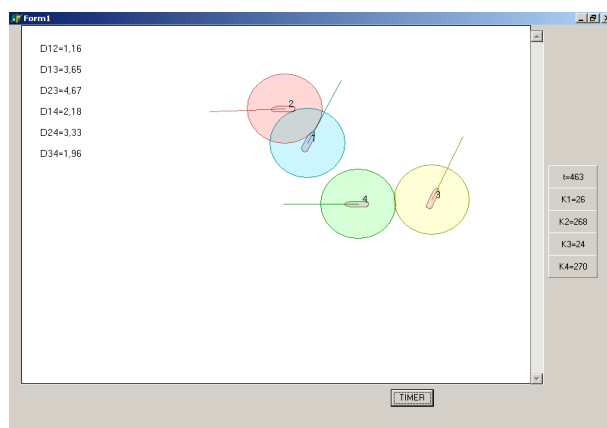


Рис. 9. Ситуация кратчайшего сближения первого и второго судов

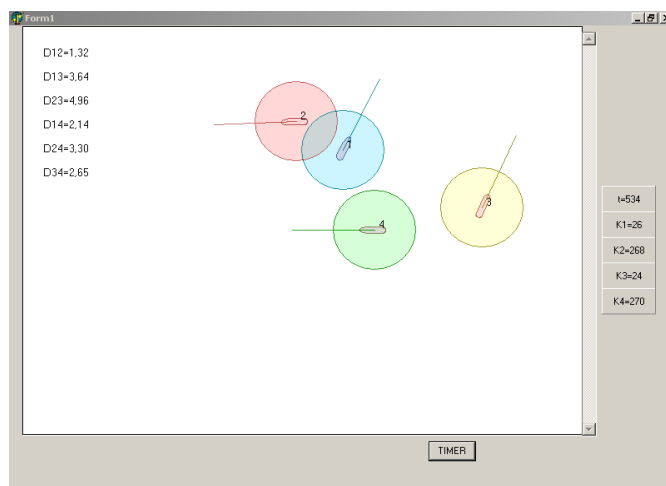


Рис. 10. Ситуация кратчайшего сближения первого и четвертого судов

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшов В. Е. Синтез алгоритмов безопасного управления судном при расхождении с несколькими объектами / В. Е. Кудряшов // Судостроение. – 1978. - №5. – С. 35-40.
2. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. - Vol. 2. - London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
3. Павлов В.В. Некоторые вопросы алгоритмизации выбора маневра в ситуациях расхождения судов/ В.В. Павлов, Н.И. Сеньшин // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. - № 68. - С. 43-45.
4. Куликов А. М. Оптимальное управление расхождением судов / А. М. Куликов, В. В. Поддубный // Судостроение. – 1984. - № 12. - С. 22-24.
5. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
6. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Э.Н. Пятаков, Р.Ю. Бужбецкий, И.А. Бурмака, А.Ю. Булгаков – Херсон: Гринь Д.С., 2015. -312 с.
7. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: "Издательство Информ", 2008. – С. 166 – 171.
8. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
9. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака., Э.Н Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

#### REFERENCES

1. Kudryashov V.E. Synthesis of algorithms of safe management by a ship at divergence with a few objects/Kudryashov V.E. //Sudostroenie. - 1978.- №5.- p. 35 - 40.
2. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. - Vol. 2. - London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
3. Pavlov V.V. Some questions of choice of maneuver in the situations of divergence of vessels/ Pavlov V.V., Senshin N.I. // Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika. - 1985.- №68. - p. 43 - 45.
4. Kulikov A.M. Optimum management by divergence of vessels / Kulikov A.M., and Poddubnyy V.V.// Sudostroenie. -1984.- №12.- p. 22 - 24.
5. Vagushchenko L.L. Divergence with vessels by displacement on

- the parallel line of way / Vagushchenko L.L.- Odessa: Feniks.- 2013.- 180 p.
6. Pyatakov E.N. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E.N., Buzhbeckij R.Y., Burmaka I.A., Bulgakov A. Y. - Kherson: Grin D. S.- 2015.- 312 p.
  7. Pyatakov E. N. Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels / Pyatakov E. N., Zaichko S.I.// Sudovozhdenie. - 2008.- №15. - p. 166 – 171.
  8. Tsymbal N.N. Flexible strategies of divergence of vessels/ Tsimbal N.N., Burmaka I.A. and Tyupikov E.E. - Odessa: KP OGT. - 2007.- 424 p.
  9. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbrücken (Germany), – 2016. - 585 p.

#### **Imitation design of process of divergence of four vessels**

**A. Yu. Bulgakov, E. E. Tyupikov**

It is shown that for verification of correctness of method of choice of parameters of maneuver of divergence of group of vessels the computer program which for the set dangerous situation determines the maneuver of divergence of vessels by the change of their courses and produces his imitation design was developed. As an example the situation of dangerous rapprochement of four vessels is considered, for which by the regions of impermissible values of courses of vessels got parameter of optimum divergence and the results of imitation design are represented, confirmative correctness of the chosen maneuver of divergence.

**Keywords:** *safety of navigator, process of divergence of vessels, region of impermissible values of courses, imitation design.*

## Метод реалізації прогнозової моделі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на мережах водопостачання мегаполісу

О. І. Чуб<sup>1</sup>, М.В. Новожилова<sup>2\*</sup>, Р. С. Мележик<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків

<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна <sup>3</sup>Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

\*Corresponding author. E-mail: m.novozhilova04@gmail.com

Paper received 27.01.20; Revised 09.02.20; Accepted for publication 14.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-15>

**Анотація.** Статтю присвячено побудові методу реалізації імітаційної моделі прогнозування параметрів (моменту виникнення, місця виникнення, рівню тяжкості) надзвичайних ситуацій техногенного характеру на мережах водопостачання мегаполісу. Метод, що пропонується, використовує ідею кластеризації множини ланок мережі за часом прокладання. На цій основі вихідна двовимірною імітаційною моделлю визначення міста локації можливої надзвичайної ситуації зводиться до множини незалежних одновимірних у загальному випадку нестационарних розподілів моментів виникнення надзвичайної ситуації.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація техногенного характеру, імітаційна модель, розподіл Пуассона, мегаполіс, мережі водопостачання.

**Вступ.** Розвиток продуктивних сил і виробничих відносин визначає мегаполіс як форму майбутнього співіснування людства. За прогнозами чисельність міського населення на 2050 р. становитиме 70% загального населення планети. При цьому збільшується антропогенне навантаження, що призводить до зростання кількості і тяжкості надзвичайних ситуацій техногенного характеру (ТНС) на системах життєзабезпечення великого міста, у тому числі на мережах водопостачання та водовідведення. Такі події призводять до великих матеріальних збитків та мають критичний соціальний резонанс.

Функціонування потенційно небезпечних промислових об'єктів саме у мегаполісі пов'язано із додатковими підвищеними ризиками, які генеруються значною щільністю міського населення, критичною наближеністю об'єктів із масовим перебуванням людей до потенційно небезпечних об'єктів, високим рівнем старіння основних фондів цих об'єктів, складністю, динамічністю, загалом невизначеністю відносин системоутворюючих компонент міської території, збільшенням кількості промислових комплексів та небезпечних матеріалів у міських районах, що знаходяться під загрозою природної небезпеки.

Виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на елементах інженерної інфраструктури мегаполісу може призвести до так званого «ефекту доміно», коли одна надзвичайна ситуація стає причиною іншої і так далі.

Таким чином, прогнозування динаміки ТНС є важливою складовою управління техногенною безпекою мегаполіса в цілому та основою визначення характеристик ресурсного забезпечення функціонування міського господарства в штатному режимі.

**Аналіз попередніх досліджень.** На сьогодні у фахових наукових публікаціях розглянуто низку підходів до прогнозування ТНС, зокрема інструментальні засоби геостатистики [1] для формалізації просторово розподілених даних, дерева подій та методи теорії катастроф [2] для урахування урбаністичних ризиків, елементи теорії ідентифікації та теорії статистичних рішень [3] для оцінки стану потенційно небезпечних об'єктів в умовах невизначеності тощо.

У дослідженні [4] розглядається побудова територіальної системи техногенної безпеки (ТСТБ) із застосуванням теорії та методів проактивного управління, що розвиваються авторами. Робота [5] містить аналіз наявних методів економічної оцінки збитків від надзвичайних ситуацій техногенного характеру, що застосовуються у світі й Україні. Досліджено теоретичні засади оцінки збитків, завданих техногенними катастрофами. В останні роки з'явилась ціла низка публікацій в провідних європейських наукових виданнях, присвячених побудові математичних моделей різного рівню складності щодо прогнозування перебігу надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. Статтю [6] присвячено упорядкуванню термінологічної бази предметної галузі і узагальненню відомих на цей час методів прогнозування ТНС техногенного та природного характеру.

Дана робота є продовженням дослідження [7] щодо створення імітаційної моделі прогнозування параметрів можливої ТНС на передавальних пристроях (мережах) водопостачання та водовідведення мегаполісу.

За [8] вихідна інформація є відмінною за змістом, формою та вимірністю, тому найбільш прийнятним її поданням у імітаційній моделі, що розглядається, є кортеж  $I$  вигляду

$$I = \langle v, \{\lambda(t), \beta(x,y)\}, \tau, \mathfrak{Z}, \mathfrak{R} \rangle, \quad (1)$$

де  $v=(x,y)$  – вектор параметрів локації можливої ТНС у межах міської забудови;  $\lambda(t)$ ,  $\beta(x,y)$ , – параметри законів розподілу моментів та локації виникнення ТНС відповідно;  $\tau$  – моменти виникнення ТНС;  $\mathfrak{Z}$  – тип можливої ТНС;  $\mathfrak{R}$  – рівень тяжкості ТНС, що теж є випадковою величиною.

**Мета роботи.** Побудова методу реалізації імітаційної моделі прогнозування параметрів (моменту виникнення, місця виникнення, рівню тяжкості) надзвичайних ситуацій техногенного характеру на мережах водопостачання мегаполісу.

**Результати та їх обговорення.** Аналіз імітаційної моделі (1) показує, що її розгляд необхідно розвивати у чотиривимірному просторі:  $(x, y, \tau, \mathfrak{R})$ .

Проведемо декомпозицію задачі за ендогенними змінними ( $x, y, \tau, \mathfrak{R}$ ) та розглянемо етапи методики реалізації імітаційної моделі (1).

1. Моделювання моментів настання ТНС.

У теорії надійності показано [9], що періоду нормальної експлуатації складних систем відповідає стаціонарний пуассонівський потік числа  $k$  випадкових відмов протягом періоду  $t$  вигляду

$$P_k(t) = \frac{(\lambda^{вип} t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (2)$$

де  $P_k(t)$  – ймовірність настання  $k$  випадкових відмов протягом періоду  $t$ ,  $\lambda^{вип}$  – параметр розподілу Пуассона.

У сучасній практиці господарювання параметри значної частини передавальних пристроїв інженерної інфраструктури як складної технічної системи відпо-

відають періоду старіння. На даному етапі життєвого циклу (рис.1) особливе значення набувають систематичні відмови, обумовлені закономірними і неминучими явищами, що викликають поступове накопичення ушкоджень, втому, зношення обладнання.

Періоду старіння складних систем відповідає не-стаціонарний пуассонівський потік числа  $k$  випадкових відмов протягом періоду  $t$  вигляду:

$$P_{\theta}(t, t_n) = \frac{\eta(t, t_n)^{\theta}}{k!} e^{-\eta(t, t_n)}, \quad (3)$$

де  $t_n$  – початок інтервалу спостережень,  $t_A$  – початок періоду старіння,  $\theta$  – кількість відмов в інтервалі  $[t_A, t]$ ,  $\eta(t, t_n)$  – параметр нестаціонарного розподілу Пуассона, що є функцією  $\lambda^{сист}(t)$  (рис.1).

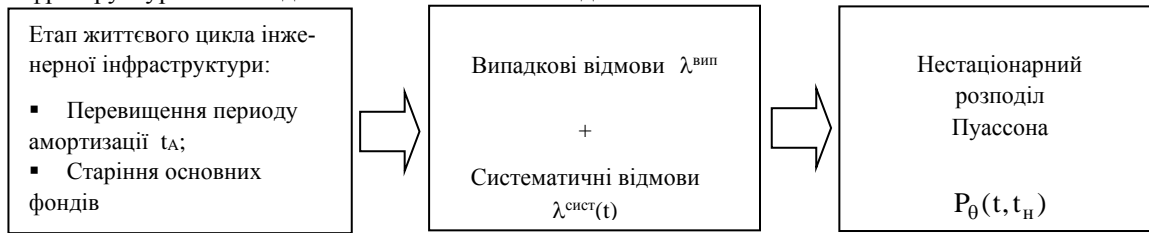


Рис. 1. Етап старіння інженерної інфраструктури

Зауваження 1. В практичних застосуваннях функцію інтенсивності систематичних відмов  $\lambda^{сист}(t)$  на ін-

$$\lambda^{сист}(t) = \lambda_{c-1}^{сист}, \text{ якщо } t_{c-1} \leq t < t_c, c=1,2,\dots,C, t_c \in [t_A, t]. \quad (4)$$

2. Моделювання параметрів вектору  $v=(x, y)$  виникнення можливої ТНС у межах міської забудови.

Дана задача потребує використання методів аналізу двовимірного статистичного ряду, що взагалі є нетривіальною задачею. В роботі [7] запропоновано 2 підходи до розв’язання цієї задачі.

**Проекційний підхід** (рис. 2). Передбачає незалежне визначення випадкових параметрів розміщення аварійних ланок інженерної інфраструктури як послідовності двох одновимірних рівномірних розподілів та визначення часового розподілу моментів  $\tau_n$  виник-

тервалі  $[t_A, t]$  доцільно замінити певним наближенням, наприклад кусково-постійною функцією вигляду

нення аварій як нестаціонарного розподілу Пуассона

**Інтегральний підхід.** Містить побудову точок-генераторів, потужність яких (характеристика складності аварії) визначається на основі реалізації підходу порівнювальної статистики з так званим накопичувальним ефектом у межах певного часу.

Визначення точок-генераторів проводиться із застосуванням кластерного аналізу із визначенням розміру кластеру як 2%-5% від максимального лінійного розміру контролюваного району.

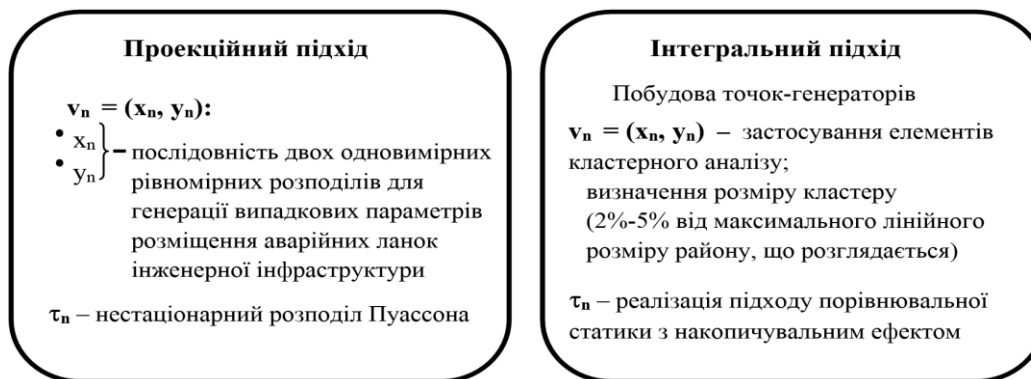


Рис. 2. Порівняння проекційного та інтегрального підходів

В даній роботі розглянемо інший перспективний метод визначення локації виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій визначених типів в умовах мегаполісу, а саме

**Релаксаційний підхід**, що базується на зведенні двовимірної імітаційної моделі визначення міста локації можливої ТНС до множини незалежних однови-

мірних нестаціонарних (зокрема стаціонарних) розподілів для генерації часу виникнення ТНС.

Узагальнено метод складається з двох етапів.

На першому етапі розглядається мережа водогонів мегаполіса, що представляє собою множину ланок  $G=\{g_1, g_2, \dots, g_l\}$ . На множині  $G$  формуються кластери множини ділянок мереж водопостачання за терміном

введення в експлуатацію. Крок  $h$  розбиття покладається 5 років.

В результаті одержуємо множину  $K=\{K_1, \dots, K_M\}$  кластерів ділянок мережі, кожен з яких –  $K_m$  – в загальному випадку геометрично є незв'язною множиною. Елементи  $k_m^n$  певного кластеру  $K_m = \{k_m^1, \dots, k_m^n, \dots, k_m^{N_m}\}$  у подальшому вважаються джерелами (генераторами) ТНС однакової тяжкості.

Більш того, для елементів деякого кластеру  $K_m$  фіксується параметр розподілу Пуассона  $\eta(t, t_n)$ , тобто потік моментів настання ТНС на ланках мережі певного кластеру приймається стаціонарним, що узгоджується зі змістом Зауваження 1. На рис. 3 наведений приклад кластеризації мережі водопостачання району м. Харкова, Україна, де елементи кластерів мережі водопостачання виділені різними кольорами. Вибір напрямку координатних осей на рис. 3 узгоджений із географічним центром м. Харкова.

Другий етап методу реалізації імітаційної моделі на базі релаксаційного підходу містить кроки створення так званого імітаційного симулятора, що генерує певну кількість випробувань – тобто реалізацій ТНС.

Зауваження 2. Вважаємо, що результат випробування є складною подією: можуть виникнути ТНС на різних кластерах мережі одночасно (наприклад, протягом тижня – одиницю виміру часу обирає особа, що приймає рішення).

$$Q = \left\{ \prod_{m=1}^M A_m, \bar{A}_1 \prod_{m=2}^M A_m, \dots, \bar{A}_M \prod_{m=1}^{M-1} A_m, \bar{A}_1 \bar{A}_2 \prod_{m=3}^M A_m, \dots, A_M \prod_{m=1}^{M-1} \bar{A}_m, \prod_{m=1}^M \bar{A}_m \right\}, \text{card } Q = \Theta. \quad (5)$$

Для кожного елементу множини (5) визначимо ймовірність  $p_\theta$  реалізації відповідної складної події  $q_\theta$ ,  $q_\theta \in Q$ ,  $\theta=1, 2, \dots, \Theta$ . Під час практичної реалізації ймовірності  $p_\theta$  реалізації несумісних подій  $q_\theta$  (5) відкладаються на одиничному відрізку. Генерується рівномірно розподілене на  $[0, 1]$  випадкове число  $\xi$  і перевіряється умова

$$\sum_{\theta=1}^{\mu-1} p_\theta \leq \xi \leq \sum_{\theta=1}^{\mu} p_\theta. \quad (6)$$

За виконання умови (6) вважають, що в процесі випробування настала складна подія  $\mu$  з множини (5). За умови нормування за часом обсягу ресурсів, необхідних для реалізації процесу ліквідації ТНС визначається загальний обсяг ресурсів в даному випробуванні.

Після виконання заданої кількості випробувань визначаються середні (сумарні) характеристики експерименту, що є підґрунтям для прогнозування оцінки го-



Рис. 3. Кластеризація множини ланок мережі водопостачання

Таке припущення щодо урахування кількох джерел настання подій що в цілому порушує вимогу ординарності процесу, тому для подальшого моделювання застосовується наступний підхід.

Позначимо через  $A_m$  – подію настання ТНС на кластері  $K_m$  у одиницю часу, відповідно  $\bar{A}_m$  – подію ненастання ТНС на кластері  $K_m$ . На цій основі визначимо повну множину  $Q$  несумісних подій вигляду

товності територіальної системи техногенної безпеки до обслуговування прогнозованої множини ТНС на заданому горизонті планування.

**Висновки.** Проведено побудову методу реалізації імітаційної моделі прогнозування параметрів надзвичайних ситуацій техногенного характеру на мережах водопостачання мегаполісу. Концепція моделювання враховує наявність систематичних відмов міської інженерної інфраструктури, що призводить до нестаціонарності процесу, що розглядається. Реалізовано ідею кластеризації множини ланок мережі за часом прокладання, що дозволяє виключити з розгляду визначення міста локації можливої надзвичайної ситуації в межах міської забудови. У подальшому передбачається реалізація даної моделі як складової територіального інформаційного простору попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного характеру в мегаполісі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Демьянов В. В., Савельева Е. А. Геостатистика. Теория и практика // М.:Наука, 2010. – 327 с.
2. Пепеляев В.А., Кнюпов П.С., Атоев К.Л. Информационно-аналитична система для аналізу комплексних ризиків природно-техногенних та соціально-економічних загроз в галузі житлово-комунального господарства України // Наука та інновації. – 2010. – Т. 6. – № 3. – С. 39 - 46.
3. Поспелов Б.Б., Андронов В.А., Рыбка Е.А. Алгоритмы и устройства оптимального прогнозирования и обнаружения чрезвычайных ситуаций в случае неизвестных функций потерь // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2017. – Вип. 25. – С. 85-93.
4. Попов В.М., Чуб И.А., Новожилова М.В. Модель адаптивной системы техногенной безопасности региона // Системы управления, навигации та зв'язку. – 2013. – вип. 2. – С. 120-123.
5. Комарницький І.М., Бублик М.І. Оцінка техногенних збитків та аналіз підходів до їхнього розрахунку у глобаль-

- ному та регіональному аспектах // Електронний ресурс. – Режим доступу: vlp.com.ua/files/21\_31.pdf (дата звернення: 07.10.2019).
6. Altay N., Green W. G. OR/MS research in disaster operations management // European Journal of Operational Research. – 2006. – № 175. – P. 475–493.
7. Чуб О.І., Новожилова М.В. Мележик Р.С. Модель функціонування логістичної інфраструктури мегаполіса в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру // Радіоелектроніка і інформатика, 2019, № 1, с.64-70.
8. Чуб І.А., Мележик Р.С., Новожилова М.В. Імітаційне моделювання міської інженерної інфраструктури як джерела техногенної надзвичайної ситуації // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2018. – № 27. – с.169-174.
9. Калявин В.П. Надежность и диагностика – СПб: «Элмор». – 1998. – 230с.

#### REFERENCES

1. Demyanov V.V., Savelyeva E.A. Geostatistics. Theory and practice // M.: Nauka, 2010, 327 p.
2. Pepeljaev V.A., Knopov P.S., Atoyev K.L. Information-analytical system for complex environmental-technogenic and social-economic risks analyses in the field of housing and communal services of Ukraine // Science and Innovation, 2010, Vol. 6, № 3, p. 39 - 46.
3. Pospelov B.B., Andronov V.A., Rybka E.A. Algorithms and devices for optimal forecasting and detection of emergencies in the case of unknown loss functions // Problems of Emergencies, 2017, Vol. 25, p. 85-93.
4. Popov V.M., Chub I.A., Novozhylova M.V. The model of the adaptive system of technological security in the region // Control, Navigation and Communication Systems, 2013, Vol. 2, p. 120-123.
5. Komarnitsky I.M., Bublik M.I. Technogenic losses assessment and analysis of approaches to their calculation in global and regional aspects // Electronic resource. - Access mode: vlp.com.ua/files/21\_31.pdf (accessed: 07/10/2019).
6. Altay N., Green W. G. OR/MS research in disaster operations management // European Journal of Operational Research. – 2006. – № 175. – P. 475–493.
7. Chub O.I., Novozhylova M.V., Melezhek R.S. Model of metropolis logistics infrastructure in a manmade emergency situation // Radio Electronics and Informatics, 2018, N 4, p. 26-31.
8. Chub I.A., Novozhylova M.V., Melezhek R.S. Simulation modeling of urban engineering infrastructure as a source of anthropogenic emergency // Problems of Emergencies, 2018, № 27, p. 169-174.
9. Kalyavin V.P. Reliability and diagnostics // St. Petersburg: Elmore, 1998, 230 p.

#### Method realizing predictive model of technogenic emergency occurrences on water supply networks in metropolis

O. I. Chub, M. V. Novozhylova, R. S. Melezhek

**Abstract.** The paper is devoted to the constructing a method of realization of simulation model predicting parameters of man-made emergencies on metropolitan water supply networks (moments of occurrence, place of occurrence, severity level). The method implements the idea of clustering whole set of network links by the time of laying. On this basis, the original two-dimensional simulation model for determining the location of a possible emergency situation is reduced to a set of independent one-dimensional, in the general case, non-stationary distributions of the moments of an emergency.

**Keywords:** man-made emergency, simulation model, Poisson distribution, metropolis, water supply networks.

## Выбор оптимального маневра расхождения с помощью областей недопустимых значений параметров

М. А. Кулаков, М. В. Корх

Национальный университет «Одесская морская академия», Одесса, Украина  
Corresponding author. E-mail: burmaka1964@gmail.com

Paper received 24.01.20; Revised 06.02.20; Accepted for publication 11.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-16>

**Аннотация.** Рассмотрены аналитические выражения для расчета границ областей недопустимых значений параметров разных типов. Приведены графические отображения областей рассмотренных типов, полученные с помощью разработанных компьютерных программ. Получены общие особенности всех типов областей, позволяющие одинаковой процедурой производить выбор оптимального маневра расхождения.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, расхождение судов, внешнее управление процессом расхождения, области опасных параметров, безопасное расхождение судов.

**Введение.** Интенсивное судоходство и навигационные опасности затрудняют плавание судов в стесненных водах и ведут к росту рисков возникновения их аварий. Из-за этого стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением оборудуются станциями управления движением судов (СУДС), которые осуществляют контроль процесса судоходства и обеспечивают его безопасность, предупреждая столкновения опасно сближающихся судов. Это требует разработки современных методов безопасного расхождения опасно сближающихся судов их внешним управлением, что обуславливает актуальность исследования внешнего управления судами в ситуации опасного сближения.

**Краткий обзор публикаций по теме.** В работе [1] отмечена необходимость формализации взаимодействия судов в ситуации опасного сближения и показано, что основным способом описания взаимодействия пары опасно сближающихся судов является бинарная координата, которая реализована в МППСС-72, причем в данной работе предложена их формализация. В работах [2, 3] рассмотрены вопросы бинарной координаты и мера их эффективности.

Работы [4-6] посвящены вопросу учета имеющихся в районе предстоящего расхождения навигационных опасностей. Причем в работе [4] получена процедура оценки возможности расхождения судна с опасной целью при наличии навигационной опасности. В работе [5] формализованы разные типы навигационных опасностей (точечная, линейно распределенная и т.п.) и предложены процедуры выбора безопасного маневра расхождения для каждого типа навигационных опасностей. Аналитическая процедура учета навигационных опасностей при достижении возможного поворота судна на курс выхода в сторону программной траектории движения предложена в работе [6]. Анализ предложенных процедур в указанных работах показал, что их реализация в судовых навигационных системах потребует значительных усилий и затрат для аппроксимации границ навигационных опасностей.

Следует отметить, что в работе [7] предлагается навигационные опасности учитывать путем использования электронных карт, на которых отображать процесс расхождения. Такой подход является перспективным и в настоящей статье предлагается обсуждение его использования при плавании судов в стесненных водах.

В ситуациях чрезмерного сближения судов их взаимодействие не координируется правилами МППСС-72, однако, для предупреждения их столкновений в работе [8] подробно рассмотрены экстренные стратегии рас-

хождения, структура которых зависит не только от особенностей ситуации сближения, но и от поведения цели в процессе расхождения.

В работе [9] излагается теоретическое обоснование автономной судовой системы уклонения от столкновения CA (Collision avoidance). Совместно с алгоритмом по уклонению от столкновения рассмотрены дополнительно Правила уклонения от столкновения COLREG. С учетом факторов, влияющих на процесс уклонения от столкновения, рассматриваются требования к автономной навигации. В работе указывается, что исследования по автоматизации управления судном могут быть представлены в классической или компьютерной категориях. Классическая техника основана на математических моделях и алгоритмах. Программы основаны на использовании искусственного интеллекта AI (Artificial Intelligence). Областью AI для систем автономного уклонения от столкновения, рассматриваемых в статье, являются эволюционные алгоритмы, логика фuzzi, экспертные методы, нейросеть NN (Neural networks) и комбинация этих методов — гибридные системы (hybrid system). При теоретическом направлении работа не содержит рекомендаций практическому судоходству.

Задача выбора оптимального маневра расхождения, как отмечается в работах [10-12], является очень сложной, так как процесс управления движением судна является многомерным с нелинейными и нестационарными характеристиками, причем задача носит игровой характер. Работы носят теоретический характер, рассматривая возможность описания процесса расхождения судов в терминах дифференциальных игр.

**Цель.** Целью настоящей статьи является анализ областей недопустимых значений параметров и выявление общей процедуры их графического отображения для выбора оптимального маневра расхождения.

**Материалы и методы.** В работах [6,13,14] приведены процедуры формирования областей недопустимых значений параметров. В них показано, что при свободной акватории маневрирования наиболее предпочтительным является маневр расхождения изменением курса. Поэтому для области  $\Omega_K$  недопустимых значений курсов судов  $K_1$  и  $K_2$  уравнение границы имеет следующий вид:

$$K_2 = \gamma + \arcsin \{ \rho \sin(K_1 - \gamma) \}, \quad (1)$$

где  $\rho = V_1/V_2$ . Так как параметр  $\gamma$  принимает два значения  $\gamma^* = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D}$  и  $\gamma^* = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D}$ , то область  $\Omega_K$  имеет две границы.

Возможности безопасного расхождения сближающихся судов возрастают при использовании еще одного типа расхождения, при котором одно из судов изменяет курс, сохраняя неизменной скорость, а второе судно на постоянном курсе снижает свою скорость. В указанном случае необходимо рассмотреть область опасных курсов одного судна и скоростей другого судна  $\Omega_{KV}$ , при сочетании которых дистанция кратчайшего сближения меньше предельно-допустимой дистанции, т. е. сближение судов является опасным.

Уравнение границы области  $\Omega_{KV}$ , как зависимость скорости второго судна от курса первого судна, определяется двумя выражениями (для верхней и нижней границ):

$$V_2^{(1)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1)})}{\mu^{(1)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})]$$

$$V_2^{(2)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(2)})}{\mu^{(2)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})], \quad (2)$$

где  $\gamma^{(1,2)} = \alpha \mp \arcsin(\frac{d_d}{D})$ ,  $\mu^{(1,2)} = \frac{\sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})}{V_1}$ .

В случае локально-независимого управления процессом расхождения выбор маневра расхождения производится оперирующим судном изменением параметров движения  $K_1$  и  $V_1$  при допущении постоянства параметров движения  $K_2$  и  $V_2$  цели. Выражение для границы области  $\Omega_d$  недопустимых значений параметров движения судна принимает вид:

$$K_1 = \gamma + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - \gamma)}{V_1}.$$

С учетом двух значений параметра  $\gamma$  область  $\Omega_d$  ограничивается двумя кривыми:

$$K_{1*} = \gamma^* + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - \gamma^*)}{V_1} \quad \text{и} \quad K_{1**} = \gamma^{**} + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - \gamma^{**})}{V_1}. \quad (3)$$

**Результаты и их обсуждение.** Принцип определения маневра расхождения судов с помощью областей недопустимых значений параметров требует выполнения специальной процедуры оператором, который выбирает маневр, соответствующий точке на границе области. Поэтому упомянутый принцип может быть реализован только компьютерным продуктом, который отображает на экране монитора графическое изображение соответствующей области и содержит процедуру выбора произвольной точки области.

В связи с этим для каждого типа области недопустимых значений параметров были разработаны компьютерные программы, формирующие графическое отображение области. Для этого в системе координат, осями которой являются параметры области, программой наносится граница области.

Приведем графические отображения ранее рассмотренных областей недопустимых значений параметров.

На рис.1 показана область недопустимых значений курсов судов  $\Omega_K$ , границы которой рассчитаны с помощью выражения (1).

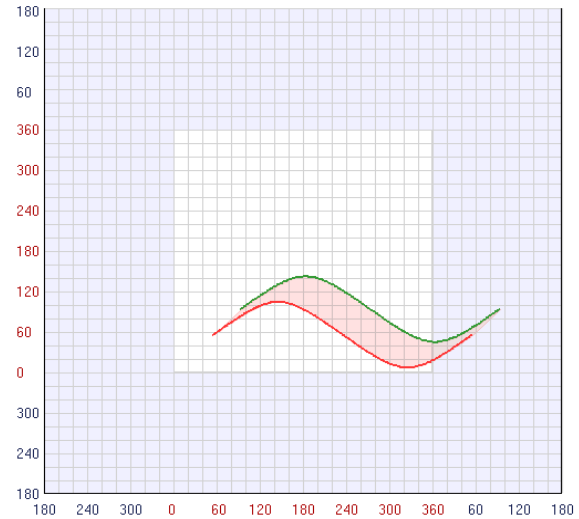


Рис.1. Область опасных значений курсов  $\Omega_K$  судов при  $V_1 < V_2$

Область  $\Omega_{KV}$  опасных параметров движения судов, рассчитанная по формулам (2), представлена на рис. 2.

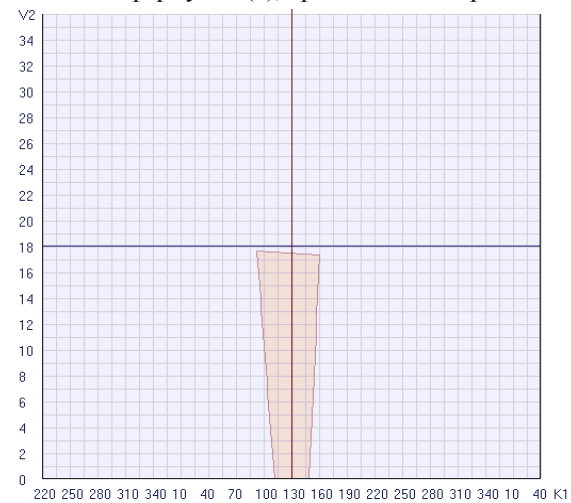


Рис. 2. Область  $\Omega_{KV}$  опасных параметров движения судов

С помощью выражений (3) рассчитана граница области недопустимых параметров движения судна  $\Omega_d$ , которая показана на рис. 3.

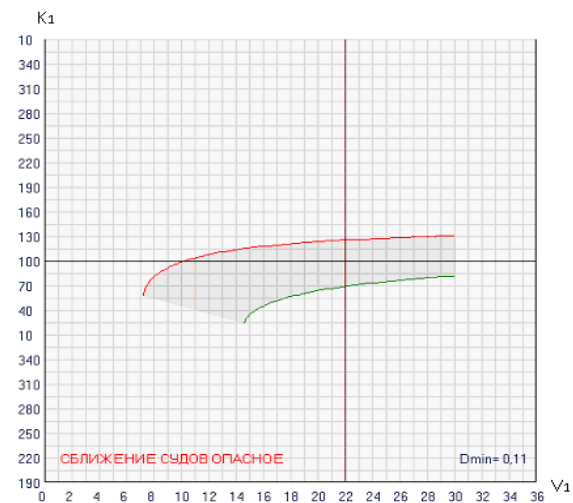


Рис. 3. Область недопустимых параметров движения судна  $\Omega_d$

Для получения графического отображения областей недопустимых значений параметров, как следует из трех приведенных областей, выводится сетка с координатны-



ми осями соответствующих параметров, на которую программой наносится граница соответствующей области.

Общими особенностями всех типов областей являются следующие. Во-первых, если точка с координатами параметров расхождения находится внутри области, то дистанция кратчайшего сближения меньше допустимой дистанции сближения и существует опасность столкновения. Для безопасного расхождения следует выбрать маневр, параметры которого соответствуют точке, находящейся вне области недопустимых значений параметров.

Во-вторых, оптимальным является маневр, который безопасный и требует минимальных отклонений судов от программных параметров. Для этого должны выполняться два условия:

- точка с параметрами маневра расхождения должна находиться на границе области;

- расстояние от точки с параметрами маневра расхождения до точки с начальными параметрами должно быть минимальным.

#### Выводы

1. Рассмотрены аналитические выражения для расчета границ областей недопустимых значений параметров разных типов.

2. Приведены графические отображения областей рассмотренных типов, полученные с помощью разработанных компьютерных программ.

3. Получены общие особенности всех типов областей, позволяющие одинаковой процедурой производить выбор оптимального маневра расхождения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
2. A. Volkov. Appraisal of the Coordinability of the Vessels for Collision Avoidance Maneuvers by Course Alternation / A. Volkov, E.Pyatarov & A. Yakushev// Activites in Navigation.-Adam Weintrit/ - 2015, P. 195 – 200.
3. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: "Изда-Тинформ", 2008. – С. 166 – 171.
4. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №.6. – С. 103 - 107.
5. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
6. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака, Э.Н. Пятаков, А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbrücken (Германия), – 2016. - 585 с.
7. Волков А.Н. Применение судовой безопасной области для учета опасной цели и навигационного препятствия / Волков А.Н.// Водный транспорт. – 2014. №2 (20). – С. 29 – 35.
8. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
9. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. 2008. 61, № 1, p. 129-142.
10. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety. - 2005. – Gdańsk. – P. 71-78.
11. Lisowski J. Game control methods in navigator decision support system/ Lisowski J. // The Archives of Transport. - 2005. - No 3-4, Vol. XVII. – P. 133-147.
12. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. - Vol. 2. - London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
13. Булгаков А.Ю. Использование опасной области курсов двух судов для выбора допустимого маневра расхождения/ А.Ю. Булгаков// Водный транспорт. – 2014. №2 (20). – С. 12 – 17.
14. Пасечнюк С.С. Использование маневра снижения скорости одного из судов при внешнем управлении процессом расхождения/ Пасечнюк С.С.// East European Science Journal, №5 (33), 2018, part 1. - С. 25 - 30.

#### REFERENCES

1. Pyatakov E. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E., Buzhbetskiy R., Burmaka I., Bulgakov A., Kherson: Grin D.S., 2015. - 312 p.
3. Pyatakov E. N. Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels / Pyatakov E. N., Zaichko S.I.// Sudovozhdenie.- 2008.- №15. - P. 166 – 171.
4. Petrichenko E.A. Conclusion of condition of existence of great number of possible manoeuvres of divergence taking into account navigation dangers/ Petrichenko E.A. // Sudovozhdenie.- 2003.- №6. - p. 103 – 107.
5. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels/N. Tsymbal, I.Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007.– 424 p.
6. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbrücken (Germany), – 2016. - 585 p.
7. Volkov A.N. Application of ship safe region for the account of dangerous target and navigation obstacle / Volkov A.N.// Vodnyj transport. – 2014. №2 (20). – P. 29 – 35.
8. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
13. Bulgakov A.Y. Use of dangerous region of courses of two vessels for the choice of possible maneuver of divergence/ Bulgakov A.Y.// Vodnyy transport. - 2014.- №2 (20). - p. 12 – 17.
14. Pasechnjuk S.S. Using of maneuver change of speed one vessel in case external process control of divergence of ships/ Pasechnjuk S.S.// East European Science Journal, №5 (33), 2018, part 1. - С. 25 - 30.

#### Choice of optimum maneuver of divergence by the regions of impermissible values of parameters

M. A. Kulakov, M. V. Korh

Analytical expressions for the calculation of scopes of regions of impermissible values of parameters of different types are considered. The graphic reflections of regions of the considered types are resulted, got by the developed computer programs. The general features of all types of regions are got, allowing by identical procedure to produce the choice of optimum maneuver of divergence.

**Keywords:** safety of navigation, divergence of vessels, external control of process of divergence, region of dangerous parameters, safe divergence of vessels.

## Аналіз ефективності двовального лопатевого змішувача сипких сировинних матеріалів за допомогою САЕ-систем

О. І. Кутняшенко, А. А. Топоров, П. В. Третяков, О. Є. Алексєєва, І. В. Кутняшенко, В. М. Боровльов, О. Д. Костіна

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м.Покровськ, Україна  
\*Corresponding author. E-mail: oleksii.kutniashenko@donntu.edu.ua

Paper received 04.02.20; Revised 16.02.20; Accepted for publication 20.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-17>

**Анотація.** Робота присвячена пошуку шляхів підвищення ефективності двовального лопатевого змішувача. Змішування матеріалу є важливим і невід'ємним етапом практично в кожному промисловому виробництві і Пріоритетним напрямком технічного прогресу в промисловості є вдосконалення технологічних процесів, заміна морально і фізично застарілого обладнання. Для аналізу ефективності існуючих конструкцій лопатевого змішувача представлені результати дослідження потоків часток матеріалу в робочій зоні апарата, які досліджувалися шляхом моделювання процесу в САЕ-комплексі. В статті приведений алгоритм розрахунку потоку часток в програмному комплексі EDEM, розроблено розрахунковий та аналітичний аналіз ефективності перемішування трьох видів змішувачів. Для підвищення ефективності двовального змішувача запропоновано змінити конструкцію лопатей та їх кут встановлення. Дослідження показали, що двовальний змішувач з лопатями під кутом  $45^\circ$  має найбільшу ефективність перемішування, яка становить 91,7 %.

**Ключові слова:** Лопатевий змішувач, конструкція, ефективність, частинка, моделювання, EDEM.

**Поняття процесу змішування.** В сучасних галузях промисловості широко поширене виробництво сумішей сипучих порошкоподібних матеріалів, наприклад, в хімічній, фармацевтичній, будівельній, харчовій, машинобудівній та інших галузях. Процес перемішування (змішування) відноситься до механічних процесів хімічної технології, швидкість яких визначається законами фізики твердих тіл [1].

Метою процесу перемішування є отримання максимально однорідної суміші двох або більше компонентів. Однак отримання сумішей сипучих матеріалів з високою однорідністю розподілу компонентів є технологічно дуже складним завданням. У роботі [2] виділені основні проблеми, що виникають при змішуванні, серед яких виділена проблема сегрегації компонентів при змішуванні, яка призводить до розшарування компонентів і не дозволяє отримати повністю однорідну суміш в принципі. Відомо досить велике число досліджень з виявлення механізмів сегрегації, але її вплив на кінетику змішування вивчено набагато менше.

Однак від однорідності одержуваних сумішей безпосередньо залежать споживчі властивості вироблених з них виробів. Наприклад, нерівномірний розподіл інгредієнтів в лікарських таблетках в кращому випадку веде до зниження лікувального ефекту, а нерівномірний розподіл компонентів будівельної суміші знижує міцність виготовленого з неї виробу.

Змішування умовно складається з трьох елементарних процесів [3]:

- конвективне змішування - це переміщення групи суміжних частинок з одного об'єму місця суміші в інше;
- дифузійне змішування - це поступове переміщення частинок різних компонентів через новоутворені межі їх розділу;
- змішування зсувом - при якому суміжні шари частинок рухаються відносно один одного.

Дифузійне змішування відбувається в значній мірі в барабанних і вібраційних змішувачах. У першому випадку при наявності поверхні розділу частка може пе-

реміщатися в будь-якому напрямку при зіткненні з іншою. У другому випадку маса набуває властивостей псевдорідини, і в шарі створюються умови для вільного переміщення частинок.

Конвективне змішування відбувається в горизонтальних лопатевих і вертикальних шнекових змішувачах [2, 3]. Швидкість змішування залежить від частоти обертання ротора і інтенсивності обміну часток.

Механізм змішування зсувом характерний для протиточних стрічкових змішувачів, що мають зовнішню і внутрішню спірالی і переміщують продукт в протилежних напрямках.

У змішувачах в процесі сумішоутворення одночасно беруть участь всі три механізми змішування в більшій чи меншій мірі. Внаслідок розбіжності фізико-механічних властивостей компонентів змішування сипучих компонентів супроводжується протилежним процесом - сегрегацією готової суміші [2, 3].

Сегрегація – це зосередження частинок, що мають близькі розміри, форму і масу в різних місцях змішувача під дією сил тяжіння (гравітаційних сил).

Закінчення процесу змішування слід встановлювати в той момент, коли явище сегрегації ще не почало помітно проявлятися.

У загальному випадку процес змішування є зміна концентрації будь-якого компонента у часі в робочій камері змішувача (рис. 1).

Для змішувачів періодичної дії в загальному вигляді можна показати наявність трьох основних зон на кривій, що характеризує процес, званої кривою змішування [3].

Якщо розділити за часом змішування на три інтервали, то в першому переважає конвективне змішування, у другому – дифузійне, в третьому – сегрегація. Причому може наступити такий стан, при якому деякий час сегрегація переважатиме, і суміш частково знову розсіплеться. При продовженні процесу знову можуть переважити явища змішування.

Перші два процеси сприяють рівномірному розподілу часток в суміші, останній перешкоджає цьому. Тому доцільно закінчення процесу встановлювати в

той момент, коли явище сегрегації ще не почало помітно проявлятися, тобто необхідно закінчувати процес

в кінці другого інтервалу змішування.

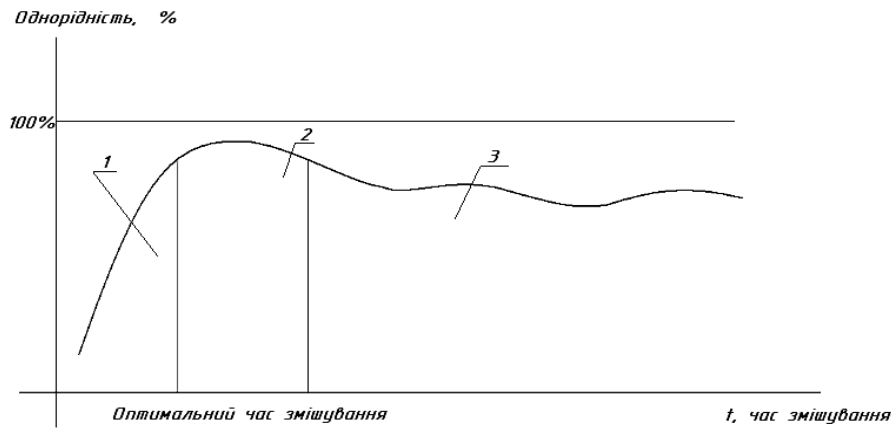


Рисунок 1 – Крива змішування. 1 – конвективне змішування; 2 – дифузійне змішування; 3 – сегрегація

**Основні принципи змішування і типи змішувачів.** Існує багато конструктивних реалізацій змішувачів сипких матеріалів, одним із найбільш розповсюджених є лопатеві. Лопатеві змішувачі відносяться до універсальних змішувальних машин. У них можна змішувати як зволожені матеріали і пасти, так і сухі сипучі матеріали. Виготовляються вони з одним або в більшості випадків з двома валами, на яких змонтовані змішувальні елементи. У лопатевих змішувачах для змішування і осьового переміщення сипучих матеріалів служать лопатки, спіралі, переривчасті витки шнека або гвинтові стрічки, закріплені на одному або двох паралельних валах, пропущених через корпус змішувача [3, 4]. Перетин корпусу цих змішувачів може мати одну з наступних форм: циліндричну, коритоподібну, овальну.

Лопатеві змішувачі є змішувачами безперервної дії з примусовим перемішуванням, відрізняються простою конструкції, великою продуктивністю і легкістю обслуговування. Недоліки лопатевих змішувачів: не забезпечується ретельне змішування компонентів і лопаті змішувача вганяють повітря в змішують масу, що погіршує її пластичність.

Двовальні лопатеві змішувачі (рис. 2) при меншій довжині краще змішують матеріали, ніж одновальні. Вони бувають з однаковим і різним числом оборотів лопатевих валів, прямих і протиточні, для перемішування сухих і зволжених матеріалів, з водяним і паровим зволоженням [3, 4].

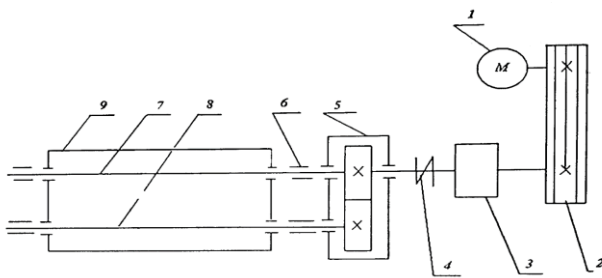


Рисунок 2 – Кінематична схема двовального лопатевого змішувача

1 - електродвигун; 2 - клинопасова передача; 3 - редуктор; 4 - муфта; 5 - зубчаста передача; 6 - підшипник; 7 - лопатевий привідний вал; 8 - лопатевий головний вал; 9 - корпус

Корпус змішувача змонтований в рамі, яка є несучою конструкцією всього змішувача. Рама кріпиться нерухомо на фундаменті при монтажі. На корпусі змішувача передбачені ребра жорсткості, що виключають вібрацію при роботі. Усередині корпусу встановлено лопатевий привідний і головний вали на підшипниках кочення, які в свою чергу встановлені на опорах (швелерах). Вали з закріпленими на них лопатями, є головними робочими органами змішувача і служать для безперервного змішування компонентів [3-5]. Для зручності складання вали виконані знімними і встановлюються в зібраному вигляді.

Лопатевий привідний вал пов'язаний з головним валом циліндричними шестернями, зануреними в масляну ванну. Обертів частини змішувача мають огорожу для забезпечення безпеки робітникам. Вали, обертаючись назустріч один одному в підшипниках, взаємодіють зі змішуваним матеріалом і змішують його. Інтенсивно перемішуючись, суміш просувається уздовж змішувача до розвантажувальної воронки [2, 4]. Для введення рідких компонентів в кришці змішувача передбачені форсунки розпилювальні, які забезпечують своєчасне зволоження матеріалу [2, 3].

У двовальному змішувачі вали можуть обертатися назустріч один одному або в одну сторону. Перемішуючі елементи, що закріплюються на валах, як правило, однотипні (або лопатки, або стрічки чи ін.). Однак є черв'ячно-лопатеві змішувачі, у яких перемішуючі елементи чергуються: наприклад, лопатки чергуються з витками шнека. Напрямок гвинтових ліній, за якими монтують перемішуючі елементи, в двовальних змішувачах може бути однаковим або різним. В останньому випадку один з валів повинен мати значно більшу транспортуючу здатність з тим, щоб забезпечити проходження змішаного матеріалу уздовж змішувача від місця завантаження до місця вивантаження. Змішувач, в залежності від характеристики цього пристрою може акумулювати значну масу матеріалу, що забезпечує більший час його перебування в змішувачі, а це, у свою чергу, призводить до високої якості змішування і ефективного придушення пульсацій подачі компонентів.

**Мета дослідження** – підвищення ефективності та працездатності змішувача є актуальною темою у

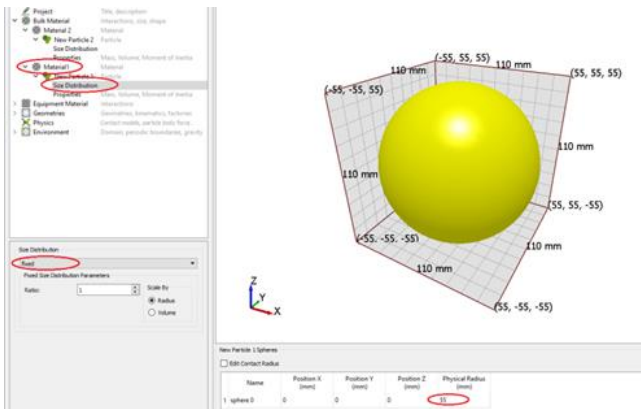
зв'язку зі значними витратами на процес перемішування, ремонт обладнання та витратами часу на проведення процесу перемішування.

**Об'єкт дослідження** – технологічні процеси в двовальному змішувачі, для змішування дисперсних мас.

**Методи дослідження** – математичне моделювання роботи двовального змішувача, на основі моделювання процесу перемішування з використанням сучасних САЕ – систем.

Вихідними даними для розрахунку є продуктивність змішувача  $V = 20$  т/год.

**Моделювання процесу змішування у EDEM.** Для розрахунку процесу змішування задаємо параметри дискретного матеріалу. Для цього у дереві проекту створюємо новий матеріал з характеристиками представленими на рис. 4.17...4.23. Під час розрахунку буде використовуватися два діаметри матеріалу 55 мм та 30 мм. Далі приведено послідовність вводу показників і розрахунок властивостей частинок для діаметра 55 мм (рис. 3).



**Рисунок 3** – Завдання діаметру 55 мм для частинки матеріалу (EDEM)

При розрахунку властивостей частинок матеріалу з діаметром 55 мм в програмі EDEM задаємо наступні параметри: у вікні «Calculate properties based on:» обираємо «Spheres» та «Automatically Center Particle», далі в полі «New Particle 1 Properties» обираємо «Auto Calculation».

Радаємо об'ємні властивості матеріалу. У вікні «Material 1 Properties» для частинок діаметром 55 мм задаємо наступні значення: Poisson's Ratio ( $\nu$ ): 0,2; Solids Density ( $\rho$ ): 1850 kg/m<sup>3</sup>; Shear Modulus (G): 2e+07 Pa; Coefficient of Restitution: 0,2; Coefficient of Static

Friction: 0,5; Coefficient of Rolling Friction: 0,01. Для частинок діаметром 30 мм виконується аналогічна послідовність операцій.

Далі задаємо характеристики матеріалу обладнання, в якому буде відбуватися процес. У вікні «EquipMaterial 1 Properties» задаємо наступні значення: Poisson's Ratio ( $\nu$ ): 0,3; Solids Density ( $\rho$ ): 7800 kg/m<sup>3</sup>; Shear Modulus (G): 7e+08 Pa; Coefficient of Restitution: 0,5; Coefficient of Static Friction: 0,5; Coefficient of Rolling Friction: 0,01.

За допомогою імпорту додаємо геометричну модель двовального змішувача [5-6]. Для цього в дереві моделі необхідно обрати Геометрія (Geometry) натиснути ПКМ та вибрати Імпорт Геометрії (Import Geometry). Після задаємо кінематику (Add Kinematic) та обираємо для кожного валу лінійне обертання (Linear Rotation) з необхідними параметрами - вікні «Specification» задаємо Start Time: 2 s; Initial Velocity: 65 rpm; у полі «Axis of Rotation» на вісі X (End): задаємо 4500 mm; у полі «Point of Action» на вісі Z: задаємо 475 mm.

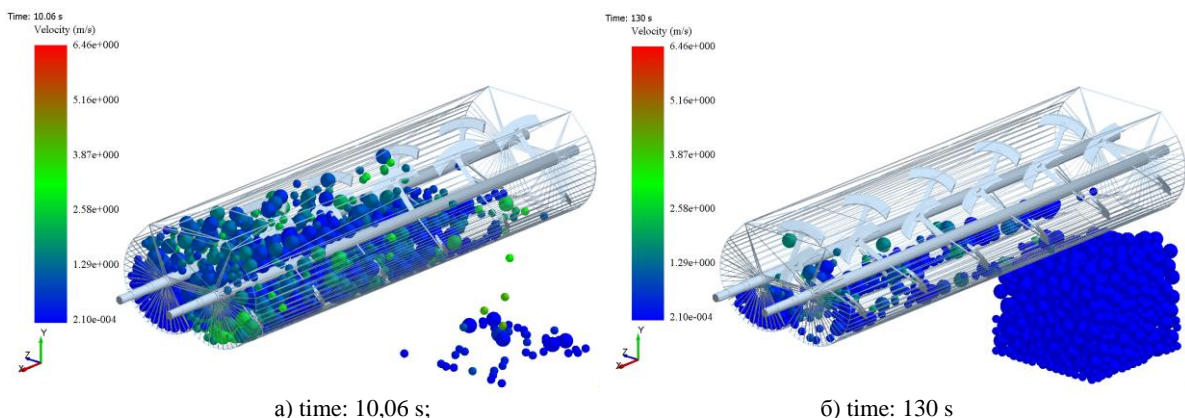
Після вибору усіх параметрів наступним кроком є додавання факторів (Add Factory) для кожного матеріалу, де у вікні «Particle Generation» вказується кількість матеріалу (Total Number: 1000; Target Number (per second): 3000); вибір часу (Start Time: 1e - 12 s); початкова швидкість матеріалу (у полі Parameters/Material Velocity: fixed) та інші параметри.

По закінченні створення моделі симуляції необхідно перейти у розділ Симулятор (Simulator) та задати параметри, які необхідні безпосередньо для розрахунку (у вікні «Simulator Settings» потрібно обрати Time Integration: Euler; Fixed Time Step: 20%; Total Time: 130 s; Target Save interval: 0,01 s; Cell Size: 2,5 R min; Number of CPU Cores: 12). Далі натискаємо Запуск Симуляції (Start Simulating).

По завершенню симуляції нам буде, про це повідомлено у повідомленні Симуляція Завершена (Simulated Complete). Після цього переходимо у розділ Аналізування «Analyst» та будуємо графіки по отриманим даним.

Протягом 130 с було проведено симуляцію, цього вистачило, аби побачити місця, які потребують у подальшому вдосконалення конструкції.

У даній праці проводилося 3 розрахунки: 1) 3 лопаті під кутом 45°; 2) 3 лопаті під кутом 90°; 3) 2 лопаті під кутом 45°. На рисунку 4 представлено рух часток матеріалу у змішувачі з 2 лопатями під кутом 45° як найбільш показовий.



**Рисунок 4** – Рух часток у змішувачі конструкції: 2 лопаті під кутом 45° (EDEM)

На рисунках 5-7 представлені графіки, на яких зображені залежності гранул від швидкості, кількості та інше, при зміні кутів лопатів та їх кількості. Такі результати дають змогу усвідомити, що кут та кількість лопатів у двовальному змішувачі грає велику роль, так як вони виконують одразу дві ролі – перемішування матеріалу та його переміщення уздовж корпусу до ви-

вантажувальної воронки. Також необхідно враховувати швидкість обертання валів та час перемішування, аби уникнути сегрегації і отримати якісну суміш. Представлені результати графіків для змішувача з 2 лопатями під кутом 45° як найбільш показового.

На графіку (рис. 5) показано, що найбільша кількість часток має швидкість 0,00 – 0,2980 м/с.

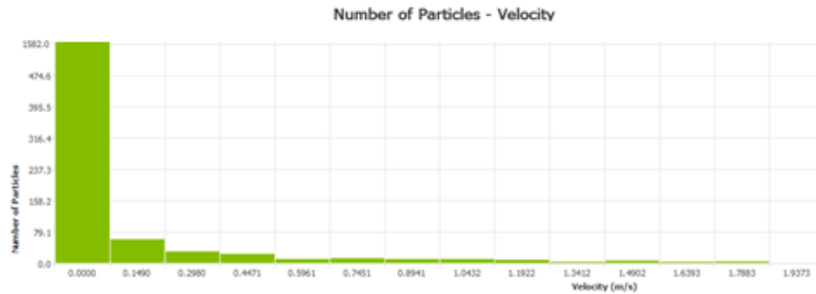


Рисунок 5 – Розподіл часток по швидкості у змішувачі з 2 лопатями під кутом 45° (EDEM)

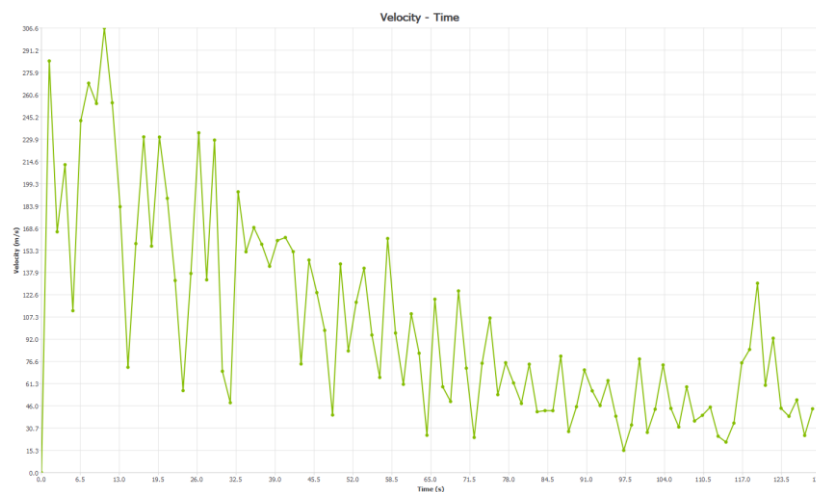


Рисунок 6 – Залежність середньої швидкості від часу у змішувачі з 2 лопатями під кутом 45° (EDEM)

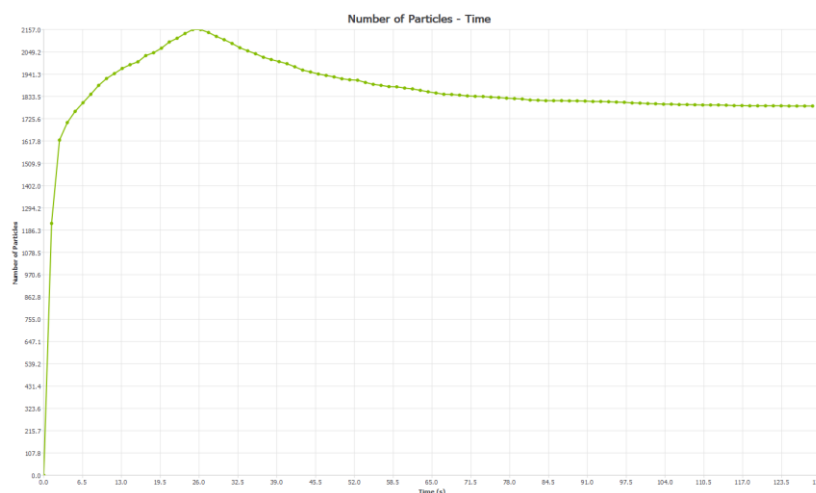


Рисунок 7 – Залежність кількості матеріалу від часу у змішувачі з 2 лопатями під кутом 45° (EDEM)

На графіку (рис. 7) продемонстровано, що кількість частинок з часом йде на спад і з кожною секундою їх

кількість зменшується.

Порівняння змішувачів приведемо в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння конструкцій змішувачів

Найменування змішувача	Час перемішування, с	Однорідність (%)	Ефективність перемішування (%)
Змішувач з 3 лопатями, під кутом 45°	125	78	82,1
Змішувач з 3 лопатями, під кутом 90°	130	62	72,4
Змішувач з 2 лопатями, під кутом 45°	112	89	91,7

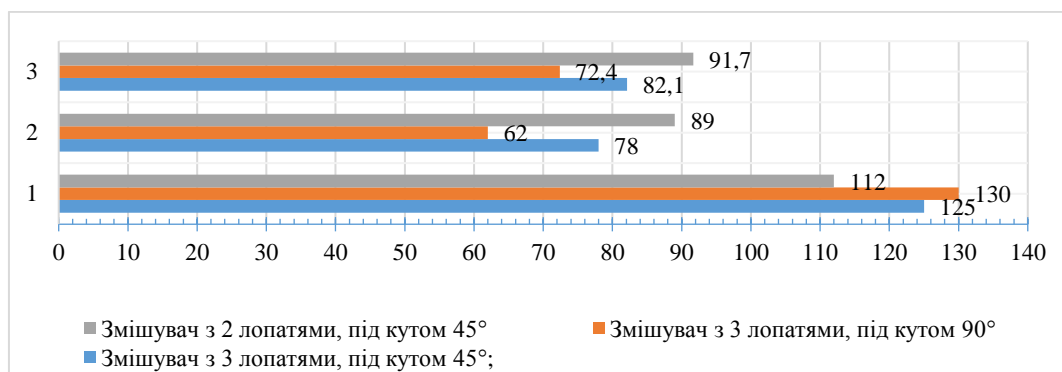
За таблицею 1 побудуємо графік порівняння характеристик змішувачів (рис. 8).

**Висновки.** Виходячи з усього вищезазначеного, раціональним є використання змішувача з 2 лопатями, встановленими під кутом 45°, так як змішування матеріалу відбувається швидко та якісно, але існує застійна зона, її можливо позбутися змінивши конструкцію корпуса змішувача. Вона присутня через те що, лопаті не дістають до корпуса і через це майже не має контакту з матеріалом.

За допомогою САД-системи КОМПАС-3D розроблено фізичну 3D модель двовального змішувача. В

САЕ-комплексі EDEM проведено розрахунок потоків суміші та моделювання процесу перемішування, що відбувається в змішувачі.

Для підвищення ефективності двовального змішувача запропоновано змінити конструкцію лопатей та їх кут встановлення. Розроблено розрахунковий та аналітичний аналіз ефективності перемішування трьох видів змішувачів. Дослідження показали, що змішувач з двома лопатями, під кутом 45° має найбільшу ефективність перемішування, яка становить 91,7 %.



**Рисунок 8** – Порівняння характеристик змішувачів  
1 – час перемішування; 2 – однорідність; 3 – ефективність перемішування

#### ЛІТЕРАТУРА

- Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Процессы измельчения и смешивания сыпучих материалов / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, С.Ю. Арutyunov. – М.: Наука, 1985. – 440 с.
- Bridgwater J. Mixing of particles and powders: Where next? / J. Bridgwater//Particuology. – 2010. – Vol. 8. – p. 563-567.
- Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. / А.Г. Касаткин - М.: Химия, 1971. - 784с.
- Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. – М.: Машиностроение. – 1973. –216 с.
- Богданов В.С. Разработка SCADA-системы для управления планетарным смесителем / Богданов В.С., Семернин А.Н., Анциферов С.И., Колесник В.А.//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - № 1. – 292 с.
- Маликов, Р.Ф. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем / Р.Ф. Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2017. – 273 с.

#### REFERENCES

- Kafarov V.V. System analysis of chemical technology processes. The processes of grinding and mixing bulk materials / V.V. Kafarov, I.N. Dorokhov, S.Yu. Harutyunov. - M.: Nauka, 1985.-- 440 p.
- Bridgwater J. Mixing of particles and powders: Where next? / J. Bridgwater//Particuology. - 2010.-- Vol. 8. - p. 563-567.
- Kasatkin A.G. Basic processes and apparatuses of chemical technology. / A.G. Kasatkin - M.: Chemistry, 1971. - 784s.
- Makarov Yu. I. Devices for mixing bulk materials. - M.: Mechanical Engineering. - 1973. –216 p.
- Bogdanov V.S. Development of a SCADA-system for controlling a planetary mixer / Bogdanov V.S., Semernin A.N., Antsiferov S.I., Kolesnik V.A.//Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. - 2016. - No. 1. - 292 c.
- Malikov, R.F. Workshop on discrete-event modeling of complex systems / R.F. Malikov. - Ufa: Publishing House of BSPU, 2017.-- 273 p.

#### Analysis of the efficiency of a two-shaft paddle mixer for bulk raw materials using CAE systems

**O. Kutniashenko, A. Toporov, P. Tretiakov, O. Aleksieieva, I. Kutniashenko, O. Kostina, V. Borovlev**

**Abstract.** The work is devoted to finding ways to improve the efficiency of a two-shaft paddle mixer. Mixing material is an important and integral step in almost every industrial production and the priority of technological progress in the industry is the improvement of technological processes, replacement of morally and physically outdated equipment. To analyze the efficiency of designs of existing paddle mixer presents the results of the flow of material particles study of in the working area of the apparatus, which were investigated by modeling the process in the CAE-complex. The algorithm of particle flow calculation in the EDEM software complex is presented in the article, the calculation and analytical analysis of mixing efficiency of three types of mixers is developed. To improve the efficiency of the two-shaft mixer it is proposed to change the design of the blades and their angle of installation. Studies have shown that a two-shaft mixer with blades at an angle of 45 ° has the highest mixing efficiency, which is 91.7%.

**Keywords:** Paddle mixer, design, efficiency, particle, simulation, EDEM.

## Планирование загрузки контейнеровоза в случае проведения грузовых операций в нескольких портах

М. Н. Цымбал

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», Одесса,  
Украина Corresponding author. E-mail: burmaka1964@gmail.com

Paper received 24.01.20; Revised 06.02.20; Accepted for publication 11.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-18>

**Аннотация.** Приведены общие требования формирования загрузки контейнеровоза с учетом условий обеспечения мореходной безопасности и сил инерции качки. Рассмотрен пример рейса судна с загрузкой и разгрузкой партий контейнеров. Показана процедура формирования оптимальной загрузки судна, использующая минимальное количество балласта. Выделены специальные операции формирования загрузки контейнеровоза, к которым относятся определение постоянной составляющей загрузки, дополнение размещения, наследование, когда одна загрузка включает в себя вторую, и замещение составляющих загрузки.

**Ключевые слова:** мореходная безопасность, загрузки судна, контейнеровозы.

**Введение.** В случае планирования загрузки контейнеровоза с последующей разгрузкой в нескольких портах при размещении груза необходимо учитывать ротацию портов выгрузки для обеспечения свободного доступа к необходимым партиям груза. Также следует учитывать, что промежуточные состояния загрузки судна на переходах между смежными портами разгрузки должны отвечать требованиям мореходности судна и возникающие силы инерции не превосходить допустимых пределов.

Вопросы обеспечения мореходной безопасности судов являются актуальными и им посвящены многие работы современных исследователей.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Способ обеспечения плавучести аварийного судна типа RO-RO и паромов, предусматривающий использование закрытых емкостей, установленных по бортам и под палубой вдоль и поперек судна рассмотрен в патенте [1], а в работе [2] предлагаются метод расчета диаграммы нагрузок и анализа последовательного разрушения при заданных начальных деформациях и остаточных напряжениях.

Детальное рассмотрение вопросов обеспечения мореходной безопасности судов произведено в работе [3], в части их посадки, остойчивости и общей предельной прочности, а в работе [4] исследована корреляционная зависимость между формой корпуса судна и его диаграммой статической остойчивости. Причем исследована задача синтеза формы корпуса, отвечающая заданной величине метацентрической высоты и приведена аппроксимированная формула расчета метацентрической высоты.

Исследование модели бортовой качки накатных судов с уравновешивающим расположением помещений при затоплении их части приведено в работе [5], а метод учета особенностей загрузки генеральных грузов и выбор ее оптимального варианта предложены в работе [6].

Как указывается в статье [7], методы расчетов запаса надежности судовых конструкций были разработаны на базе статистического материала, представленного многолетним опытом эксплуатации судов в арктических районах, а общим принципом оптимизации грузовых операций навалочных судов посвящена работа [8].

Описание численных методов оценки прочности и вибрации судна приведено в работе [9] и показано, что метод конечных элементов является наиболее эффективным.

Целью статьи является описание способа планирования загрузки контейнеровоза при проведении грузовых операций в нескольких портах.

**Материалы и методы.** Процедуры размещения контейнеров по беям и ярусам грузового помещения с учетом требований по мореходной безопасности судна предложены в статье [10], причем приведены аналитические выражения для формирования допустимого варианта загрузки судна. В работе рассмотрена ситуация, когда прием судном груза производится в первом порту, а его выгрузка предусмотрена частями в нескольких последовательных портах. Указывается на сотовый тип грузового помещения, а ячейка соты является потенциальным контейнерным местом. В связи с этим грузовое помещение формализуется трехмерной матрицей, столбцы которой характеризуют расположение ячеек в грузовом помещении по длине судна, строки - по его ширине, а ярусы - по высоте.

Как ранее отмечалось, структура трюма характеризуется упорядоченными ячейками в трехмерном пространстве, причем размеры ячейки равны размерам контейнера  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  и  $\Delta z$ , а число бейтов равно  $a$ , число ярусов -  $c$  и число контейнеров в ярусе -  $b$ . Формализация структуры представлена трехмерной матрицей, элементами которой являются координаты геометрического центра ячеек  $X_i$ ,  $Y_j$  и  $Z_k$  ( $i=1..a, j=1..b, k=1..c$ ).

Как следует из рис. 1, с учетом размеров контейнера справедливы следующие выражения:

$$x_i = X_0 + \frac{2i-1}{2} \Delta x, \quad y_j = Y_0 + \frac{2j-1}{2} \Delta y, \quad z_k = Z_0 + \frac{2k-1}{2} \Delta z.$$

С учетом того, что  $X_0 = -\frac{a}{2} \Delta x$ ,  $Y_0 = -\frac{b}{2} \Delta y$  и  $Z_0 = 0$ :

$$x_i = \left(\frac{2i-1}{2} - \frac{a}{2}\right) \Delta x, \quad y_j = \left(\frac{2j-1}{2} - \frac{b}{2}\right) \Delta y, \quad z_k = \frac{2k-1}{2} \Delta z.$$

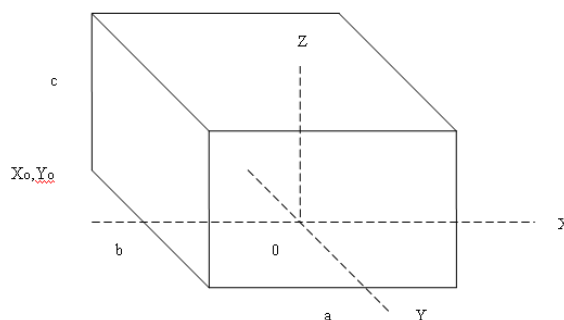


Рис. 1. Система координат грузового помещения

Загружаемые контейнеры с массами  $m_{ijk}$  необходимо распределить по ячейкам, т. е. загрузка подразумевает дополнение каждого элемента матрицы скалярной величиной, равной весу контейнера. В этом случае каждый элемент матрицы характеризуется координатами  $X_i, Y_j, Z_k$  и весом  $gm_{ijk}$ .

Приращения статических моментов  $\Delta M_x, \Delta M_y$  и  $\Delta M_z$ , которые возникают в результате приема груза, зависят от координат  $x_i, y_j, z_k$  и весов  $gm_{ijk}$  следующим образом:

$$\Delta M_x = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} x_i; \Delta M_y = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} y_j; \Delta M_z = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} z_k.$$

С учетом ранее полученных выражений для  $x_i, y_j$  и  $z_k$ :

$$\begin{aligned} \Delta M_x &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} \left( \frac{2i-1}{2} - \frac{a}{2} \right) \Delta x; \\ \Delta M_y &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} \left( \frac{2j-1}{2} - \frac{b}{2} \right) \Delta y; \\ \Delta M_z &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} \left( \frac{2k-1}{2} \right) \Delta z. \end{aligned} \quad (1)$$

Для обеспечения мореходной безопасности приращение статических моментов  $\Delta M_x, \Delta M_y$  и  $\Delta M_z$  должны удовлетворять следующим требованиям:

$$\Delta M_x = \Delta M_d; \Delta M_y = 0; \Delta M_z = \Delta M_h,$$

где  $\Delta M_d$  и  $\Delta M_h$  - моменты, которые обеспечивают требуемые значения дифферента, остойчивости и общей продольной прочности судна.

В уравнениях (1) вакантные массы в матрице загрузки необходимо заместить массами  $m_{ijk}$  контейнеров загружаемого множества таким образом, чтобы разница между правой и левой частями каждого из уравнений была минимальна.

**Результаты и их обсуждение.** Исследуем планирование загрузки контейнеровоза в ситуации, когда прием груза и его выгрузка производятся в нескольких портах. Для примера рассмотрим рейс судна, в котором оно заходит в четыре порта, причем в первом и втором портах судно принимает груз для выгрузки в третьем и четвертом портах, а после выгрузки в третьем порту принимает еще партию груза для четвертого порта, как показано на рис. 1.

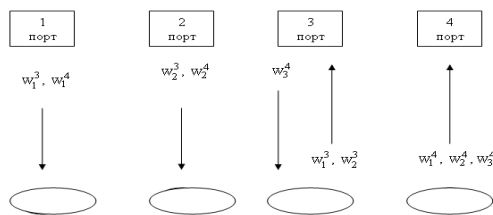


Рис. 1. Схема приема и сдачи груза в течение рейса

В первом порту загрузка судна  $L_1$  характеризуется приемом партии груза для третьего порта  $w_1^3$  и партией груза для четвертого порта  $w_1^4$ , судовыми запасами  $w_{z1}$ , балластом  $w_{b1}$  и их размещением  $q_1$ . Поэтому

формально загрузку судна в первом порту  $L_1$  можно записать следующим образом:

$$L_1 = \{W_1^3, w_1^4, w_{b1}, W_{z1}, q_1\}.$$

После завершения грузовых операций в первом порту загрузка  $L_1$  должна обеспечить допустимое мореходное состояние  $P_{b1} \in Mn_{sf}$ , где  $Mn_{sf}$  - множество безопасных мореходных состояний, и значение сил инерции качки  $F_{jk}$  в допустимых пределах, т. е.  $F_{jk1} < F_{jd}$ . Во втором порту производится прием партии груза  $w_2^3$  для третьего порта и партии груза  $w_2^4$  для четвертого порта. Загрузка судна во втором порту  $L_2$  также характеризуется судовыми запасами  $P_{z2}$ , балластом  $P_{b2}$  и размещением груза, балласта и запасов  $q_2$ . Обозначим через  $\tilde{W}_i$  партию груза, к которой имеется свободный доступ для выгрузки. Учитывая, что в третьем порту предусматривается выгрузка партий груза  $w_1^3$  и  $w_2^3$ , то загрузку судна во втором порту  $L_2$  можно формализовать так:

$$L_2 = \{\tilde{W}_1^3, w_1^4, \tilde{w}_2^3, w_2^4, w_{b2}, W_{z2}, q_2\},$$

обеспечивая свободный доступ к выгружаемым партиям. Размещение груза, балласта и запасов  $q_2$  должно удовлетворить требованиям мореходной безопасности и допустимости сил инерции на качке:

$$P_{b2} \in Mn_{sf}, F_{jk2} < F_{jd}.$$

В третьем порту после выгрузки принимается партия груза  $w_3^4$  для четвертого порта. Поэтому загрузка судна в третьем порту  $L_3$ :

$$L_3 = \{\tilde{W}_1^4, \tilde{w}_2^4, \tilde{w}_3^4, w_{b3}, W_{z3}, q_3\}.$$

Размещение груза, балласта и запасов  $q_3$  формируется таким образом, чтобы были удовлетворены условия:  $P_{b3} \in Mn_{sf}, F_{jk3} < F_{jd}$ .

Таким образом, каждая из загрузок судна  $L_s$  должна отвечать требованию свободного доступа к грузу, который должен выгружаться в следующем порту, а размещение груза, балласта и запасов  $Q_s$  обеспечивать мореходную безопасность  $P_{bs} \in Mn_{sf}$  и допустимость сил инерции на качке  $F_{jks} < F_{jd}$ , на предстоящем переходе. Обращаем внимание, что размещение груза, балласта и запасов  $Q_s$  может иметь постоянную и переменную составляющие. Так в рассматриваемом случае постоянная составляющая для всех трех загрузок определяется партией груза  $\bar{q}$ , а остальные части каждого из тензоров являются переменными составляющими. Поэтому переменные составляющие загрузок  $\hat{q}_s$ :  $\hat{q}_1 = q_1^3$  - от партии груза  $w_1^3$ ;

$$\hat{q}_2 = q_1^3 \cup q_2^3 \cup q_2^4 - \text{от партий груза } w_1^3, w_2^3 \text{ и } w_2^4;$$

$$\hat{q}_3 = q_2^4 \cup q_3^4 - \text{от партий груза } w_2^4 \text{ и } w_3^4.$$

Следовательно, размещение груза, балласта и запасов  $q_s$ :  $q_1 = \bar{q} \cup \hat{q}_1 = \bar{q} \cup q_1^3$ ;  $q_2 = \bar{q} \cup \hat{q}_2 = \bar{q} \cup q_1^3 \cup q_2^3 \cup q_2^4$ ;

$$Q_3 = \bar{q} \cup \hat{q}_3 = \bar{q} \cup q_2^4 \cup q_3^4.$$



Анализируя полученные выражения, делаем вывод о том, что формирование загрузки контейнеровоза следует начинать из определения постоянной составляющей  $\bar{q}$  размещения партии груза  $w_1^4$ , выгрузка которой предусматривается последней в четвертом порту. Следующей производится загрузка партии  $w_1^3$ , размещение которой должно обеспечить свободный доступ к ней для выгрузки в третьем порту, поэтому размещение груза, балласта и запасов  $q_1$  получим, дополняя постоянную составляющую  $\bar{q}$  переменной составляющей  $\tilde{q}_1^3$  со свободным доступом в третьем порту. Поэтому партию контейнеров  $w_1^3$  следует разместить в отдельных грузовых помещениях, либо поверх партии  $w_1^4$ .

При загрузке во втором порту ее размещение  $q_2$  включает в себя размещение  $q_1$  с дополнением составляющих  $\tilde{q}_2^3$  размещения партии  $w_2^3$  со свободным доступом и  $w_2^4$  размещения партии  $w_2^4$ . Следовательно,  $q_2 = q_1 \cup \tilde{q}_2^3 \cup q_2^4$ .

В третьем порту составляющие загрузки  $\tilde{q}_1^3$  и  $\tilde{q}_2^3$  замещаются составляющей  $q_3^4$ , а размещение загрузки  $q_3$  отражает размещение партий груза для выгрузки в четвертом порту, т. е.  $q_3 = q_1^4 \cup q_2^4 \cup q_3^4$ .

Таким образом, для формирования размещения груза, балласта и запасов загрузки судна используются следующие операции: определение постоянной составляющей  $\bar{q}$ , дополнение размещения, наследование, когда одна загрузка включает в себя вторую, и замещение состав-

ляющих загрузки. При формировании размещения  $q_1$  использована операция дополнения постоянной составляющей, размещение  $q_2$  получено наследованием размещения  $q_1$  и дополнением переменных составляющих, а для размещения  $q_3$  использована операция замещения в размещении  $q_2$ .

Способ формирования размещения загрузки связан с балластировкой судна для обеспечения требований мореходной безопасности. При этом размещение загрузки формируется с условием приема минимального количества балласта, и оно должен удовлетворять требованиям мореходной безопасности и допустимости сил инерции на качке, что формально можно выразить следующим образом:

$$L_s = \{ \cup W_s, W_{bs}, W_{zs}, q_s \}$$

$$W_{bs} \rightarrow \min, P_{bs} \in Mn_{sf}, F_{jks} < F_{jd}$$

### Выводы

1. Приведены общие требования формирования загрузки контейнеровоза с учетом условий обеспечения мореходной безопасности и сил инерции качки.
2. Рассмотрен пример рейса судна с загрузкой и разгрузкой партий контейнеров. Показана процедура формирования оптимальной загрузки судна, использующая минимальное количество балласта.
3. Выделены специальные операции формирования загрузки контейнеровоза, к которым относятся определение постоянной составляющей загрузки, дополнение размещения, наследование, когда одна загрузка включает в себя вторую, и замещение составляющих загрузки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. RO-RO ship/ferry with buoyancy tanks to prevent capsizing/ Заявка 2264665 Великобритания МКИ6 В 63 В 43/12 / Shatawy Ahmed Ahmed El. - № 9422061.3; Заявл. 2.11.94; Оpubл. 8.5.96; НКИ В7А.
2. Kulesh Victor A. Computer investigation of construction reliability / Kulesh Victor A. // Proc. 6<sup>th</sup> Int. Offshore and Polar Eng. Conf., Los Angeles, Calif., May 26-31, 1996. Vol. 4. - Golden (Golo), 1996. - p. 395-401.
3. Сизов В.Г. Теория корабля. - Одесса: Феникс, 2003.-282с.
4. Xia Jinzhu. A dynamic model for roll motion of ships due to flooding / Xia Jinzhu, Jensen Jorgen, Pedersen Preben Terndrup // Schiffstechnik. - 1999. - 46, № 4. - P. 208-216.
5. Simonovich Milivoje. The correlation of ship hull form and her static stability diagram./ Simonovich Milivoje, Sizov Victor G, Vorobjov Yuri L. // 21 Jugosloven. kongr. teor. i primenjene meh., Nis. 29 maj - 3 jun. - 1995. - P. 167-173.
6. Чепок А.О. Разработка процедуры отображения укладки генерального груза в трюмах судна / Чепок А.О. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 20. - Одесса: «ИздательИнформ», 2011. - С. 243-246.
7. Wan Zheng. Estimation of ultimate strength of ship's hull girders./ Wan Zheng, He Fu. // Ship Mech. - 2003. - 7, № 3. - P. 58-67.
8. Васьков Ю.Ю. Некоторые вопросы оптимизации грузовых операций навалочных судов / Васьков Ю.Ю. // Судовождение. - № 6. - 2003. - С. 40 - 45.
9. Miller Lutz. Advanced calculation techniques for ship structural design./ Miller Lutz.// Germ. Maritime Ind. J. - 1992. - 8, Spec. Issue. - P. 37 - 40.
10. Власенко Е.А. Допустимая загрузка контейнеровоза / Власенко Е.А. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(22), Issue: 186, 2018.- С. 87 - 96.

### REFERENCES

3. Sizov V.G. Theory of ship. - Odessa: Phenix, 2003. - 282 p.
6. Chepok A.O. Development of procedures of reflection of piling of general load in the holds of ship / Chepok A.O. // Sb. nauchn. trudov./ONMA, Vyp. 26. - Odessa: «IzdatInform», 2011. - P. 243-246.
8. Vaskov Yu.Yu. Some questions of optimization of cargo operations of loading vessels / Vaskov Yu.Yu. // Sudovozhdenie. - № 6. - 2003. - P. 40 - 45.
10. Vlasenko E.A. Possible loading of containership / Vlasenko E.A. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(22), Issue: 186, 2018.- P. 87 - 96.

### Planning of loading of containership in the case of conducting of cargo operations in a few ports

M. N. Tsymbal

The common requirements of forming of loading of containership taking into account the terms of providing of nautical safety and forces of inertia of tossing are resulted. The example of voyage of ship with the loading and unloading of parties of containers is considered. Procedure of forming of optimum loading of ship is shown, using the least of ballast. The special operations are selected forming of loading of containership, to which behave determination of permanent making loading, addition of placing, inheritance, when one loading includes the another, and substitution of constituents of loading.

**Keywords:** nautical safety, loading of ship, containership.

## Численный метод выбора маневров расхождения с несколькими судами

А. А. Вагущенко, Л. Л. Вагущенко

Национальный университет «Одесская морская академия», Украина  
Corresponding author. E-mail: leonvagu@mail.ru

Paper received 24.01.20; Revised 07.02.20; Accepted for publication 11.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-19>

**Аннотация.** Предлагается численный способ определения оптимального по потере ходового времени комбинированного Z-маневра расхождения с помощью метода перебора с учетом МППСС-72, навигационных ограничений, других судов и динамики собственного судна. Приведена процедура получения диаграмм, отображение которых облегчает оператору коррекцию представляемого компьютером оптимального варианта маневра. Эффективность метода подтверждена нахождением с его помощью маневров расхождения в различных ситуациях.

**Ключевые слова:** предупреждение столкновений, комбинированный Z-маневр, метод перебора, множество допустимых вариантов, алгоритм поиска.

**Введение.** Уровень аварийности судов от столкновений довольно высокий, несмотря на принимаемые меры. Из таких мер можно назвать введение МППСС-72, национальных требований к предупреждению столкновений, оснащение судов мощными интегрированными мостиковыми системами, установление систем разделения движения, оборудование подходов ко всем крупным портам и транзитных районов интенсивного судоходства системами управления движением, развитие Е-Навигации и ряд других. Но, тем не менее, проблема предупреждения столкновений судов остается открытой. Причин для этого много: сложные погодные и навигационные условия, большая инерционность судов, неблагоприятное влияние на их управляемость различных факторов, интенсивный трафик, субъективность оценки ситуаций и принятия решений. Поэтому на современном этапе разработка методов, повышающих эффективность процессов расхождения судов в море, является актуальной.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Для обеспечения безопасного расхождения предложено много алгоритмов, основой для получения которых стали разные методы: математической статистики, ситуационного управления, линейного и нелинейного программирования, теории игр, оптимальных дискретных процессов, нелинейной интегральной инвариантности, искусственного интеллекта, динамических  $n$ -управляемых систем, много агентных систем, и дру-

гие. Обзор большинства из этих алгоритмов представлен в статье [1]. На современном этапе основные разработки по рассматриваемому направлению посвящены анти коллизионным методам для систем избегания столкновений (CAS - Collision Avoidance System) автономных судов и распределенным алгоритмам для так называемых «many-to-many» ситуаций, в которых суда могут обмениваться намерениями, используя коммуникационную систему такую как AIS. Теоретические основы автономного предотвращения столкновений освещены в работе [2]. В ней обсуждаются как классические методы, базирующиеся на математических моделях, так и способы, основанные на искусственном интеллекте. Процедуры получения маневров расхождения для автономных судов предложены, например, в работах [3,4]. Распределенные алгоритмы для «many-to-many» ситуаций представлены, в частности, в работе [5].

Ряд работ [6] посвящен методам определения комбинированного Z-маневра (KZM) собственного судна (OS - own ship) для расхождения с несколькими «целями» (TS - target ship). Этот маневр включает две операции:

1. изменение курса ( $K$ ) вместе со скоростью ( $V$ ) в выбранной точке для предотвращения чрезмерного сближения с другими судами;
2. возвращение в другой точке к исходным значениям  $K$  и  $V$ .

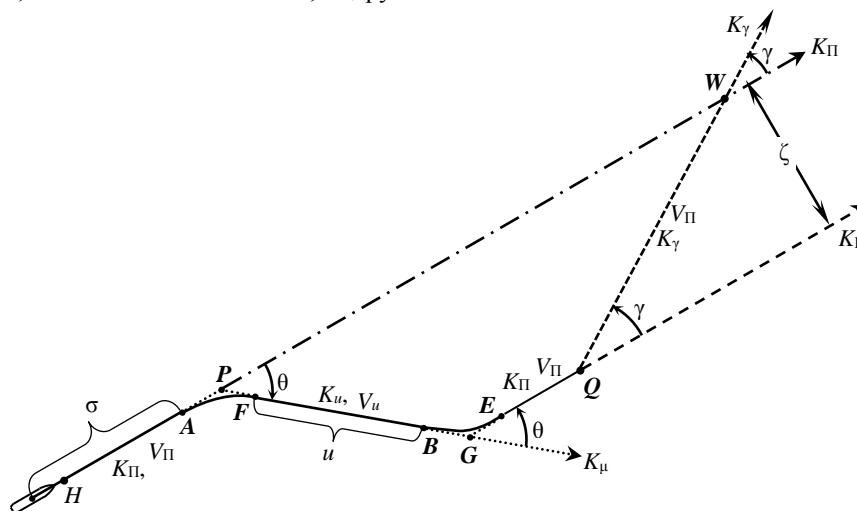


Рис. 1. Схема KZM

Схема KZM показана на рис. 1, где  $K_{\Pi}$ ,  $V_{\Pi}$  и  $K_u$ ,  $V_u$  – курс, скорость OS перед расхождением и для уклонения от столкновения;  $P$ ,  $G$ ,  $Q$  и  $A$ ,  $B$  и  $F$ ,  $E$  – путевые, начала и конца операций точки;  $\zeta$  – боковое отклонение (дистанция отхода) от маршрута следования;  $\gamma$  – изменение  $K$  для возвращения к маршруту перехода после маневра. Основными параметрами KZM приняты:  $\sigma$  – расстояние от текущего места OS до начала  $A$  маневра;  $\nabla$  – изменение скорости;  $\theta$  – угол поворота;  $u$  – длина отрезка  $FB$  уклонения.

Расхождение изменением курса или скорости или курса вместе со скоростью, а также Z-маневр являются частными случаями KZM.

**Цель.** Целью работы является создание для CAS численного метода поиска оптимального по потере ходового времени KZM с учетом МППСС-72, навигационных ограничений, динамики OS в ситуациях с несколькими судами.

**Материалы и методы.** Опасность столкновений оценивалась с помощью доменов опасности [7], образуемых у «целей» (TDD – target’s domain of danger). Использовались круговые TDD, центр которых смещен от центра массы TS в сторону носа на 1/3 часть радиуса. Радиус TDD «цели»  $J$  получался так

$$r_j = \hat{r}_w + \Delta_L + \Delta_\varepsilon,$$

где  $\hat{r}_w$  – отвечающее условиям плавания среднее значение границы допустимых дистанций по водной поверхности между ближайшими друг к другу точками OS и TS;

$\Delta_L$  и  $\Delta_\varepsilon$  – поправки соответственно на размеры OS, TS<sub>j</sub> и погрешность определения дистанции кратчайшего сближения (DCPA – distance at closest point of approach).

Поправка  $\Delta_L$ ,  $\Delta_\varepsilon$  находились по формулам

$$\Delta_L = \frac{L_{OS}}{2} + \frac{L_{SJ}}{2}; \quad \Delta_\varepsilon = 2 \cdot s_\delta \cdot \sigma_k,$$

где  $L_{OS}$ ,  $L_{SJ}$  – длина OS и TS<sub>j</sub>;

$\sigma_k$  – средняя квадратичная погрешность относительного курса «цели»;

$s_\delta$  – дистанция от OS по линии относительного курса до точки кратчайшего сближения с TS<sub>j</sub>.

Предел допустимых значений DCPA для TS<sub>j</sub> рассчитывался по формуле:

$$\hat{\delta}_j = \hat{\delta}_j(\rho_\delta) = r_j(1 + \frac{1}{3} \cos \rho_\delta)$$

где  $\rho_\delta$  – ракурс TS<sub>j</sub> в момент кратчайшего сближения с OS.

Динамика OS [8] учитывалась упрощенно. Траектория поворотов OS считалась дугой окружности. Для описания изменения скорости использовалось выражение

$$V = V_0 + a_1 t_v + a_2 t_v^2;$$

где  $t_v^2$  – время изменения скорости.

В этом случае проходимое за время  $t_v$  расстояние будет

$$S_v = V_0 t_v + a_1 t_v^2 / 2 + a_2 t_v^3 / 3.$$

Коэффициенты  $a_1$ ,  $a_2$  для применяемого режима изменения скорости определялись по приведенным в формуляре маневренных характеристик OS времени

( $t_{AB}$ ) и расстоянию ( $S_{AB}$ ) изменения скорости от значения  $V_A$  до  $V_B$  из системы двух линейных уравнений

$$\left. \begin{aligned} t_{AB} a_1 + t_{AB}^2 a_2 &= V_A - V_B \\ \frac{t_{AB}^2}{2} a_1 + \frac{t_{AB}^3}{3} a_2 &= V_0 t_{AB} - S_{AB} \end{aligned} \right\}$$

По заданной величине изменения скорости  $\nabla$  затрачиваемое на него время находилось из квадратного уравнения

$$a_2 t_v^2 + a_1 t_v + \nabla = 0.$$

В совместном маневре изменения  $K$  и  $V$  считались независимыми.

Для поиска оптимального по потерям ходового времени маневра применялся метод перебора его возможных вариантов.

**Результаты и их обсуждение.** При решении задачи использованы следующие предположения:

- все суда с механическим двигателем;
- информация о «целях» поступает от РЛС и AIS;
- влиянием ветра и течения на движение судов можно пренебречь;
- учитываются TS в пределах устанавливаемых оператором внешних охранных границ;
- параметры движения TS при расхождении остаются постоянными;
- повороты выполняются с заданным радиусом, средним при изменении курса для OS;
- для расхождения  $V$  снижается с применением режима «задний малый ход», а восстанавливается – дачей полного переднего маневренного хода;
- применяются только МППСС-72, местные правила не учитываются.

Опасная «цель», а если их несколько, то самая опасная из них, будет обозначаться  $\overline{TS}$ . Выделены 4 этапа (планирования маневра, заблаговременных мер, допустимых действий после второго этапа, срочных мер) и 11 видов (табл.1) сближения OS с  $\overline{TS}$ . Конечные точки первых трех этапов на пути OS обозначим  $H$ ,  $\Psi$ ,  $\Phi$ , а расстояния от места OS до этих точек –  $s_H$ ,  $s_\Psi$ ,  $s_\Phi$ .

**Таблица 1.** – Виды сближения OS с  $\overline{TS}$

Код	Вид сближения
	«Прямо друг на друга»
1-1	Прямо или почти прямо друг на друга
	«Пересечение курсов»
2-1	$\overline{TS}$ справа впереди траверза OS
2-2	$\overline{TS}$ слева впереди траверза OS
2-3	$\overline{TS}$ справа на траверзе OS
2-4	$\overline{TS}$ слева на траверзе OS
	«Обгон цели»
3-1	Обгоняемая $\overline{TS}$ справа по носу OS
3-2	Обгоняемая $\overline{TS}$ слева по носу OS
3-3	Обгоняемая $\overline{TS}$ прямо по носу OS
	«Обгон целью»
4-1	Обгоняющая $\overline{TS}$ справа по корме OS
4-2	Обгоняющая $\overline{TS}$ слева по корме OS
4-3	Обгоняющая $\overline{TS}$ прямо по корме OS

Оптимальный вариант KZM по критерию минимума потерь ходового времени (обозначим эти потери  $\chi$ , а их минимум -  $\check{\chi}$ ) будет находиться на первом этапе сближения OS с  $\overline{TS}$  с помощью метода перебора. Из-за большого числа возможных вариантов действий для избегания столкновения в недалеком прошлом этот метод не позволял в CAS получать решения в реальном времени. В настоящее время это стало возможным. Метод перебора включает выделение областей изменения параметров KZM, их дискретизацию, просмотр всех возможных вариантов маневра и выбор из них оптимального. Принятые ниже диапазоны параметров KZM и шаги их дискретизации приведены в табл. 2, где  $\check{V}$  - скорость переднего самого малого хода OS,  $\overline{\theta}$  и  $\underline{\theta}$  - пределы изменения  $K$  влево и вправо. Отметим, что при необходимости, эти значения могут быть изменены. Также в этой таблице показаны границы  $\overline{V}$ ,  $\overline{\theta}$  для выделения заметных (существенных) значений  $\overline{V}$ ,  $\theta$  и предпочтительная дистанция  $\overline{\sigma}$  до начала KZM, для случая, когда OS и  $\overline{TS}$  на виду друг у друга и OS является уступающим дорогу судном (GWV - give-way vessel). Изменение  $K$  вместе с  $V$  считается заметным, когда величина  $\xi = (|\nabla/\overline{V}| + |\theta/\overline{\theta}|)$  больше или равна единице.

Таблица 2. – Диапазоны, шаги дискретности и  $\overline{\sigma}, \overline{V}, \overline{\theta}$  параметров KZM

Параметр KZM	Диапазон	Шаг дискретности	$\overline{\sigma}, \overline{V}, \overline{\theta}$
$\sigma$ (кб)	$[\sigma_H, \sigma_\Psi]$	1 кб	$\overline{\sigma} = (\sigma_H + \sigma_\Psi)/2$
$\nabla$ (уз)	$[0, \check{V} - V_{II}]$	1 уз	$\overline{V} = V_{II}/3$
$\theta$ (град)	$[\overline{\theta} = -90^\circ; \underline{\theta} = +90^\circ]$	1°	$\overline{\theta} = +30^\circ$
$u$ (кб)	$[0.70]$	1 кб	-

Обозначим: количество дискретных значений в диапазонах изменения  $\sigma$ ,  $\nabla$ ,  $\theta$ ,  $u$  как  $N_\sigma, N_V, N_\theta, N_u$ ; произвольно выбранные значения -  $\sigma_i, \nabla_j, \theta_k, u_h$ : соответствующие им варианты KZM и его первой операции -  $\mu(i, j, k, h)$  и  $\alpha(i, j, k)$ . Не сопровождающимся угрозой столкновения вариантам будет присваиваться значение «1», в противном случае -  $\mu(i, j, k, h)=0, \alpha(i, j, k)=0$ .

При формализации МППСС-72 могут использоваться [9] логические, продукционные, сетевые, фреймовые модели. Большинство созданных для этой цели баз знаний основано на продукционных моделях. Нами также отдано им предпочтение. Допустимые в сложившейся ситуации действия располагаются по уровням приоритетности высокого, среднего и низкого ранга. К первому рангу отнесены действия из предписываемых МППСС-72, которые в большинстве случаев оказывались успешными; ко вторым - менее эффективные из предписываемых мер, а к третьим - действия, которых следует избегать. С меньшим приоритетом меры используются, когда высшие по рангу не приводят к безопасному расхождению. Уровень приоритетности обозначим  $\eta$  ( $\eta=1, 2, \dots, n$ ), а

наилучший на нем вариант KZM и отвечающие ему минимальные потери ходового времени -  $\check{\mu}_\eta$  и  $\check{\chi}_\eta$ .

Выделяются уровни приоритетности с помощью комплексов ограничений (КО) на параметры KZM. В зависимости от условий видимости, вида сближения OS с  $\overline{TS}$ , нахождения главного двигателя OS в «морском» (возможно изменение только  $K$ ) или в «маневренном» (изменять можно  $K$  и  $V$ ) режиме определены 19 КО для поиска KZM (табл. 3, где SOV - stand-on vessel).

Таблица 3. – Номера КО для поиска KZM

OS и $\overline{TS}$ на виду друг у друга				Ограниченная видимость	
Вид сближения	Вид OS	№ КО для изм. $K$	№ КО для изм. $K$ и $V$	Вид сближения	№ КО для изм. $K$ и $V$
1-1	GWV	1	8	1-1, 2-1, 2-2	15
2-1, 2-3	GWV	2	9	2-3, 4-1	16
2-2, 2-4	SOV	3	10	2-4, 4-2	17
3-1, 3-3	GWV	4	11	3-1, 3-3	18
3-2	GWV	5	12	3-2	19
4-1, 4-3	SOV	6	13		
4-2	SOV	7	14		

Например, в КО №9 (пересечение курсов, OS - GWV) к высшему рангу отнесены два уровня ( $\eta=1, 2$ ), где находятся заблаговременные KZM, первая операция которых - заметное изменение  $K$ . KZM этих уровней находятся с помощью логических условий:

- 1)  $(\sigma = \overline{\sigma})$  and  $(\nabla = 0)$  and  $(\theta \geq \overline{\theta})$ ;
- 2)  $(\sigma \geq \sigma_H)$  and  $(\sigma \leq \sigma_\Psi)$  and  $(\nabla = 0)$  and  $(\theta \geq \overline{\theta})$ .

Если  $\check{\chi}_1 - \check{\chi}_2 > 1$  мин, то оптимальный вариант KZM  $\check{\mu}_0 = \check{\mu}_2$ , иначе  $\check{\mu}_0 = \check{\mu}_1$ .

Мерами среднего ранга являются снижение  $V$  и такое действие совместно с поворотом вправо. Они определяются с помощью ограничений:

- 3)  $(\sigma \geq \sigma_H)$  and  $(\sigma \leq \sigma_\Psi)$  and  $(\nabla \leq \overline{V})$  and  $(\theta = 0)$ ;
- 4)  $(\sigma \geq \sigma_H)$  and  $(\sigma \leq \sigma_\Psi)$  and  $(\theta \geq 5^\circ)$  and  $(\xi \geq 1)$ . Когда  $\check{\chi}_3 - \check{\chi}_4 > 1$  мин, то  $\check{\mu}_0 = \check{\mu}_4$ , иначе  $\check{\mu}_0 = \check{\mu}_3$ .

Низкий приоритет присвоен поворотам влево:

- 5)  $(\sigma = \overline{\sigma})$  and  $(\nabla = 0)$  and  $(\theta \leq \underline{\theta})$ ;
- 6)  $(\sigma \geq \sigma_H)$  and  $(\sigma \leq \sigma_\Psi)$  and  $(\overline{V} = 0)$  and  $(\theta \leq \underline{\theta})$ .

Здесь  $\overline{\sigma} = \sigma_H + (\sigma_\Psi - \sigma_H)/3$ . Если  $\check{\chi}_5 - \check{\chi}_6 > 1$  мин, то  $\check{\mu}_0 = \check{\mu}_6$ , иначе  $\check{\mu}_0 = \check{\mu}_5$ .

Значения  $\check{\chi}_\eta$  и параметры отвечающих им вариантов  $\check{\mu}_\eta$  маневра находятся в процессе перебора. Обобщенная блок-схема алгоритма этого метода, с использованием обозначений положений OS при маневре (см. рис. 1), представлена на рис. 2.

Для проверки эффективности предлагаемого метода была составлена на языке «Borland Delphi» программа реализации приведенного алгоритма. Наличие навигационных препятствий учитывалось с помощью ограничений  $\check{\zeta}, \check{\zeta}$  на величину отхода OS от маршрута перехода вправо и влево. Для различных ситуаций с неодинаковым числом «целей» и разными видами сближения с  $\overline{TS}$  по этой программе был выполнен поиск оптимального по потере ходового времени

KZM. Расчеты доказали эффективность используемого подхода. Время поиска маневров на персональном компьютере при  $N_{\sigma} \leq 70$ ,  $N_V \leq 30$ ,  $N_{\theta} \leq 200$ ,  $N_u \leq 70$  для ситуаций, в которых количество «целей» не превышало десяти, было не больше 3,0 с. Это свидетельствует о том, что эта задача может выполняться в реальном времени.

Ниже приведен результат определения оптимального KZM в ситуации с семью судами, параметры взаимного расположения и сближения которых приведены в табл. 4, где  $L$  – длина судна;  $\Pi$ ,  $D$  – пеленг TS и дистанция до нее. В этом примере:  $\hat{r}_w = 6$  кб;  $\bar{V} = 5$  уз;  $\bar{\theta} = 30^\circ$ ;  $\bar{\sigma} = 16$  кб;  $\bar{\zeta} = 25$  кб;  $\bar{\zeta} = 45$  кб;  $N_{\sigma} = 30$ ;  $N_V = 13$ ;  $N_{\theta} = 180$ ;  $N_u = 65$ ; опасной является TS<sub>1</sub>.

**Таблица 4.** Параметры взаимного расположения и сближения судов

Параметр\Суда	OS	TS <sub>1</sub>	TS <sub>2</sub>	TS <sub>3</sub>	TS <sub>4</sub>	TS <sub>5</sub>	TS <sub>6</sub>
$L$ , м	220	250	140	175	330	80	50
$\Pi$ , град	-	43	48	72	312	347	54
$D$ , кб	-	81,7	71,4	45,1	45,1	62,0	39,8
$K$ , град	0	258	260	267	88	182	1
$V$ , уз	17,0	19,1	16,9	17,3	12,6	11,5	9,7

Полученный оптимальный вариант маневра характеризуется следующими значениями параметров:  $\chi = 3,0$  мин;  $\sigma = 16$  кб;  $\bar{V} = 0,0$  уз;  $\theta = 43^\circ$ ;  $u = 20$  кб ( $\zeta = 15$  кб). Время его получения на персональном компьютере составило 0,9 с. В графическом виде ситуация с траекторией найденного варианта KZM показана на рис. 3, где на продолжении отрезка уклонения точками представлен участок, на котором возвращение к  $K_{\Pi}$ ,  $V_{\Pi}$  безопасно, а сплошной линией – где это недопустимо.

Указатели кратчайшего расстояния (когда оно не превышает четырех радиусов TDD) между OS и доменами опасностей «целей» могут отображаться «по требованию» на экране. Они представляют позиции «целей» и OS при таком сближении, позволяют глазомерно оценить его и установить, по носу или по корме «целей» OS будет пересекать их курс. Указатель для OS и TS<sub>*m*</sub> (см. рис. 3) включает точечный и сплошной отрезки. Первый соединяет точку  $m^*$  с центром домена. Второй отрезок направлен из этого центра на точку  $m^{\wedge}$ . Его длина равна радиусу домена. Если сплошной отрезок пересекает линию пути OS, то TS<sub>*m*</sub> представляет угрозу. Точечный отрезок указателя

перечеркнут, когда OS пересекает курс «цели» по носу.

Представленный компьютером вариант KZM оператор может корректировать. Для упрощения этой операции два множества (допустимых вариантов KZM и отвечающих им потерь ходового времени), получаемые при переборе, запоминаются. Двумерные подмножества этих множеств можно отображать в виде диаграмм, облегчающих выбор маневра в режиме диалога с системой. Для образования таких диаграмм значения одного или двух из трех параметров KZM ( $\sigma$ ,  $\bar{V}$ ,  $\theta$ ) задаются оператором. Программой определяется шесть таких диаграмм и предоставляется возможность выбора диапазонов их горизонтальных и вертикальных координат. Для одного заданного значения ( $\sigma$  или  $\bar{V}$  или  $\theta$ ) - это диаграммы для поиска  $\bar{V}$  и  $\theta$ ,  $\sigma$  и  $\theta$ ,  $\sigma$  и  $\bar{V}$  допустимого KZM с минимальным отрезком уклонения. Для двух заданных значения ( $\sigma$  и  $\bar{V}$ ,  $\sigma$  и  $\theta$ ,  $\bar{V}$  и  $\theta$ ) строятся диаграммы допустимых значений  $\theta$  и  $u$ ,  $\bar{V}$  и  $u$ ,  $\sigma$  и  $u$ .

Для рассмотренного выше примера на рис. 4 показана диаграмма для поиска  $V_u$  ( $\bar{V}$ ) и  $\theta$  маневра с  $\sigma = 16$  кб и минимальным  $u$ , а на рис. 5 - диаграмма для выбора  $\theta$  и  $u$  маневра при  $\sigma = 16$  кб и  $\bar{V} = 0,0$  уз. На диаграммах для допустимых пар значений KZM показаны в минутах потери ходового времени.

**Выводы.** Разработанный метод имеет следующие положительные стороны.

При расчете маневров принимаются во внимание требования МППСС-72. Местные правила могут учитываться с помощью отражающих их комплексов ограничений на параметры маневра.

Предложенный метод отличается простотой учета навигационных ограничений. Он позволяет находить семейство областей допустимых значений параметров маневра и его оптимальный вариант с учетом динамики собственного судна.

Использование у «целей» смещенных, круговых доменов опасности дает возможность учитывать неодинаковую степень опасности при пересечении их курса по носу и по корме.

Диаграммы допустимых значений параметров маневра оказывают существенную помощь при его выборе в режиме диалога с системой.

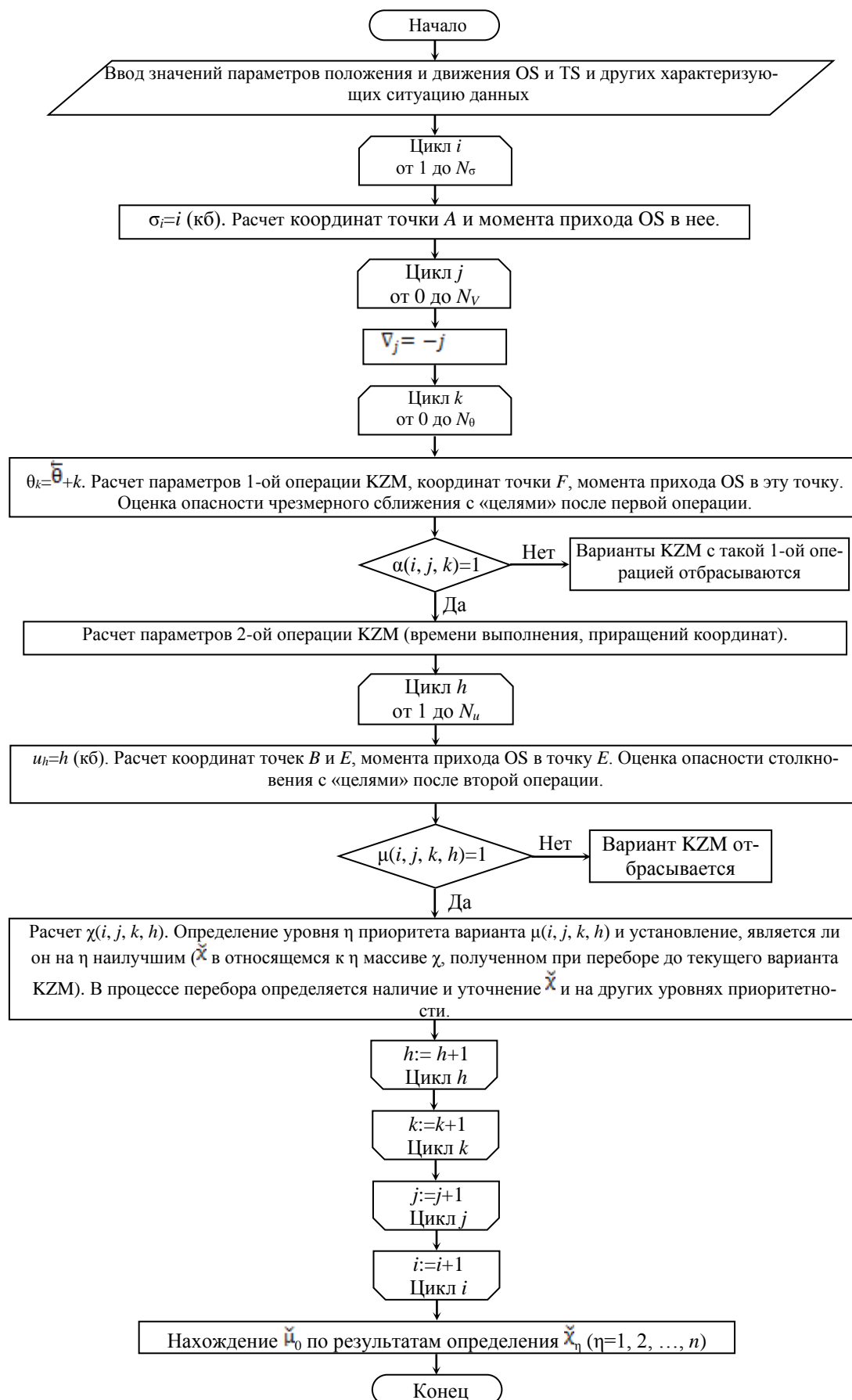
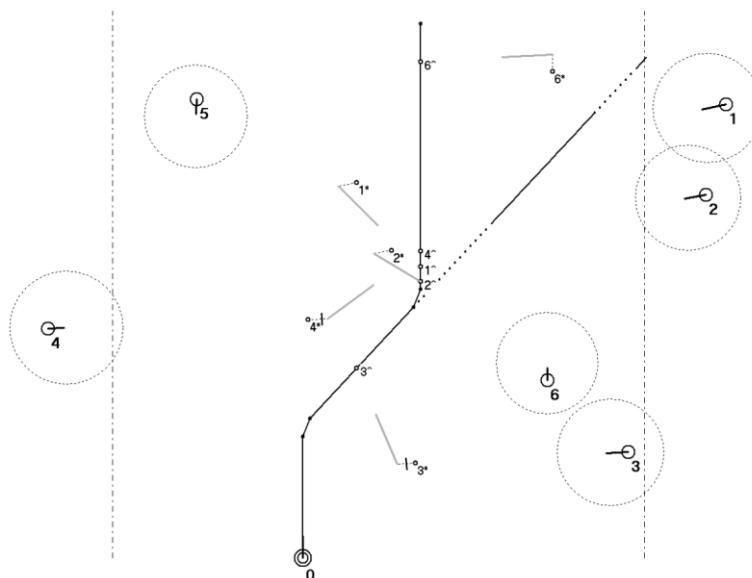


Рис. 2. Блок-схема поиска KZM методом перебора



**Рис. 3.** Оптимальный вариант маневра  
 $m^*$ ,  $m^\wedge$  - положение  $TS_m$  и  $OS$ , когда дистанция от  $OS$  до домена  $TS_m$  минимальна

$V/\theta$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
17																					3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
16																					3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
15																					4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14																					4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13																					4	4	4	4	4	5	4	5	4	5
12																					5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11																					7	6	5	5	5	5	5	5	5	5
10																														
9																														
8																														
7																														
6																														
5																														

**Рис. 4.** Диаграмма для поиска KZM с заданным началом ( $\sigma=16$  cb)

$u/\theta$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
1																					M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
2																															
3																															
4																															
5																															
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															
11																															
12																															
13																														3	4
14																														3	4
15																													3	4	4
16																													3	4	4
17																													3	4	5
18																													3	4	5
19																													3	4	5
20																													3	4	5
21																													3	4	5
22																													3	4	5
23																													3	4	5
24																													3	4	5
25																													4	4	5
26																													4	4	5
27																													4	4	5
28																													4	4	5
29																													4	4	5
30																													4	4	5

**Рис. 5.** Диаграмма для поиска KZM с  $\sigma=16$  cb;  $\bar{V}=0,0$  kn

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Tam C. Review of collision avoidance and path planning methods for ships in close range encounters/C.Tam, R.Bucknall, A.Greig//The Journal of Navigation. - 2009. - 62 (3). - P. 455-476.  
 2. Statheros T. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques/T. Statheros, G. Howells, K. M. Maier//Journal of Navigation. - 2008. - 61(1). - P.129-142.

3. Kuwata Y. Safe maritime autonomous navigation with colregs, using velocity obstacles/Y. Kuwata, M. T. Wolf, D. Zarzhitsky, T. L. Huntsberger//IEEE Journal of Oceanic Engineering. - 2014. - 39(1). - P. 110–119.
4. Woerner K.L. Collision avoidance road test for colregs-constrained autonomous vehicles/K.L.Woerner, M.R.Benjamin, M.Novitzky, J. J.Leonard//OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey. IEEE. - 2016. - P. 1–6.
5. Hirayama K. DSSA+: Distributed Collision Avoidance Algorithm in an Environment where Both Course and Speed Changes are Allowed/K.Hirayama, K.Miyake, T.Shiota, T.Okimoto//TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. - 2019. - 13(1). - P. 23-29.
6. Вагущенко Л.Л. Улучшение поддержки решений по предупреждению столкновений/Л.Л.Вагущенко, А.А.Вагущенко//Судовождение: Сб. науч. трудов НУ «ОМА». – 2018. – Вып. 28. - С. 24-34.
7. Szlapczynski R. Review of ship safety domains: Models and applications/R.Szlapczynski, J.Szlapczynska//Ocean Engineering. - 2017. - vol. 145. - P. 277–289.
8. Калиниченко Е.В. Практический расчет инерционно-тормозных характеристик судна/Е.В.Калиниченко//Судовождение: Сб. науч. трудов ОНМА. – 2005 – Вып. 10. - С. 58-64.
9. Banas P. Knowledge Base in the Interpretation Process of the Collision Regulations at Sea/P.Banas, M.Breitsprecher //TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. - 2011. - 5(3). – P. 359-364.

#### REFERENCES

6. Vagushchenko L.L. Improved collision avoidance support/L.L.Vagushchenko, A.A.Vagushchenko//Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov NU OMA. - 2018.- №28. - P. 24 – 34.
8. Kalinichenko E.V. Practical calculation of inertia-brake characteristics of the vessel/E.V. Kalinichenko//Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov ONMA. - 2005.- №10. - P. 58 – 64.

#### Numerical method for selection of maneuvers to avoid collisions with several vessels

**A. A. Vagushchenko, L. L. Vagushchenko**

A numerical method is proposed for determining the optimal by the loss of sailing time evasive combined Z-maneuver using the enumerative method. COLREG, navigation restrictions, other vessels and the dynamics of the own ship are taken into account. The procedure for obtaining diagrams that facilitate the operator's correction of the optimal variant of maneuver presented by the computer is developed. The efficiency of the method is confirmed by finding, with its help, evasive maneuvers in various situations.

**Keywords:** collision avoidance, combined Z-maneuver, enumerative method, sets of acceptable variants, search algorithm.



## Фізичні процеси та їх вплив на розвиток дефектів в осерді статора потужних генераторів

Є. О. Зайцев, М. В. Панчик

Інститут електродинаміки НАН України  
Corresponding author. E-mail: zaitsev@i.ua

Paper received 27.01.20; Revised 10.02.20; Accepted for publication 14.02.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-20>

**Анотація.** Розглянуто основні причини, які призводять до послаблення пресування активного заліза осерді статора потужних генераторів. Проведено аналіз фізичних процесів та їх вплив на розвиток дефектів. Показано, що фізичні процеси викликані рядом факторів, які умовно можна розділити на технологічні, експлуатаційні та конструктивні. Також зазначено, що в залежності від місця виникнення, фактори поділяються на внутрішні та зовнішні. Приведена систематизація можливих дефектів технічного стану генератора в залежності від типу фактору, що впливає. Зазначено, що використання засобів контролю рівномірності розподілу зусиль пресування осердя статора дозволяє забезпечити надійність та безпечність роботи нових та вже існуючих потужних генераторів ТЕЦ, ГЕС, АГЕС та АЕС.

**Ключові слова:** турбогенератор, статор, фактори, осердя, пресування, зусилля.

**Вступ.** Технічний стан статора потужних турбогенераторів (ТГ) характеризується багатьма параметрами, серед яких вирішального значення набувають параметри, що характеризують статор як механічну систему. Однією із основних механічних властивостей статора, що визначає його працездатність, є наданий йому в процесі виготовлення стан пружного стиснення осердя, який після виготовлення забезпечується за допомогою натискних плит і стяжних призм. З часом, внаслідок експлуатаційних навантажень, виникає зниження зусиль, що стискають осердя. Це призводить до втрати запасу працездатності і є потенційною причиною виникнення небезпечних дефектів статора [1].

**Огляд публікацій по темі.** Виходячи з досліду типових випробувань та експлуатації ТГ типів ТГВ та ТВВ, що проводилися в останні 40 років [1-6]. У значній частині турбогенераторів через 30-40 років внаслідок різних факторів виникає зниження зусиль середнього тиску пресування на 30-40% від початкового значення. Це призводить до нерівномірності розподілу навантаження тиску пресування по колу і довжині статора, а також втрати запасу працездатності генератора в цілому, і є однією із основних потенційних причин небезпечних ушкоджень активного заліза осердя статора при експлуатації. Тому найскладнішим з точки зору проведення відновлювального ремонту є пошкодження осердя статора, яке потребує в окремих випадках заміни на новий.

**Мета.** Метою публікації є аналіз фізичних процесів, що впливають на розвиток дефектів активного заліза осердя статора ТГ та їх наслідків.

**Матеріали та методи.** Основною причиною зниження тиску пресування є усадка шихтованих пакетів осердя, що виникає в наслідок старіння, "усихання" та викришування ізоляційного лаку сегментів магнітопроводу. Крім того, на окремих турбогенераторах типу ТГВ-200 та ТГВ-300 було зафіксовано обрив шийок декількох стяжних призм в місцях закріплення натискних фланців осердя статора (в основному у верхній частині статора), що також послаблювало його запресовування [7, 8], а в роботі [9] описано метод розрахунку такого послаблення.

Слід зазначити, що одна із причин, які наведені вище, не може призвести до пошкоджень, якщо одно-

часно не матимуть місце кілька факторів впливу [10], які умовно поділяються на технологічні, експлуатаційні та конструктивні.

До *технологічних факторів* відносяться недоліки виготовлення та експлуатації осердя на які впливають кількісні (витік, витрати, тиск) і якісні (хімічний склад, вологість) характеристики охолоджувальних середовищ і мастила [10], серед яких особливо варто відмітити наступні:

- початковий середній тиск пресування, нижчий розрахункового, призводить до зменшення тиску осердя після усадки до неприпустимо малих значень;
- нерівномірний розподіл тиску пресування по колу і довжині статора, а також в радіальному напрямку;
- недостатня міцність або неправильне встановлення натискних пальців, призводить до їх пластичної деформації та (або) зміщення від початкового положення.

До *експлуатаційних факторів* відносяться чинники, що діють на осердя під час його експлуатації, серед яких особливо варто відмітити наступні:

- підвищений рівень напруги у мережі, який призводить до посилення нагріву стяжних ребер через збільшення струмів, що протікають по них;
- видовження ребер зі зміщенням назовні натискних плит і, відповідно, зниження середнього тиску пресування в результаті підвищення рівня їх нагріву;
- фрикційний вплив закріплених стрижнів на крайні пакети і натискні пальці, що виникає внаслідок фрусування збудження, що супроводжується різким зростанням струму статора та нагріванням стрижнів обмотки;
- зміщення пакетів в торцевій зоні всередину осердя внаслідок охолодження обмоток статора дистильтом заниженої температури.

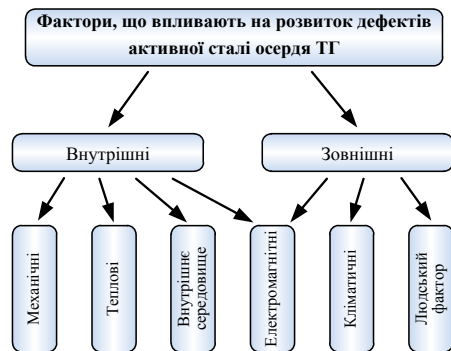
До *конструктивних факторів* в більшості випадків відносять помилки в проектуванні, серед яких особливо варто відмітити наступні:

- проектування машин за номінальними технологічними навантаженнями, які можуть значно відрізняється від реальних;
- визначення навантажень, що не враховують динамічні сили, які часто стають причиною руйнування конструктивних елементів;

– збільшення або зменшення мас елементів понад розрахункові, що є причиною зростання сил інерції, росту первісної та експлуатаційної вартості.

З іншої сторони фактори, наслідком яких є зниження тиску пресування, в залежності від місця виникнення, поділяються на внутрішні та зовнішні (рис.1).

До внутрішніх відносяться – механічні, теплові, електромагнітні, вплив внутрішнього середовища (газового, масляного та водяного). До зовнішніх – електромагнітні, кліматичні та людський фактори. В табл. 1 наведені фактори, які впливають на розвиток дефектів активного заліза осердя статора та деякі можливі наслідки, до яких такі впливи можуть призвести [3].



**Рис. 1** Класифікація факторів, що впливають на розвиток дефектів активного заліза осердя статора ТГ

Як видно із табл. 1, для кожного із факторів, що впливають на працездатність осердя статора є характерною поява своїх, специфічних типів дефектів. При цьому найбільш вагомими факторами, що призводять до появи нерівномірності розподілу навантаження тиску пресування по колу і довжині статора є саме механічні та теплові впливи. Тому розглянемо їх більш детально.

Механічні параметри, що призводять до зниження зусилля пресування осердя [11, 12] залежать від від-

носного зміщення листів активної сталі, стирання ізоляції між листами, розпушення зубців крайніх пакетів, викришування фрагментів листів, місцеве замикання листів та нагрівання пакетів. Підвищена вібрація, що виникає, та попадання масла поміж сегменти призводять до корозійного зношування сегментів. В результаті фреттинг-корозії, якій підлягають поверхні стиснутих сталевих листів, що взаємно переміщуються, та інші деталі, на зубцях з’являється напівпровідний червоно-коричневий пил (корозійне зношування). Суміш цього пилу і продуктів змішування лаку та мастила під впливом нагрівання та вібрації перетворюється в темну масу, яка нагадує дьоготь, і має слабомагнітні властивості [2, 13].

Зниження тиску спресованості в осерді, яке почалося в торцевих зонах зубців, за несприятливих умов може поширитись на інші зони осердя. Про це буде свідчити наростання нальоту червоно-коричневого пилу в розточенні та на спинці осердя. Досить небезпечним розвитком цього процесу є збільшення нагрітої дефектної зони в осерді і перехід до лавиноподібного росту нагрівання окремих осередків зони осердя, аж до виплавлення сталі – так званої «пожежі заліза», з ушкодженням корпусної ізоляції стержнів обмотки.

До теплових характеристик відносяться значення температур (або їх перевищень) активних і конструктивних елементів турбогенераторів, їх охолоджувальних середовищ і мастильних матеріалів. Основні характерні дефекти для термічних впливів[3] наступні:

- «пожежа» в залізі як результат замикання листів;
- короткочасне збільшення зусилля пресування, яке посилює руйнування ізоляції і послаблює зусилля пресування осердя;
- зменшення зусилля пресування в результаті циклічності нагрівання-охолодження заліза температурами понад нормованих значень.

**Таблиця 1.** Фактори, що впливають на розвиток дефектів активного заліза осердя статора та їх наслідки

Фактор, що впливає	Прояв	Можливі відхилення технічного стану генератора
Механічний	Ослаблення зусилля пресування, підвищення амплітуди вібрацій осердя, фрикційний вплив обмотки статора, поява елементів деградації.	Деградація лакової плівки сегментів активної сталі, руйнування, викришування, замикання сегментів, самовідгвинчування гайок натискних плит, порушення кріплення осердя в корпусі статора, обриви хвостовиків стяжних призм.
Тепловий/ Термічний	Підвищені втрати в осерді та в обмотці статора, порушення вентиляції, замикання листів активної сталі.	Деградація лакової плівки сегментів активної сталі осердя, замикання сегментів, послаблення пресування осердя, локальні прояви місць «пожежі заліза».
Електромагнітний	Поява несиметричних режимів, режимами споживання реактивної потужності.	Пошкодження, аналогічні тим, що проявляються при механічних і теплових впливах, як правило, мають місце в торцевій зоні осердя.
Спеціальне середовище	Конденсована на поверхні осердя волога, наявність мастила у вигляді аерозолу.	Корозія, підвищений нагрів за умов роботи генератора із водяним охолодженням.
Кліматичний	Атмосферна волога, агресивні речовини в повітрі.	Корозія при зберіганні.
Людський	Помилки проектування.	Ослаблення кріплення осердя, деформація, замикання сегментів активної сталі, нагрів при роботі генератора.

Для зменшення впливу вищенаведених факторів на рівномірності розподілу зусиль пресування осердя статора можливе за рахунок регулярного дослідження стану призм і корекції натягу призм для збереження рівномірності розподілу між ними напружень, наприклад за допомогою засобів розглянутих в[14]. Для

цього є необхідним контроль механічних зусиль в призмах в режимі он-лайн або з заданою періодичністю, який дозволяє:

- проводити контроль стану спресованості осердя;
- відслідковувати зміни ступеню стиснення активної сталі осердя протягом всього часу його експлуа-

тації;

– забезпечити достовірний прогноз можливого відхилення параметрів статора від нормованих параметрів на основі статистичного аналізу отриманих за час експлуатації генератора даних;

– істотно підвищити надійність і безпеку роботи турбогенератора;

– забезпечити автоматичне, напівавтоматичне або ручне регулювання ступеню затягування натискних гайок для забезпечення рівномірності розподілу зусиль пресування між стяжними призмами генератора;

– надає можливість регулювати ступінь затягування призм гайками для забезпечення рівномірності розподілу між призмами зусиль віддачі активної сталі осердя, яка виникає після зняття тиску пресу [15].

Обробка та аналіз отриманих результатів вимірювання зусиль є основою для прийняття рішень про до-

даткову підтяжку ненавантажених призм [16, 17], що у свою чергу дозволяє підвищити надійність та безпечність роботи нових та вже існуючих потужних генераторів ТЕЦ, ГЕС, АГЕС та АЕС

**Висновок.** Отже, для забезпечення зниження пошкоджуваності призм та забезпечення рівномірності розподілу зусиль пресування осердя статора є необхідним насамперед забезпечити рівномірність розподілу зусиль між усіма призмами протягом усього періоду експлуатації ТГ. Це дозволить забезпечити механічні напруження в призмах в межах їх штатних розрахункових значень, а значить і рівномірність спресованості осердя, що у свою чергу дозволяє підвищити надійність та безпечність роботи нових та вже існуючих потужних генераторів ТЕЦ, ГЕС, АГЕС та АЕС

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Левицький А.С., Федоренко Г.М., Грубой О.П. Контроль стану потужних гідро- та турбогенераторів за допомогою емнісних вимірювачів параметрів механічних дефектів: монографія. Київ: Ін-т електродинаміки НАН України, 2011. 242 с.
2. Бутов А.В. Повреждаемость и контроль зубцовых зон запеченных крайних пакетов стали сердечников статоров турбогенераторов. *Электрические станции*. 2001. №.5. С.41–47.
3. Голоднова О.С., Ростик Г.В. Анализ и мероприятия по предупреждению поврежденный сердечников статоров турбогенераторов. *Сборник «Электросила»*. 2004. №.43. С.56–64.
4. Здановський В.Г. Досвід експлуатації турбогенераторів типу ТГВ з вичерпаним ресурсом на українських ТЕС. *Новини енергетики*. 2001. №.9. С.67–63.
5. Метод и устройство контроля сердечника статора турбогенератора в процессе эксплуатации/ Кучинский К.А., Титко В.А., Крамарский В.А., Гуророва М.С. *Электротехника та електроенергетика*. 2019. С.32–41.
6. Обнаружение дефектов гидрогенераторов / Александров А.Е., Гушин Е.В., Кулаковский В.Б., Мамиконянца Л.Г., Элькинда Ю.М. М.: Энергоатомиздат, 1985. 232 с.
7. Зозулін Ю. В., Антонов О. Є., Бичік В. М. Створення нових типів та модернізація діючих турбогенераторів для теплових електричних станцій: навч. посібник. Харків: ПФ «Колегіум», 2011. 228 с.
8. Назолин А.Л., Поляков И.В. Виброакустическая диагностика и ресурсосберегающая эксплуатация генераторов. *Новости ЭлектроТехники*. 2008. №.5(51). С.80–83.
9. Титко О.І., Мистецький В.А. Математична модель, методика та результати розрахунку зусиль у стяжних призмах осердя статора турбогенератора за наявності дефектів на основі методу трьох моментів. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2014. №.39. С. 38–43.
10. Голоднова О.С., Ростик Г.В. Анализ и мероприятия по предупреждению поврежденный сердечников статоров турбогенераторов. *Электросила*. 2004. №.43. С. 56–64.
11. Глебов И.А., Данилевич Я.Б. Диагностика турбогенераторов: учебное пособие. Л.: Наука, 1989. 119 с.
12. Kuznetsov D.V., Polyakov F.A., Shandybin M.I. Instrumental and visual inspection of turbogenerator stator cores. *Power Technology and Engineering*. 2014. Vol.48, №. 3. P. 241–248.
13. Пикульский В. А. Влияние термомеханических деформаций в статоре турбогенератора на изменение плотности пресовки в зубцовой зоне крайних пакетов. *Электротехника*. 1991. №.5. С.17–21.
14. Левицький А.С., Кобзарь К.О., Зайцев Є.О. Волоконно-оптичні вимірювачі зусиль в стяжних призмах турбогенераторів на основі решіток Брегга. *Гідроенергетика України*. 2017. №3-4. С. 22 – 25.
15. Остерник Э.С. О механических параметрах для оценки надежности турбогенераторов разъемной конструкции. *Сборник научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ» : Динамика та міцність машин*. 2011. №.52. С.1–15
16. Зайцев Є.О. Застосування авторегресійного аналізу на основі методу найменших квадратів в лазерних системах моніторингу. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2015. №. 2. С.43–48.
17. Перетворювач інформаційних сигналів для гібридних оптоелектронних вимірювачів переміщень/ Зайцев Є.О., Левицький А.С., Жукинський І.М., Кромпляс Б.А. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2017. №. 4. С.31–37.

#### REFERENCES

1. Levitsky A.S., Fedorenko G.M., Rough O.P. Condition control of powerful hydro- and turbogenerators using capacitive meters of mechanical defect parameters: monograph. Kyiv: Institute of Electrodynamics, NAS of Ukraine, 2011. 242 p.
2. Butov A.V. Damage and control of the tooth zones of baked extreme packages of steel cores of stators of turbogenerators. *Power stations*. 2001. No.5. S. 41–47.
3. Golodnova O.S., Rostik G.V. Analysis and measures to prevent damage to the cores of stators of turbogenerators. The collection of "Power". 2004. No. 43. S.56–64.
4. Zdanovsky V.G. Experience of operating TGV turbogenerators with exhausted resource at Ukrainian TPPs. *Energy news*. 2001. №.9. P.67-63.
5. Method and device for monitoring the stator core of a turbogenerator during operation / Kuchinsky K.A., Titko V.A., Kramarsky V.A., Gutorova M.S. *Electrotechnics and electricity*. 2019.S. 32–41.
6. Detection of defects in hydrogenerators / Aleksandrov A.E., Gushchin E.V., Kulakovsky V.B., Mamikonyantsa L.G., Elkinda Yu.M. M.: Energoatomizdat, 1985. 232 s.
7. Zozulin Yu. V., Antonov AE, Bychik VM Creation of new types and modernization of operating turbogenerators for thermal power plants: textbook. manual. Kharkiv: PF «Collegium», 2011. 228 p.
8. Nazolin A.L., Polyakov I.V. Vibroacoustic diagnostics and resource-saving operation of generators. *News of Electrical Engineering*. 2008. No. 5 (51). S.80–83.

9. Titko O.I., Mystetsky V.A. Mathematical model, methodology and results of the calculation of efforts in the clamping prisms of the stator core of a turbine generator in the presence of defects based on the three-point method. Proceedings of the Institute of Electrodynamics of NAS of Ukraine. 2014. №39. Pp. 38–43.
10. Golodnova O.S., Rostik G.V. Analysis and measures to prevent damage to the cores of stators of turbogenerators. Power. 2004. No. 43. S. 56–64.
11. Glebov I.A., Danilevich Ya.B. Diagnostics of turbogenerators: a training manual. L.: Nauka, 1989. 119 s.
12. Kuznetsov D.V., Polyakov F.A., Shandybin M.I. Instrumental and visual inspection of turbogenerator stator cores. Power Technology and Engineering. 2014. Vol.48, no. 3. R. 241–248.
13. Pikulsky V.A. Influence of thermomechanical deformations in the stator of the turbogenerator on the change in the density of the pressing in the tooth zone of the extreme packages. Electrical Engineering 1991. No.5. S.17-21.
14. Levitsky A.S., Kobzar K.O., Zaitsev E.A. Fiber optic force meters in clamping prisms of turbogenerators based on Bragg gratings. Hydropower of Ukraine. 2017. №3-4. Pp. 22 - 25.
16. Zaitsev I.O. Application of auto-regression analysis based on the least-squares method in laser monitoring systems. Measuring and computing technology in technological processes. 2015. №. 2. P.43–48.
17. Information signal converter for hybrid optoelectronic displacement meters / Zaitsev EA, Levitsky AS, Zhukinsky IM, Kromplas BA Measuring and computing technology in technological processes. 2017. №. 4. P.31–37.
15. Osternik E.S. On the mechanical parameters for assessing the reliability of detachable turbogenerators. The collection of scientific works “Bulletin of NTU “KhPI”: Dynamism and technology of machines. 2011. No.52. S.1-15

### Physical processes and their influence on the evolution of defects in the powerful generators stator core

I. O. Zaitsev, M. V. Panchik

**Abstract.** The main reasons that lead to a weakening of the pressing of active iron in the stator core of powerful generators are considered. The analysis of physical processes and their influence on the development of defects. It is shown that physical processes are caused by a number of factors that can be conditionally divided into technological, operational and structural ones. It is also noted that depending on the place of origin, the factors are divided into internal and external. The systematization of possible defects in the technical condition of the generator depending on the type of influencing factor is given. It is stated that the use of the means of control of the uniform distribution of efforts of pressing the stator core allows to ensure the reliability and safety of the operation of new and existing powerful generators of CHP, HPP, NPP and NPP.

**Keywords:** *turbogenerator, stator, factors, cores, pressing, effort.*

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

The journal is published by the support of  
Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

Készült a Rózsadomb Contact Kft nyomdájában.  
1022 Budapest, Balogvár u. 1.  
[www.rcontact.hu](http://www.rcontact.hu)