



ISSUE №24

Part №1



International periodic scientific journal

— *ONLINE*

www.moderntechno.de



Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 87.25)

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Issue №24
Part 1
December 2022

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*

Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *PhD in technical sciences*

Editorial board: More than 150 doctors of science. Full list on page:

<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/about/editorialTeam>

Expert Board of the journal: Full list on page:

<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/expertteam>

The International Scientific Periodical Journal "**Modern Engineering and Innovative Technologies**" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: 6 per year

The journal activity is driven by the following objectives:

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

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

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

Each article in the journal includes general information in English.

The journal is registered in IndexCopernicus, GoogleScholar.

UDC 08

LBC 94

DOI: 10.30890/2567-5273.2022-24-01

Published by:

Sergeieva&Co

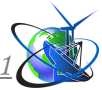
Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@moderntechno.de

site: www.moderntechno.de

Copyright
© Authors, scientific texts 2022



УДК 004.2

**SPECIFIC METHODS FOR THE DEVELOPMENT AND CONDUCT OF
AUDITORIUM LESSONS IN ROBOTIC DISCIPLINES**
**СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИКИ РОЗРОБКИ ТА ПРОВЕДЕННЯ АУДИТОРНИХ ЗАНЯТЬ
З РОБОТОТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

Aleksyenko S.V. / Алексєєнко С.В.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0003-0320-989X

Kadylnikova T.M. / Кадильникова Т.М.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

Dudnikov V.S. / Дудніков В.С.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Gagarin Avenue 72, 49000

Дніпровський національний університет імені Олеса Гончара,

Дніпро, пр. Гагаріна, 72, 49000

Abstract. *New regulatory requirements for the system of higher education in Ukraine require the introduction of innovative approaches to the content and organization of the educational process. In this regard, the training of competent specialists in robotics requires updating the forms, methods and means of conducting classroom classes. At the same time, there is a need for changes in traditional education, the creation of a new methodical system, where the leading role is given to the practical implementation of theoretical knowledge, and the making of project-technical and configuration decisions. For this purpose, it is expedient to create methodological support for the teaching of educational disciplines of professional robotics with the help of a multi-level functional teaching system. It may be promising to build a complex of models, the relationships between which are established in a constructive way, organizing them into one system with ensuring the transition from one to the other. Interdisciplinary connections ensure the resolution of contradictions between the acquired knowledge from different disciplines and the need for their integration, as well as the practical application of the totality of this knowledge. To teach the disciplines of the robotics complex, it is advisable to use certified educational laboratory stands for conducting classes in several disciplines and make constructively organized connections between them.*

Keywords: *robotics, methodical support, professional competence, the complex of models, laboratory stand, constructive connections, interdisciplinary connections.*

Introduction

Currently, there is an active development of the machinery industry and the widespread introduction of robotics in almost all technological processes of production. In this regard, the society needs competitive specialists in robotics, who must be able to perceive, generate, and practically implement new scientific ideas, develop and use technical devices, software, and data management applications. Possession of professional knowledge and skills and their effective use in professional activities are of great importance for future engineers, which is one of the directions of modernization of education in Ukraine. The new regulatory requirements for the higher education system, outlined in the legislative documents of Ukraine [1,2], set scientists and educators the task of implementing innovative approaches to the content and organization of the educational process, namely, updating the forms, methods and means of conducting lessons.



Taking into account the fact that the technical component occupies a significant place in the professional training of engineers, there is a need to develop a methodical system of their technical training, where the leading role is given to the practical implementation of theoretical knowledge, making of engineering, designing and configuration decisions.

Currently, there is an active search, development and implementation of innovative learning technologies, which is evidenced by numerous international and domestic scientific and methodical publications [3-7]. Researchers M. Korets [8] and S. Yashchuk [9] highlighted the methodological foundations and practical ways of studying general technical disciplines in their works.

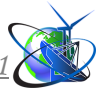
Therefore, the effective training of future robotics specialists at the current stage of the development of the educational process consists in outlining, in accordance with the requirements of the modern labor market, goals and objectives, organizational training methods and means. In connection with the rapid development of modern innovative educational technologies, there is a need to change traditional education, to create a new methodical system. Despite the fact that scientists and teachers pay considerable attention to the engineering training of specialists, currently there is a lack of scientific research that would provide methodological support for the specific professional orientation of engineers throughout the entire period of study in higher education, which, in our opinion, can be carried out by creating multi-level functional system of teaching technical disciplines.

The purpose of this research is to create methodical support for the teaching of educational disciplines of a professional orientation with the help of a multi-level functional system of teaching technical disciplines, as a result of which the technical thinking of the functioning of robotic systems for scientifically based practical activities is formed.

The results of the research

Methodical support for the formation of the professional and methodical orientation of future engineers should be carried out as a multifunctional, multi-component, information-electronic-oriented process, which includes: professional growth, self-improvement; formation of a professional focus by mastering digitalized and distance courses in technical disciplines; interaction of participants in the educational process throughout the entire period of study. These measures can be ensured by determining the optimal means, forms, methods and means that are effective in the organization of training and ensure the proper level of formation of general and professional competencies. The effectiveness of the learning process fully depends on the correct choice of teaching methods and the logic of their application.

The training methodology is based on the following principles: adequacy, technicality, integrativeness, professional and scientific orientation, which provide the possibility of forming a high level of technical competence of future robotics specialists who are able to improve their professional skills, implement the process of innovation in their professional activities, and quickly adapt to changes [10]. Achieving of this goal involves the following tasks: the formation of intellectual and personal qualities that determine the motivation of the future specialist to carry out



engineering activities [11].

Motivational incentives to carry out such activities are formed when studying the basics of the disciplines: "Machine parts", "Theoretical and computational mechanics", "Electrical engineering, electronics and microprocessor engineering", "Hydraulics, hydraulic and pneumatic drives", "Fundamentals of designing robotic systems" and "Electric drives of robots". This leads to development of a system of knowledge in technical disciplines, skills and abilities to work with hardware devices, beliefs and value ideas about the role of computer technology in modern society, the formation of which makes it possible to effectively implement the technical component of one's professional activity.

The technical competence of the future specialist should be formed as a result of the implementation of interrelated processes: their acquisition of technical and technological knowledge, abilities and skills and the development of professionally important qualities of the individual, and also through the involvement of microelectronic devices, as one of the major directions of modern fundamental science, in all types of classes [12].

It may be promising to build a complex of models that describe different disciplines, as well as design aimed at creating such models, using certain experience in teaching different disciplines [13].

Models can be used individually or in groups. Relationships between models are established in a constructive way. When knowledge relates to relevant models, and the models are constructively connected, connections are established between knowledge that organize them into one system and enable the transition from one to another. Interdisciplinary connections ensure the resolution of contradictions between the acquired knowledge from different disciplines and the need for their integration, as well as the practical application of the totality of this knowledge [14].

In our opinion, for teaching the complex of disciplines related to robotics, it is advisable to use certified educational laboratory stands to be used to conduct classes in several disciplines and make constructively organized connections between them.

Let us consider the characteristics of the laboratory stand HTIQ-11.36.1 "Hydraulic machines and drives M2" and prove the expediency of its use in educational activities.

On the frame supporting structure of the stand, made in the form of a one-sided base with a table, there are three panels intended for mounting of:

- hydraulic equipment;
- devices for measuring pressure, flow and temperature;
- devices for control and electrical measurements.

The hydraulic circuit is located on the last (third) panel. The stand has a rigid configuration but permits some additional assembly operations to be performed considering the specificity of a laboratory session. The stand includes two hydraulic power units. The stand is equipped with:

- two three-phase electric motors;
- three gear pumps, two hydraulic cylinders;
- one axial-piston non-adjustable hydraulic motor;
- two hydraulic pressure valves;



- three hydraulic distributors with electromagnetic control;
- two two-line flow regulators;
- two adjustable chokes and a filter;
- mounting plates;
- connecting fittings and pipelines;
- three-line flow controller.

Owing to the three-phase power supply system, it is possible to determine with high accuracy the power supplied to the main pump of the stand and methodically correctly obtain the operating and cavitation characteristics of the pump, as well as determine the efficiency of the hydraulic drive during translational and rotational movement of the output links.

When testing hydraulic drives and hydraulic motors, it is possible to change the speed of movement of the output links and the load on them in a wide range.

When selecting the hydraulic devices of the stands, coordination of their pressure and flow characteristics is ensured, which allows conducting experimental studies of various modes, including nominal ones.

The information and measurement system of the stand provides determination of pressure (eight pressure gauges and one vacuum gauge are installed on the stand), flow rates (the stand includes two flow meters: volumetric type – for measuring the flow rate of internal leaks and speed type), temperature of the working fluid, power supplied to the main pump, power at the output links (cylinder and hydraulic motor), revolution rate of the shafts of the main pump and hydraulic motor.

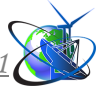
Rotation rates are measured with electronic frequency meters. The stand also includes an electronic stopwatch. Software and methodical support are added to the laboratory stand: a set of methodical and technical documentation intended for the teaching staff.

With this stand, the following laboratory works can be carried out.

1. Study of the device and determination of operational and cavitation characteristics of the gear pump.
2. Study of the device and determination of the characteristics of the axial-piston non-regulated hydraulic motor.
3. Study of the device and determination of hydraulic cylinder characteristics.
4. Study of the characteristics of a controllable volumetric hydraulic drive with translational movement of the output link (controlled by a throttle).
5. Study of the characteristics of a controllable volumetric hydraulic drive with rotational movement of the output link (controlled by a throttle).
6. Study of the effectiveness of the use of two- and three-line flow regulators in an controllable hydraulic drive.

The mentioned laboratory stand HTIQ-11.36.1 "Hydraulic machines and drives M2" is advisable to use when conducting classes in the disciplines: "Electrical engineering, electronics and microprocessor engineering", "Fundamentals of designing robotic systems" and "Electrical drives of robots".

We will consider the characteristics of the laboratory stand HTIQ-10.67 "Distribution networks of power supply systems with MPSZ" NTC-10.67 and prove the expediency of its use in educational activities.



Structurally, the stand consists of a case in which part of the electrical equipment, a microprocessor measuring system, a front panel and an integrated workbench are mounted.

In the casing of the stand there are:

- step-down transformers;
- a thyristor voltage regulator board (TVR);
- a set of load resistors;
- a set of capacitors;
- inductors used as chokes;
- a unit of incandescent lamps ~220 V 15 W, 15 lamps;
- power autotransformer based on OSM1-0.1;
- microprocessor measuring system module; which provides multi-channel measurement in all three phases with the output of measured current and voltage values on digital indicators.

The set of measured parameters is sufficient for effective studying of processes in electric power systems without connecting the stand to a computer. By connecting the stand to the computer (via USB) and using the supplemented software, it is possible to display oscillograms of currents and voltages in each of the three phases in static and transient processes. This significantly increases the quality and depth of knowledge acquired by students during laboratory classes.

The front panel shows electrical diagrams of the objects of study. All the circuits depicted on the panel are divided into groups according to the subject of the work to be conducted. On the panel, are installed switching sockets, switching equipment, as well as control bodies that allow alterations of the parameters of the elements studied during laboratory work.

Controls on the front panel of the stand:

- the switch of the incandescent lamp unit (the load of the circuits) for setting different modes of operation of the investigated 3-phase network;
- toggle switches of the bank of capacitors for changing the capacitance in the range from 0 to 31 μF with a step of 1 μF ;
- setting potentiometer of the TVR.

To carry out the work, it is necessary to assemble the circuit of the research object with the help of unified jumpers, which ensure that the assembled circuit can be clearly observed.

Conducting laboratory work is possible both in manual mode and in the mode of interaction with a personal computer. It is possible to assemble circuits of one's own design using jumpers of different lengths and connecting required points of the circuit to the measuring channels of the microprocessor measuring system.

The laboratory stand is supplemented with software and methodological support:

- student testing program for admission to laboratory work. In the testing process, both theoretical knowledge and knowledge of the content of the performed laboratory work are checked. As a result of testing, the student receives a knowledge assessment;
- software of the measuring complex;



- a set of methodical and technical documentation intended for teaching staff.

The software enables the following actions:

- to display up to 21 measurement channels in one plot, with individual adjustment of scale parameters of the vertical axis for each of the channels and general adjustment of scale parameters of the horizontal axis for all channels;
- to build Lissajous figures for any two measuring channels;
- to perform spectrum analysis of any of the measurement channels used;
- to measure the signal frequency on any channel used;
- to calculate active, reactive power components, full power and power factor;
- to save the array of data from the buffer for further analysis;
- to export oscillograms in graphic formats;
- to set the parameters of the DAC for generation of sinusoidal, triangular and rectangular signals.

With the stand, the following laboratory works can be conducted:

1. Measurement of transformer operating mode parameters.
2. Measurement of power transmission line operating mode parameters.
3. Measurement of operating mode parameters of an open distribution electrical network.
4. The influence of reactive power compensation with the help of a capacitor bank on the operating mode parameters of an open distribution electric network.
5. Study of the static characteristic of the power of the capacitor bank.

The specified NTC-10.67 laboratory stand is advisable to use when conducting auditorium lessons in the following disciplines: "Electronics and automation devices", "Information devices of mechatronic systems", "Interchangeability, standardization and technical measurements".

Conclusions

To assess the level of development of the technical skills of future robotics engineers, we have developed and applied a system of interdisciplinary project-type courses that are practical in nature, contribute to the consolidation and deepening of the acquired technical knowledge, and expand the worldview of students.

The use of any industrial equipment during lectures to demonstrate the work process, its consequences and characteristics of various types of technologies also improves the assimilation of classroom material during the teaching of both general technical and special disciplines.

During the teaching of the lecture material, it is also possible to demonstrate stands, mock-ups, and operating equipment. In order to make the above possible, it would be desirable for general technical and graduation departments to have agreements on creative cooperation with relevant enterprises of the industry.

References:

1. Law of Ukraine "On Higher Education". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (date of application: 14.03.2021).



2. Law of Ukraine "On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding the Improvement of Educational Activities in the Field of Higher Education" No. 392-IX, adopted by the Verkhovna Rada on December 18, 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392-20> (date of application: 01/26/2022).

3. Bykov V.Yu. Theoretical and methodological principles of modeling the educational environment of modern pedagogical systems. Information technologies and teaching aids, 2005. P. 5–15.

4. Stein Jared, Graham Charles R. Series Editor: Marjori Vai. New York and London : Routledge : Taylor and Frensis Group, 2014. 210 p.

5. Andreev A.A. Some problems of pedagogy in modern informational and educational environments. Innovations in education. 2004. No. 6. P. 98–113.

6. I. M. Dychkivska Innovative pedagogical technologies: educational manual / I. M. Dychkivska. - K.: Akademvydav, 2004. - 352 p.

7. Bykov V. Yu. Models of organizational systems of open education: monograph. Kyiv: Atika, 2008. 684 p.

8. Korets M.S. Methodology of teaching technical academic disciplines: study guide. Kyiv: Department of the NPU named after M.P. Drahomanova, 2019. 240 p.

9. Yashchuk S.M. Professional training of a teacher of general technical disciplines: theoretical aspect: study guide. Uman: FOP Zhovtyy O.O., 2015. 133 p.

10. Beh I. D. Competency approach in modern education. Higher pedagogy: methodology, theory. Kyiv: Genesis, 2009. P. 21-25.

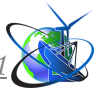
11. Bykov V.Yu. Informatization of the general educational and vocational technical school of Ukraine: conceptual principles and priority directions. Professional education: pedagogy and psychology. Częstochowa: Publishing House of the Higher Pedagogical School in Czestochowa, 2003. Edition IV. P.501 - 515.

12. Nazarova T. S. Instrumental didactics: promising means. M.: St. Petersburg. Nestor-History, 2012. 436 p.

13. Saveliev A. Ya., Semushina L. G., Kagermanyanyan V. S. Content, forms and methods of training in higher education: analytical reviews of the main directions of higher education development. M.: NIIVO, 2005. Issue 3. 72 p.

14. Introduction to digital circuit engineering URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/104/104/info> (access date 09.09.2021).

Анотація. Нові нормативні вимоги до системи вищої освіти в Україні потребують впровадження інноваційних підходів до змісту та організації навчального процесу. У зв'язку з цим підготовка компетентних спеціалістів з робототехніки потребує оновлення форм, методів і засобів проведення аудиторних занять. Водночас виникає необхідність змін у традиційній освіті, створення нової методичної системи, де провідна роль відводиться практичній реалізації теоретичних знань, прийняттю проектно-технічних і конфігураційних рішень. З цією метою доцільно створити методичне забезпечення викладання навчальних дисциплін професійної робототехніки за допомогою багаторівневої функціональної системи навчання. Перспективним може бути побудова комплексу моделей, взаємозв'язки між якими встановлюються конструктивно, організовуючи їх в одну систему із забезпеченням переходу від однієї до іншої. Міжпредметні зв'язки забезпечують розв'язання протиріч між набутими знаннями з різних дисциплін і необхідністю їх інтеграції, а також практичне застосування сукупності цих знань. Для викладання дисциплін робототехнічного комплексу доцільно використовувати атестовані навчальні



лабораторні стенди для проведення занять з кількох дисциплін та конструктивно організовувати зв'язки між ними.

Ключові слова: робототехніка, методичне забезпечення, професійна компетентність, комплекс моделей, лабораторний стенд, конструктивні зв'язки, міжпредметні зв'язки

Стаття отримана: 19.12.2022 г.

© Алексєєнко С.В., Кадильникова Т.М., Дудніков В.С.



УДК 662.769.2:620.92

OVERVIEW OF THE PROBLEMS OF REGULATORY PROVISION FOR THE USE OF HYDROGEN AND HYDROGEN-NATURAL GAS BLENDS IN INDUSTRY

ОГЛЯД ПРОБЛЕМ НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ ТА ГАЗОВОДНЕВИХ СУМІШЕЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Soroka N.-A. Yu. / Сорока Н.-А. Ю.

PhD student / аспірант

ORCID: 0000-0002-8549-7014

Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas,

Ivano-Frankivsk, Karpatska str., 15, 76019

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, 76019

Karpash M. O. / Карпаш М. О.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-4223-3828

King Danylo University, Ivano-Frankivsk, E. Konovaltsia str., 35, 76018

Університет Короля Данила, в Івано-Франківськ, вул. Є. Коновальця, 35, 76018

Анотація. Зміна клімату та її наслідки стимулюють розробку урядами подальших планів і стратегій та фокусують увагу на діяльності щодо зменшення обсягів споживання енергії та способів декарбонізації різних секторів економіки. Вектор конкретних дій забезпечується наявністю законодавчих та регуляторних документів, в цей же час стандарти регламентують найкращі технічні рішення для оптимального застосування технологій у повсякденному житті. Водень є одним з важелів декарбонізації секторів економіки, які важко електрифікувати чи знизити рівень викидів парникових газів іншими способами. Це стосується насамперед транспортного сектору, теплопостачання, виробництва сталі, цементу та ін. Публікація визначає основну регуляторну документацію для переходу на водневу економіку в Європейському Союзі та Україні, містить огляд міжнародного нормативного забезпечення щодо водню і газоводневих сумішей. Було розглянуто стандарти таких організацій як ISO, CEN, ASTM, ANSI, ASME, CGA, SAE, UL, CSA, JISC, SAC, BSI та УкрНДНЦ і наведено деякі з найновіших стандартів у даній роботі. Публікація визначає стан стандартизації водню та водневих технологій у ЄС та Україні та актуалізує прогалини у нормативному забезпеченні.

Ключові слова: водень, газоводневі суміші, нормативне забезпечення, стандарт.

Вступ.

Зростання кількості населення, підвищення рівня життя та інші чинники спричиняють збільшення обсягів споживання енергії. До 2040 року МЕА прогнозує зростання споживання енергії на 1,3 % щорічно від рівня споживання 2018-го року [1], що загалом становить зростання споживання енергії на 34% [2]. З метою пом'якшення впливу людини на клімат, 196 країн ратифікували Паризьку угоду в 2015-му році. Метою Паризької кліматичної угоди визначено утримання зростання середньої світової температури нижче 2 °C відносно доіндустріального періоду, а в перспективі обмеження зростання температури до 1,5 °C відносно доіндустріального рівня [3].

Ратифікація Паризької кліматичної угоди стала поштовхом для ЄС щодо подальших розробок у регуляторній площині задля досягнення своїх цілей. 2016-го року ЄС опублікував Енергетичний пакет «Чиста енергія для всіх



європейців». Даний пакет складається з 8-ми законодавчих актів, що стосуються енергоефективності будівель, відновлювальної енергетики, енергоефективності загалом, регулювання управління та дизайну ринку електроенергії [4], [5].

В рамках цього пакету було видано у 2018-му році Положення про управління енергетичним союзом і кліматичні заходи ((EU) 2018/1999) [6]. Це Положення вимагало встановлення інтегрованого 10-річного національного плану з енергетики та клімату (НПЕК) кожним членом ЄС до кінця 2019-го року [4], [5].

В грудні 2019-го року було представлено Європейську Зелену угоду (EU «Green Deal»), ціллю якої є створення кліматично нейтральної Європи до 2050-го року внаслідок глибокої декарбонізації всіх секторів економіки. Також в рамках угоди було підвищено планку зменшення викидів парникових газів до 2030-го року до 50-55% [7]. В рамках Європейської Зеленої угоди в липні 2020-го року було представлено стратегію ЄС з інтеграції енергетичних систем. Дана стратегія передбачає використання водню для декарбонізації споживачів, яких технічно неможливо або надто дорого перевести на електричне опалення. Також значна увага приділяється виробництву водню шляхом електролізу, що допоможе використовувати надлишкову відновлювальну електроенергію, а також забезпечить синергію між секторами електроенергії, газу та кінцевих споживачів. Стратегія ЄС з інтеграції енергетичних систем також розглядає приклади використання водню у виробничих процесах, як паливо для вантажного, залізничного транспорту, авіації та морського транспорту.

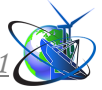
Опублікована у липні 2020-го року воднева стратегія ЄС представляє заходи, необхідні для економічно-ефективної декарбонізації, охоплюючи весь ланцюг створення доданої вартості водню [8].

Метою цієї статті є спроба дати огляд стану нормативного забезпечення використання водню та газоводневих сумішей в країнах Європейського Союзу та Україні, а також визначити напрямки подальшого розвитку цього напрямку, ідентифікувати потребу в додаткових дослідженнях.

Основний текст.

Воднева стратегія ЄС базується на водневій дорожній карті до 2050-го року і охоплює 3 періоди: 2020-2024 рр., 2025-2030 рр. та 2031-2050 рр. Протягом першого періоду стратегічною метою є встановлення електролізерів потужністю щонайменше 6 ГВт і виробництва до 1-го млн. т «зеленого» водню. Даний крок допоможе декарбонізувати наявне виробництво водню та прискорити впровадження споживання водню іншими секторами, наприклад, транспортним та промисловістю. Другий період стратегії передбачає 40 ГВт встановленої потужності електролізерів та виробництва до 10-ти млн. т «зеленого» водню. Стратегією розглядається, що за цей період водень повинен стати зв'язковою частиною інтегрованої енергетичної системи, а також з'являться локальні водневі кластери. Протягом третього періоду очікується, що водневі технології досягнуть зрілості і набудуть широкого розповсюдження у всіх секторах, яких важко декарбонізувати.

Основні заходи, передбачені у водневій стратегії ЄС [9], є наступними:



- забезпечення за допомоги Європейського Альянсу Чистого Водню (European Clean Hydrogen Alliance) інвестицій для стимулювання зросту виробництва та споживання водню;
- запровадження комплексної термінології (таксономії) та критеріїв сертифікації «зеленого» та «блакитного» водню на рівні ЄС;
- планування водневої інфраструктури включно з Транс'європейською енергетичною та транспортною мережами (TEN-E, TEN-T), а також Десятирічним планом розвитку мереж (TYNDPs);
- прискорення темпу розширення заправної інфраструктури при перегляді Директиви про розгортання інфраструктури для альтернативних видів палива;
- посилення лідерства ЄС в сфері технічних стандартів, нормативних документів та визначень щодо водню;
- сприяння кооперації з країнами східного та південного партнерства, зокрема України;
- сприяння дослідженням, інноваціям та пілотним проектам, що охоплюють увесь процес створення доданої вартості водню.

Європейське законодавство та регулювання базуються, в основному, на директивах та положеннях. Кожна держава, що є членом ЄС, має свободу вибору, яким чином досягти поставлених цілей і адаптувати директиви та положення ЄС у свої закони. Поточні рамки європейського законодавства ще не охоплюють водень і газоводневі суміші природного газу в магістральних мережах і системах високого тиску. Це стосується зокрема допустимих концентрацій водню у сумішах з природним газом та якості водню.

Тому, на разі, водень підпадає під дію директив та положень щодо регулювання ринку природного газу, відновлювальної енергетики, безпечного газопостачання, а також приладів, що працюють у вибухонебезпечних середовищах тощо [10]. Перший в Україні реалізований пілотний проект з дослідження можливості використання газоводневих сумішей в газорозподільчих мережах також вказав на існуючі обмеження в частині нормативного забезпечення [11].

В Україні задля забезпечення відповідної регуляторної діяльності щодо водню було опубліковано у 2021-му році проєкт Водневої стратегії України [12]. Цей проєкт визначає перспективи використання водню, встановлює цілі та пріоритети стратегії, а також етапи та основні заходи реалізації стратегії.

Загальною метою Водневої стратегії визначено створення водневої енергетики як елементу енергетичної системи України. Цілі, зазначені у документі, розподілені на короткострокові, середньострокові та довгострокові. Короткострокові цілі охоплюють період з 2022-го по 2025-й роки і повинні створити основу водневої енергетики і забезпечити запуск експорту зеленого водню. Середньострокові цілі (2026 – 2030 рр.) повинні збільшити обсяги виробництва водню і диверсифікувати первинні енергоносії. Довгострокові цілі (2031 – 2050 рр.) повинні забезпечити прискорене розширення ринку, зокрема експорту водню.

Воднева стратегія ставить в пріоритет виробництво та споживання



зеленого водню, що безпосередньо дозволить Україні досягати кліматичних цілей. Серед низки першочергових завдань наведено наступні:

- створення законодавчо-нормативної та нормативно-технічної бази;
- організація науково-технічного, інформаційного забезпечення та освіти;
- створення методичного забезпечення;
- застосування методів економічного стимулювання;
- використання системи міжнародного співробітництва;
- першочергове впровадження розробок у галузі водневої енергетики на базі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) та ін.

В проєкті Стратегії розглянуто використання водню у електро- та теплоенергетиці, транспортному секторі та промисловості. Приділяється також належна увага застосування водню у автономних системах енергозабезпечення та інтеграції водневої інфраструктури з газовими мережами.

Щодо нормативного забезпечення, Воднева стратегія акцентує на необхідності створення нормативної бази, пов'язаної з газоводневими сумішами у газотранспортних мережах. Важливим початковим етапом є огляд та аналіз українських та міжнародних стандартів, гармонізація нормативного забезпечення України та ЄС та впровадження прозорих правил сертифікації водню [13].

За аналогією з розвитком газових мереж в Україні та країнах Європейського Союзу, виконано аналіз існуючої системи стандартизації щодо використання водню та газоводневих сумішей.

Стандарти. У зв'язку з необхідністю стандартизації водневих технологій було розпочато роботу низки технічних комітетів. Перелік деяких основних технічних комітетів наведений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Перелік міжнародних та європейських технічних комітетів, що стосуються водню та газоводневих сумішей [10], [14]

Технічний комітет	Тема
CEN/CLC/JTC 6	Водень в енергетичних системах
ISO/TC 197	Водневі технології
ISO/TC 265	Уловлювання, транспортування та зберігання діоксиду вуглецю в геологічних структурах
IEC/TC 105	Паливно-комірчані технології
CEN/TC 234	Газова інфраструктура
CEN/TC 237	Газові лічильники
ISO/TC 161	Пристрої контролю та захисту для газу та/чи нафти (актуальне для розподільних мереж)
CEN/TC 238	Випробувальні гази, випробувальний тиск, категорії та типи газових приладів
ISO/TC 58	Газові балони
CEN/TC 268	Криогенні посудини та застосування конкретних водневих технологій
CEN/JTC 14	Енергетичний менеджмент та енергоефективність в рамках енергетичного переходу



В ході роботи було розглянуто стандарти Міжнародної організації зі стандартизації (ISO), Американського інституту національних стандартів (ANSI), Асоціації стисненого газу (CGA), Національної асоціації захисту від пожеж (NFPA), Американського товариства інженерів-механіків (ASME), Європейського комітету зі стандартизації (CEN) та ін. Оскільки наразі ще не має стандартів суто для газоводневих сумішей, враховувалися переглянуті стандарти газової інфраструктури, які допускають можливість використання даних сумішей у газових мережах. Також було розглянуто стандарти ISO щодо уловлювання та зберігання діоксиду вуглецю, оскільки дана технологія необхідна для виробництва «блакитного» водню, який допоможе в стислих термінах декарбонізувати наявне виробництво водню з викопного палива і слугувати перехідним етапом до впровадження технологій виробництва «зеленого» водню у широких масштабах. Адаптовані стандарти не враховувалися.

В таблиці 2 наведено частину з розглянутих стандартів, що регламентують виробництво, транспортування, зберігання та споживання водню в секторах транспорту, теплопостачання тощо. Також наведено перелік стандартів, що стосуються впливу водню на механічні характеристики матеріалів.

Загальна кількість розглянутих стандартів становить 193 стандарти. Рисунок 1 відображає кількість стандартів по організаціях. Кількість стандартів органів стандартизації по конкретному напрямку відображено на рисунку 2. У випадку, коли стандарт розроблявся декількома організаціями, у графіки вносилися перша вказана організація.

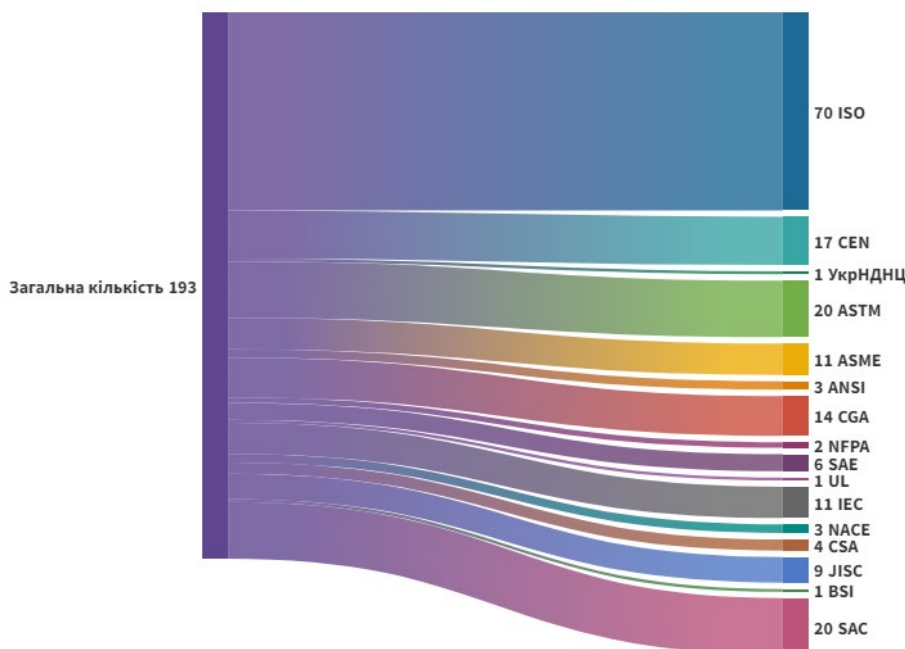
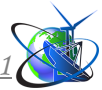


Рисунок 1 – Кількість стандартів по організаціях зі стандартизації

Авторська розробка

Аналіз за назвами нових технічних стандартів в сферах, що пов'язані з промисловим використанням водню, свідчить про наступне:

- ✓ водневі технології стали рушійним чинником розроблення нових та



- перегляду існуючих нормативних документів у суміжних сферах (транспортування, зберігання та розподілу газу);
- ✓ більшість стандартів стосуються впливу водню на фізико-хімічні властивості матеріалів, безпечної експлуатації водню та водневих систем, зберігання водню та його застосування у транспортному секторі;
 - ✓ наявні лише 3 стандарти щодо водневих та газових побутових приладів;
 - ✓ в США більш розвинуте нормативне забезпечення щодо транспортування водню трубопроводами, ніж у Європейському Союзі;
 - ✓ наявною є незначна кількість стандартів, що регламентують методики вимірювання та засоби вимірювальної техніки для водню та газоводневих сумішей;
 - ✓ на даний момент відсутні стандарти суто для газоводневих сумішей, їх застосування регулюється переглянутими стандартами газової інфраструктури.

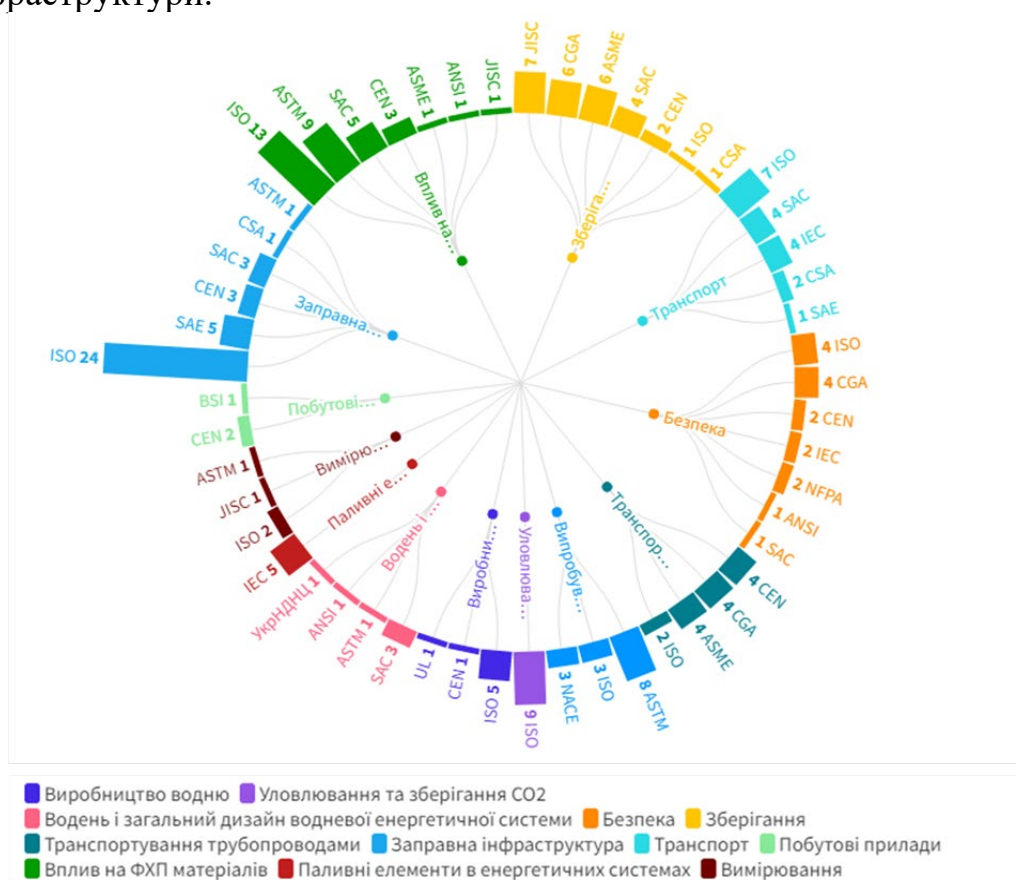


Рисунок 2 – Кількість стандартів по напрямках та організаціях зі стандартизації

Авторська розробка

Таблиця 2 – Нові релевантні стандарти, пов'язані з воднем та газоводневими сумішами у газовій інфраструктурі [10], [14]-[26]

№ n/n	№ стандарту	Назва
Міжнародна організація зі стандартизації (ISO)		
1	ISO 14687:2019	Hydrogen fuel quality – Product specification (Якість водневого палива. Технічні характеристики продукції)



2	ISO 22734:2019	Hydrogen generators using water electrolysis — Industrial, commercial, and residential applications (Водневі генератори з використанням електролізу води. Промислове, комерційне та житлове застосування)
3	ISO/TR 15916:2015	Basic considerations for the safety of hydrogen systems (Основні концепції щодо безпеки водневих систем)
4	ISO/TS 16922:2022	Natural gas – Odorization (Природний газ. Одоризація)
5	ISO 16111:2018	Transportable gas storage devices - Hydrogen absorbed in reversible metal hydride (Транспортабельні пристрої для зберігання газу. Водень, абсорбований оборотним гідридом металу)
6	ISO 17268:2020	Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices (Пристрої підключення для заправки наземних транспортних засобів газоподібним воднем)
7	ISO 19880-1:2020	Gaseous hydrogen – Fuelling stations – Part 1: General requirements (Газоподібний водень. Заправні станції. Частина 1. Загальні вимоги)
8	ISO 19880-3:2018	Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 3: Valves (Газоподібний водень. Заправні станції. Частина 3. Клапани)
9	ISO 19880-5:2019	Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 5: Dispenser hoses and hose assemblies (Газоподібний водень. Заправні станції. Частина 5. Шланги дозаторів та шлангові з'єднання)
10	ISO 19880-8:2019	Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 8: Fuel quality control (Газоподібний водень. Заправні станції. Частина 8. Контроль якості палива)
11	ISO 23828:2022	Fuel cell road vehicles — Energy consumption measurement — Vehicles fuelled with compressed hydrogen (Дорожні транспортні засоби. Вимірювання споживання енергії. Транспортні засоби, що працюють на стисненому водні)
12	ISO/TR 20491:2019	Fasteners - Fundamentals of hydrogen embrittlement in steel fasteners (Кріпильні вироби. Основи водневої крихкості сталевих кріпильних виробів)
13	ISO 16573-2:2022	Steel — Measurement method for the evaluation of hydrogen embrittlement resistance of high-strength steels — Part 2: Slow strain rate test (Сталь. Метод вимірювання для оцінки стійкості до водневої крихкості високоміцних сталей. Частина 2. Випробування з повільною швидкістю деформації)



Європейський комітет зі стандартизації (CEN)		
1	EN 17649:2022	Gas infrastructure - Safety Management System (SMS) and Pipeline Integrity Management System (PIMS) - Functional requirements (Газова інфраструктура. Система Управління Безпекою (СУБ) та Система Управління Цілісністю Трубопроводу (СУЦТ). Функційні вимоги)
2	EN 17533: 2020	Gaseous hydrogen - Cylinders and tubes for stationary storage (Газоподібний водень. Балони і труби для стаціонарного зберігання)
3	EN 17339: 2020	Transportable gas cylinders - Fully wrapped carbon composite cylinders and tubes for hydrogen (Транспортабельні газові балони. Повністю загорнуті вуглецеві композитні балони та труби для водню)
4	EN 12583:2022	Gas Infrastructure - Compressor stations – Functional requirements (Газова інфраструктура. Компресорні станції. Функційні вимоги)
5	EN 12732:2021	Gas infrastructure - Welding steel pipework - Functional requirements (Газова інфраструктура. Зварювання сталевих трубопроводів. Функційні вимоги)
6	EN 17124:2022	Hydrogen fuel - Product specification and quality assurance for hydrogen refuelling points dispensing gaseous hydrogen - Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for vehicles (Водневе паливо. Технічні характеристики продукції та забезпечення якості для водневих заправних станцій, що відпускають газоподібний водень. Застосування паливних елементів на протонно-обмінній мембрані (PEM) для транспортних засобів)
7	EN 17127:2020	Outdoor hydrogen refuelling points dispensing gaseous hydrogen and incorporating filling protocols (Зовнішні пункти заправки воднем, що відпускають газоподібний водень і містять протоколи заправки)
8	EN 437:2021	Test gases – test pressures – appliance categories (Випробувальні гази. Випробувальний тиск. Категорії приладів)
9	EN 15502-2-1:2022	Gas-fired central heating boilers - Part 2-1: Specific standard for type C appliances and type B2, B3 and B5 appliances of a nominal heat input not exceeding 1 000 kW (Котли газові для центрального опалення. Частина 2-1. Спеціальний стандарт для приладів типу C та приладів типів B2, B3 та B5 з номінальною тепловою потужністю не більше ніж 1 000 кВт)



Underwriters Laboratories (UL)		
1	UL 2264A Ed. 2-2021	Outline Of Investigation For Water Electrolysis Type Hydrogen Generators (План досліджень водневих генераторів типу електролізу води)
Американське товариство випробувань і матеріалів (ASTM)		
1	ASTM D7265-12(2018)	Standard Specification for Hydrogen Thermophysical Property Tables (Стандартна специфікація для таблиць теплофізичних властивостей водню)
2	ASTM F2078-22	Standard Terminology Relating to Hydrogen Embrittlement Testing (Стандартна термінологія, що стосується випробувань на водневу крихкість)
3	ASTM B849-02(2019)	Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement (Стандартна специфікація для попередньої обробки заліза або сталі для зниження ризику водневої крихкості)
Американський інститут національних стандартів (ANSI)		
1	ANSI/CGA H-5-2020	Bulk Hydrogen Supply Systems - Third Edition (Системи масового постачання водню. Третє видання)
2	ANSI/AIAA G-095A-2017	Guide To Safety Of Hydrogen And Hydrogen Systems (Керівництво з безпеки використання водню та водневих систем)
Національний орган зі стандартизації України (УкрНДНЦ)		
1	ДСТУ 2655-94	Водень. Терміни та визначення
Міжнародна електротехнічна комісія (IEC)		
1	IEC 60079-10-1:2020	Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres (Вибухонебезпечні середовища. Частина 10-1. Класифікація зон. Середовища газові вибухонебезпечні)
2	IEC 60079-29-1:2016+A1:2020	Explosive atmospheres - Part 29-1: Gas detectors - Performance requirements of detectors for flammable gases (Вибухонебезпечні середовища. Частина 29-1. Газоаналізатори. Вимоги до характеристик газоаналізаторів горючих газів)
Асоціація стисненого газу (CGA)		
1	CGA P-28-2022	OSHA Process Safety Management And EPA Risk Management Plan Guidance Document For Bulk Liquid Hydrogen Supply Systems (Керівний документ OSHA щодо управління технологічною безпекою та EPA щодо плану управління ризиками для систем масового постачання зрідженого водню)
2	CGA G-5.5-2021	Standard For Hydrogen Vent Systems - 4th Edition (Стандарт для водневих вентиляційних систем. Четверте видання)



3	CGA H-3-2019	Standard for cryogenic Hydrogen Storage (Стандарт для криогенного зберігання водню)
4	CGA PS-20	CGA Position statement on the direct burial of gaseous hydrogen storage tanks (Заява про позицію CGA щодо безпосереднього закопування ємностей для зберігання газоподібного водню)
5	CGA P-41-2018	Locating bulk liquid storage systems in courts (Розміщення систем масового зберігання зрідженого водню на подвір'ях)
6	CGA P-8.10 : 2021	Industrial Gas Pipeline Integrity Management (Управління цілісністю промислових газопроводів)
Комітет промислових стандартів Японії (JISC)		
1	TS B 0037:2019	Quality and designation for hydrogen composite pressure vessels (Якість і маркування водневих композитних посудин під тиском)
2	JIS Z 3118:2022	Determination of diffusible hydrogen content in steel weld metal (Визначення вмісту дифузійного водню в металі сталевого зварного шва)
Адміністрація зі стандартизації Китаю (SAC)		
1	GB/T 40045-2021	Fuel Specification For Hydrogen Powered Vehicles -- Liquid Hydrogen (LH2) (Технічні характеристики палива для транспортних засобів, що працюють на водні. Зріджений водень (LH2))
Британський інститут стандартів (BSI)		
1	PAS 4444:2020 + A1:2021	Hydrogen-Fired Gas Appliances. Guide (Газові прилади, що працюють на водні. Інструкція)

В Україні наявний ДСТУ 2655-94 Водень. Терміни та визначення. Даний стандарт визначає загальні вимоги щодо водню як хімічної речовини [27]. Адаптовано 15 з розглянутих міжнародних стандартів, також адаптовано 4 стандарти газової інфраструктури, які охоплюють попередні версії вищенаведених стандартів.

Таблиця 3 – Адаптовані в Україні стандарти газової інфраструктури, що базуються на застарілих версіях стандартів CEN [23], [28]

Чинний стандарт CEN	Адаптований стандарт	Рік публікації чинного стандарту CEN	Рік публікації стандарту, що адаптувався
EN 12583:2022 Gas Infrastructure - Compressor stations – Functional requirements	ДСТУ EN 12583:2017 Газова інфраструктура. Компресорні станції. Функційні вимоги (EN 12583:2014, IDT)	2022	2014



EN 12732:2021 Gas infrastructure - Welding steel pipework - Functional requirements	ДСТУ EN 12732:2022 Газова інфраструктура. Зварювання сталевих трубопроводів. Функційні вимоги (EN 12732:2013 + A1:2014, IDT)	2021	2013 зі змінами у 2014
EN 437:2021 Test gases – test pressures – appliance categories	ДСТУ EN 437:2018 Випробувальні гази. Випробувальний тиск. Категорії приладів (EN 437:2018, IDT)	2021	2018
EN 15502-2-1:2022 Gas-fired central heating boilers - Part 2-1: Specific standard for type C appliances and type B2, B3 and B5 appliances of a nominal heat input not exceeding 1 000 kW	ДСТУ EN 15502-2-1:2019 Котли газові для центрального опалення. Частина 2-1. Спеціальний стандарт для приладів типу C та приладів типів B2, B3 та B5 з номінальною тепловою потужністю не більше ніж 1 000 кВт (EN 15502-2-1:2012 + A1:2016, IDT)	2022	2012 зі змінами у 2016

В таблиці 3 наведено чинні стандарти CEN, адаптовані в Україні та рік випуску стандарту, що був адаптованим. Оскільки лише в останніх версіях CEN стандартів включено можливість застосування водню чи газозводневих сумішей, ДСТУ EN 12583:2017, ДСТУ EN 12732:2022, ДСТУ EN 437:2018 та ДСТУ EN 15502-2-1:2019 не будуть враховуватися.

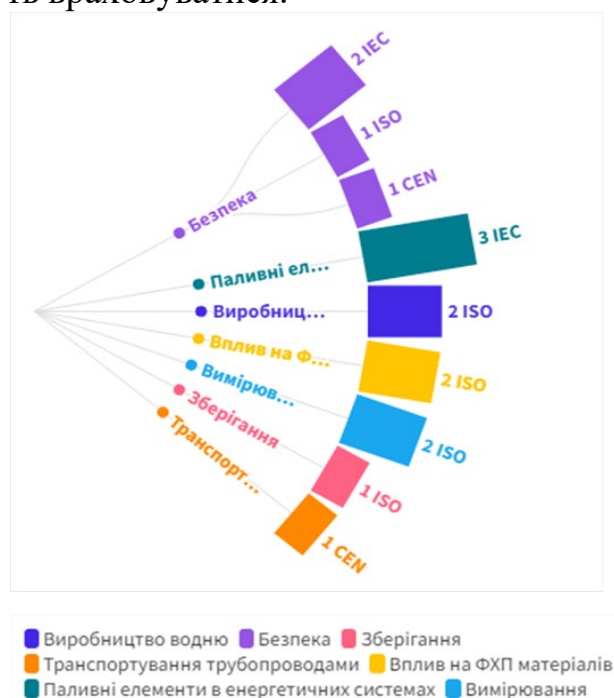


Рисунок 3 – Кількість адаптованих в Україні міжнародних стандартів по напрямках та організаціях зі стандартизації

Авторська розробка



Як видно з рисунку 3, в Україні відсутні стандарти по напрямках водневої інфраструктури, водневого транспорту, уловлювання та зберігання вуглецю. Адаптовано стандарти ISO, CEN та IEC і їх кількість становить лише 15% від наведених в даній роботі стандартів цих організацій. Список адаптованих стандартів наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Міжнародні стандарти, адаптовані в Україні [28]

№ n/n	№ стандарту	Назва
1	ДСТУ ISO 14687:2021	Якість водневого палива. Технічні характеристики продукції (ISO 14687:2019, IDT)
2	ДСТУ ISO 22734:2021	Водневі генератори з використанням електролізу води. Промислове, комерційне та житлове застосування (ISO 22734:2019, IDT)
3	ДСТУ ISO/TR 15916:2021	Основні концепції щодо безпеки водневих систем (ISO/TR 15916:2015, IDT)
4	ДСТУ EN 60079-10-1:2018	Вибухонебезпечні середовища. Частина 10-1. Класифікація зон. Середовища газові вибухонебезпечні (EN 60079-10-1:2015, IDT; IEC 60079-10-1:2015, IDT)
5	ДСТУ EN 60079-29-1:2017	Вибухонебезпечні середовища. Частина 29-1. Газоаналізатори. Вимоги до характеристик газоаналізаторів горючих газів (EN 60079-29-1:2016, IDT)
6	ДСТУ EN 14986:2017	Проектування вентиляторів, що працюють у потенційно вибухонебезпечному середовищі (EN 14986:2017, IDT)
7	ДСТУ EN 1594:2019	Газова інфраструктура. Трубопроводи з максимальним робочим тиском понад 16 бар. Функційні вимоги (EN 1594:2013, IDT)
8	ДСТУ ISO 16111:2019	Транспортабельні пристрої для зберігання газу. Водень, абсорбований оборотним гідридом металу (ISO 16111:2018, IDT)
9	ДСТУ ISO 6974-6:2007	Природний газ. Визначення складу із заданою невизначеністю методом газової хроматографії. Частина 6. Визначення водню, гелію, кисню, азоту, вуглекислого газу і вуглеводнів від C1 до C8 із використанням трьох капілярних колонок (ISO 6974-6:2002, IDT)
10	ДСТУ EN ISO 6974-1:2021	Природний газ. Визначання складу та пов'язаної з ним непевності методом газової хроматографії. Частина 1. Загальні засади та обчислювання складу (EN ISO 6974-1:2012, IDT; ISO 6974-1:2012, IDT)
11	ДСТУ EN ISO 3690:2019	Зварювання та споріднені процеси. Визначення вмісту водню в металі шва під час дугового зварювання (EN ISO 3690:2018, IDT; ISO 3690:2018, IDT)



12	ДСТУ ISO 15330:2003	Кріпильні вироби. Випробовування попереднім навантажуванням на виявлення водневої крихкості. Метод паралельних опорних поверхонь (ISO 15330:1999, IDT)
13	ДСТУ EN 62282-3-300:2017	Технології паливних елементів. Частина 3-300. Стаціонарні енергетичні установки на паливних елементах. Установлення (EN 62282-3-300:2012, IDT; IEC 62282-3-300:2012, IDT)
14	ДСТУ EN 62282-3-100:2014	Технології паливних елементів. Частина 3-100. Стаціонарні енергетичні установки на паливних елементах. Вимоги щодо безпечності (EN 62282-3-100:2012, IDT)
15	ДСТУ EN IEC 62282-5-100:2019	Технології паливних елементів. Частина 5-100. Портативні енергетичні установки на паливних елементах. Вимоги щодо безпечності (EN IEC 62282-5-100:2018, IDT; IEC 62282-5-100:2018, IDT)

Водневі проєкти та технології підпадають також під регулювання нормативно-правовими актами з охорони праці і нормативних актів з пожежної безпеки:

- НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні;
- НПАОП 24.11-1.03-78 Правила безпеки при виробництві водню методом електролізу води;
- НПАОП 0.00-1.14-70 Правила будови і безпечної експлуатації поршневих компресорів, що працюють на вибухонебезпечних і токсичних газах;
- НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання;
- НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском;
- НПАОП 11.1-1.07-90 Правила безпеки при експлуатації засобів і систем автоматизації та управління в газовій промисловості;
- НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок;
- НПАОП 63.2-1.06-02 (ДНАОП 1.1.23-1.06-02) Правила безпечної експлуатації та обслуговування обладнання автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС) [27], [29].

Наразі на рівні Європейського комітету зі стандартизації (CEN) не існує стандарту щодо концентрації водню в сумішах з природнім газом. В різних країнах ЄС допускається різна концентрація водню в сумішах з природнім газом, базована на допустимих значеннях, прийнятих Операторами ГТС цих країн. Оскільки Україна розглядається в ролі партнера у водневих проєктах ЄС, важливо враховувати допустимі концентрації водню при транспортуванні газоводневих сумішей трубопроводами.

Варто відзначити, що в ЄС оплата відбувається за спожиту енергію. Хоч в Україні було анонсовано намір щодо переходу до оплати за спожиту енергію,



на разі оплата відбувається за спожитий об'єм енергоносія. Теплотворна здатність водню на одиницю об'єму значно нижча за теплотворну здатність природного газу, тому для забезпечення споживачів необхідною кількістю енергії об'єм спожитого водню буде більшим, аніж для природного газу. Склад природного газу та об'ємна частка водню у суміші впливатимуть на енергетичні показники даної суміші, що, в свою чергу, впливатиме на обсяг споживання.

Перелічені вище стандарти не регламентують визначення об'єму водню у суміші, тому напрямком подальших досліджень обрано розробку програмного коду чи методики для визначення об'єму водню в загальному об'ємі спожитої чи транспортованої суміші.

Висновки.

Водень є одним із важелів досягнення кліматичних цілей країнами-підписантами Паризької угоди. Основною перевагою даного палива є можливість міжсекторального застосування та зниження рівня викидів парникових газів у секторах промисловості, які важко декарбонізувати. Для країн з високим потенціалом відновлювальної енергетики, зокрема України, водень є можливістю досягнення енергетичної незалежності. Водневі проєкти відіграють критичну роль для визначення наявних технічних та нормативних обмежень, а також пропусків у знаннях щодо водневих технологій. Водневі проєкти також слугують основою для подальшого розгортання водневої економіки.

Оскільки водневі технології у промисловості не мали широкого застосування і стосувалися, в основному, переробки нафти та виготовлення добрив, нормативне забезпечення Європейського Союзу та України має значні прогалини в даній галузі. Враховуючи, що перехід на водневе паливо потребує значних капіталовкладень та технічних змін інфраструктури, доцільним є використання газоводневих сумішей для початку декарбонізації промисловості. На разі на рівні Європейського Союзу чи України немає жодного стандарту, що регламентує концентрацію водню у газоводневих сумішах. Певні обмеження щодо концентрації водню у сумішах встановлені лише Операторами ГТС країн.

Для заповнення прогалин у нормативному забезпеченні було запроваджено роботу низки технічних комітетів, що займаються водневими технологіями. Внаслідок активної роботи цих технічних комітетів протягом останніх 2-3 років було розроблено та опубліковано значну кількість стандартів. Також було переглянуто опубліковані водневі стандарти і деякі стандарти суміжних галузей, з метою забезпечення можливості використання газоводневих сумішей.

В процесі огляду чинних водневих стандартів було виявлено, що в ЄС майже не нормується використання водню та газоводневих сумішей у побутових та промислових газових приладах. Також недостатньо уваги приділено стандартизації транспортування водню трубопроводами газової інфраструктури.

В Україні, на даний момент, відсутні стандарти щодо газових приладів на водневому паливі, водневого транспорту та заправної інфраструктури. Загалом адаптовано лише декілька міжнародних стандартів, що не забезпечує



достатньої гармонізації для безбар'єрної роботи водневих проєктів в рамках співпраці з ЄС.

Не вирішеними залишаються питання комерційного обліку водню та особливо газоводневих сумішей, в тому числі, енергетичної цінності. Цей напрямок обрано для наступних досліджень.

Література:

1. World Energy Outlook // International Energy Agency, 2019. Р. 23. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418cdb/WEO2019-free.pdf>. (дата звернення: 07.08.2022).
2. Crooks E. The IEA's outlook to 2040 // Wood Mackenzie. URL: <https://www.woodmac.com/news/opinion/the-ieas-outlook-to-2040/>. (дата звернення: 07.08.2022).
3. The Paris Agreement // UNFCCC. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. (дата звернення: 08.08.2022)
4. Clean energy for all Europeans package // European Commission official website. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en. (дата звернення: 12.08.2022).
5. Андрієнко С. Ю., Степанюк В. К., Корбут М. Б. Інструменти четвертого енергопакету ЄС «Чиста енергія для усіх європейців», які можуть бути застосовані в Україні // Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції : збірник тез Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених, м. Житомир, 12 листоп. 2020 р. Житомир, 2020. С. 142.
6. On the Governance of the Energy Union and Climate Action : Regulation of the European Parliament and of the Council of 11.12.2018 № (EU) 2018/1999. *Official Journal of the European Union*. 2018. 21 Dec. Vol. 61, L 328. pp. 1–77.
7. The European Green Deal. Europe's new growth strategy. A climate-neutral EU by 2050. Brussels : United Nations Industrial Development Organization, 2020. 25 p.
8. Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration : Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels : European Commission, 2020. 21 p.
9. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe : Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels : European Commission, 2020. 23 p.
10. Bollien A., Dietzsch F., Lainez J. S., Schülken H. Assessment document of RCS barriers and enablers at EU level. Hydrogen in Gas Grids: A systematic validation approach at various admixture levels into high-pressure grids, 2020. 33 p.
11. Карпаш М.О., Райтер П.М., Яворський А.В., Олійник А.П., Уніговський Л.М. Дослідження герметичності газорозподільчих мереж у разі їх використання для постачання газоводневих сумішей. *Нафтогазова галузь України*. 2020. № 6. С.14-23.
12. Енергетична асоціація «Українська Воднева Рада» // Ukrainian



Hydrogen Council. URL: <https://hydrogen.ua/ua/>. (дата звернення: 19.08.2022).

13. Воднева стратегія України : проєкт // Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Київ, 2021. 90 с.

14. Hydrogen Technologies Standards : Discussion paper // Standards Australia, 2018. 14 p.

15. Tomevska S. Hydrogen Standards Forum : Outcomes report // Standards Australia, 2018. 11 p.

16. Hydrogen standards release summary // Standards Australia, 2020. 2 p.

17. Standards // ISO. URL: <https://www.iso.org/standards.html>. (дата звернення: 22.08.2022).

18. UL Empowering Trust // UL Solutions. URL: <https://www.ul.com/>. (дата звернення: 23.08.2022).

19. Yang Y., Xu H., Lu Q., Bao W. et al. Development of standards for hydrogen storage and transportation. E3S Web of Conf. 2020. Vol. 194, 02018. ICAEER 2020. 5 p.

20. ASTM International - Standards Worldwide. URL: <https://www.astm.org/> (дата звернення 30.08.2022).

21. American National Standards Institute - ANSI Home. URL: <https://www.ansi.org/>. (дата звернення 12.09.2022).

22. 首页 - 全国标准信息公共服务平台. URL: <https://std.samr.gov.cn/> (дата звернення 18.09.2022).

23. CEN - CENELEC - Search standards // CEN - CENELEC. URL: <https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=CEN:105::RESET:::>. (дата звернення 21.09.2022).

24. Homepage // IEC. URL: <https://www.iec.ch/homepage>. (дата звернення 24.09.2022).

25. 日本規格協会 JSA GROUP Webdesk. URL: <https://webdesk.jsa.or.jp/> (дата звернення 30.09.2022).

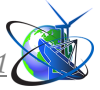
26. Standards, Training, Testing, Assessment and Certification // BSI Group. URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/>. (дата звернення 06.10.2022).

27. Radchenko V., Ilchuk M., Doludenko A. Hydrogen law, regulation & strategy in Ukraine // CMS. URL: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/ukraine>. (дата звернення 09.10.2022).

28. Каталог національних стандартів та кодексів усталеної практики. URL: <http://katalog.uas.org.ua/> (дата звернення 15.10.2022).

29. Dubko S. Draft Roadmap for production and use of hydrogen in Ukraine. 2021. 90 p.

Abstract. Climate change and its consequences stimulate governments to develop further plans and strategies and focus on activities to reduce energy consumption and ways to decarbonize various sectors of the economy. The vector of concrete actions is provided by legislative and regulatory documents, while standards regulate the best technical solutions for the optimal use of technologies in everyday life. Hydrogen is one of the levers for decarbonizing sectors of the economy that are difficult to electrify or reduce greenhouse gas emissions in other ways. This applies primarily to the transport sector, heat supply, steel and cement production, etc. This publication identifies the main regulatory documentation for the transition to a hydrogen economy



in European Union and Ukraine. It overviews the international regulatory provision for hydrogen and hydrogen-natural gas blends. The standards of such organizations as ISO, CEN, ASTM, ANSI, ASME, CGA, SAE, UL, CSA, JISC, SAC, BSI and UkrNDNC were reviewed and some of the most recent standards are presented in this paper. This paper determines the state of the art of hydrogen and hydrogen technologies standardization in the EU and Ukraine and updates the hydrogen regulatory framework gaps.

Key words: hydrogen, hydrogen-natural gas blends, regulatory provision, standard.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Карнаш М. О.

Стаття відправлена: 19.12.2022 р.

© Сорока Н.-А. Ю.



ENVIRONMENTALLY FRIENDLY GASES IN HIGH VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS

ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ГАЗИ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Kyryk V.V. / Кирик В.В.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф

Vovchynskyi D.O. / Вовчинський Д.О.

graduate student / магістрант

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",

Kyiv, Prosp.Peremohy, 37, 03056

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського", м. Київ, пр-т Перемоги, 37, 03056

Анотація. Стаття присвячена дослідженню впливу елегазу на навколишнє середовище при його застосуванні в електроустановках високої напруги та аналізу альтернатив у вигляді екологічно чистих електротехнічних газів. Акцентовано увагу на проблемі глобального потепління та парникових газах, які йому сприяють, оскільки їх концентрація в повітрі досягає значних рівнів. В електроенергетичній промисловості значного поширення набув електротехнічний газ – гексафторид сірки (елегаз SF_6) з досить низькою сумісністю з екологією. Висвітлено пошук екологічно чистого електротехнічного газу з технічними характеристиками не гіршими ніж відповідної SF_6 для використання в промислових цілях. Виконано аналіз інформації про синтезований газ g^3 «зелений газ» як альтернативу елегазу. Виявлено шляхи створення вискоєфективних малогабаритних високовольтних розподільних пристроїв, які відповідають як технічним характеристикам, так і екологічним вимогам.

Ключові слова: екологічні вимоги, елегаз, SF_6 , зелений газ, високовольтне обладнання.

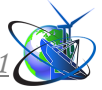
Вступ.

Екологічні аспекти все частіше займають перше місце в усіх сферах нашого повсякденного життя – технічному, політичному, промисловому та суспільному. Не останнє місце серед головних проблем займає глобальне потепління та парникові гази, які йому сприяють, оскільки їх концентрація в повітрі досягає значних рівнів. В електроенергетичній промисловості значного поширення набув електротехнічний газ – гексафторид сірки (елегаз SF_6) з досить низькою сумісністю з екологією. Тому на теперішній час актуальним є питання пошуку екологічно чистого електротехнічного газу з технічними характеристиками не гіршими ніж відповідної SF_6 для використання в промислових цілях.

Основний текст.

Безумовно, найважливішим застосуванням елегазу є обладнання для передачі електроенергії високої напруги. Для цієї мети використовується приблизно 10 000 тонн елегазу на рік, що відповідає приблизно 80 % від загального обсягу його виробництва.

На електричних підстанціях використовують ізоляційний газ у вимикачах, перемикачах і вимірювальних трансформаторах. Використовують елегаз і в розрядниках перенапруги, шинах, роз'єднувачах і заземлювачах. Елегаз – це універсальний газ, який має багато корисних властивостей. Він виділяється своєю чудовою здатністю гасити дугу та діелектричними ізоляційними властивостями. Крім того, він хімічно інертний, негорючий та нетоксичний для



людей і тварин. Ці властивості дозволяють виробникам проектувати розподільні пристрої, які є компактними та нечутливими до кліматичних умов і потребують мінімального обслуговування.

Однак елегаз також має істотний недолік – це потужний парниковий газ. Дійсно, це один із семи газів, включених до Кіотського протоколу [1], спрямованого на скорочення викидів парникових газів. Його потенціал глобального потепління (ПГП) у 23 500 разів перевищує CO_2 , а термін його життя в атмосфері становить 3200 років, що заслужено ставить його на перше місце в списку Кіотського протоколу. Елегазові розподільні пристрої, як правило, безпечні для навколишнього середовища, оскільки докладаються всі зусилля для того, щоб компоненти, що містять елегаз, були абсолютно газонепроникними. Однак, якщо лише один кілограм елегазу витікає в атмосферу, це матиме вплив на глобальне потепління, еквівалентний приблизно 23,5 тоннам CO_2 .

Досить тривалий часу виконуються дослідження в напрямку знаходження альтернатив SF_6 для використання в силовому електротехнічному обладнанні високої напруги. Відповідно, екологічно прийнятне рішення досі не було знайдено, бо існують численні, дуже жорсткі технічні характеристики розподільних пристроїв високої напруги, яким вони повинні відповідати. До них належать: висока діелектрична міцність, хороша дутогасна здатність, низька температура кипіння, високий тиск парів при низькій температурі та інші. Газ також має відповідати вимогам охорони здоров'я та безпеки, таким як низька токсичність та негорючість. І, звичайно ж, екологічні вимоги, такі як: низький ПГП, відсутність потенціалу руйнування озонового шару та мінімальний вплив на навколишнє середовище.

Пошук відповідної заміни включав вивчення простих “непарникових” газів, таких як азот і повітря. Однак їх діелектрична міцність становить лише третину міцності елегазу. Таким чином, їх використання для електричної ізоляції та гасіння електричної дуги в пристроях підстанцій означатиме різке збільшення об'єму та тиску наповнення пристроїв щонайменше в 2,5 рази. Це не тільки впливає на дизайн корпусу, безпеку та вартість, але і суперечить необхідності розробки більш компактного електричного обладнання з меншою площею.

Досліджувалися і перфторвуглецеві сполуки (ПВФ). Деякі ПВФ мають діелектричну міцність, яка викликає інтерес, але їх ПГП коливається в діапазоні від 5 000 до 12 000, що виключає їх з розгляду. Без уваги не залишився трифторйодметан (CF_3I), який має діелектричну міцність вищу за SF_6 , з ПГП менше 5 і терміном служби в атмосфері лише кілька днів. Однак CF_3I класифікується як мутагенна категорія 3 класу, тому про його використання в промислових цілях не може бути й мови.

Використання гібридних систем ізоляції, що поєднують газ (сухе повітря, азот або CO_2) з твердою ізоляцією і наносяться в вигляді смоли на струмопровідні частини, не підвищило ступінь діелектричної міцності в порівнянні з елегазом, при тому значно збільшило площу пристрою.

Представлені гази не можуть розглядатися як заміник елегазу. Компанія



GE Grid Solutions зосередила свої зусилля на серії нових фторованих молекул, які показали перспективні характеристики.

Фторкетони (загальна формула $C_nF_{2n}O$) використовувалися для пожежогасіння протягом останнього десятиліття. Молекула $C_6F_{12}O$ має діелектричну міцність у 1,7 рази вищу, ніж елегаз, тобто як чистий газ він має дуже високу ізоляційну здатність та низький рівень токсичності з $ЛД_{50}$ (летальна доза) приблизно $100\,000\text{ см}^3/\text{м}^3$. Газ практично не впливає на навколишнє середовище і має тривалість існування в атмосфері близько одного тижня, завдячуючи нестабільності групи кетону під ультрафіолетовим випромінюванням. Таким чином, його ПГП становить 1 або менше, порівняно з 23 500 для SF_6 . Однак молекула C_6F -кетону має температуру кипіння 49°C , що робить її рідкою за стандартних умов. Тому, C_6F -кетон не можна використовувати як чистий матеріал, а лише як добавку при низькому тиску.

Існують інші фторкетони з діелектричною міцністю, подібною до C_6F -кетону, але з нижчою молекулярною масою і нижчою температурою кипіння. Так кетони C_5F і C_4F мають температуру кипіння 27°C та 0°C відповідно. Точка кипіння 27°C означає, що він має недостатній тиск пари при низьких температурах, що робить C_5F -кетон непридатним для застосування під високою напругою. З іншого погляду, C_4F -кетон з точкою кипіння 0°C створить вищий тиск пари за низьких температур. Однак C_4F -кетон має вищий рівень токсичності ($ЛД_{50} \approx 200\text{ см}^3/\text{м}^3$) і в поєднанні з вищим тиском його парів представлятиме неприйнятну небезпеку при транспортуванні.

Інтерес викликають молекули гідрофторолефіни (ГФО) з ПГП менше 10. Ці молекули включають ненасичені вуглеці (подвійні зв'язки $C=C$) і є частково фторованими та гідрогенізованими. Таким чином, їх діелектрична міцність становить приблизно 80 % від діелектричної міцності SF_6 . Однак було виявлено, що вони є легкозаймистими в певних ситуаціях, та можуть створювати вуглецевий пил і відкладення на ізоляторах за дугового розряду або іскріння, і саме це фактор не дозволяє використовувати цей газ в обладнанні високої напруги.

Особливі дослідницькі зусилля також були спрямовані на багатообіцяючу хімічну групу під назвою фтор нітрили, яка має низьку токсичність. Напруга пробою різних фторнітрilів наведена на рисунку 1.

Синтезована спеціальна сполука гептафтор-ізобутиронітрil Noves 4710 з сімейства фторонітрilів. Газ має низьку токсичність, високу діелектричну міцність, відносно помірний ПГП і низьку температуру кипіння. Рідина Noves 4710 має ПГП приблизно 2100, температуру кипіння $-4,7^\circ\text{C}$, діелектричну міцність приблизно вдвічі вищу, ніж SF_6 при атмосферному тиску, високу теплопередачу та низьку токсичність, що робить її найкращим кандидатом для заміни елегазу. Noves 4710 є матеріалом, який поєднує всі необхідні властивості в одній суміші, тоді як усі інші потенційні кандидати мають недоліки в тій чи іншій категорії. Поліпшення однієї властивості часто призводить до змін інших властивостей. Структура молекули рідини Noves 4710 дозволила створити комбінацію властивостей без суттєвої втрати в жодній із інших.

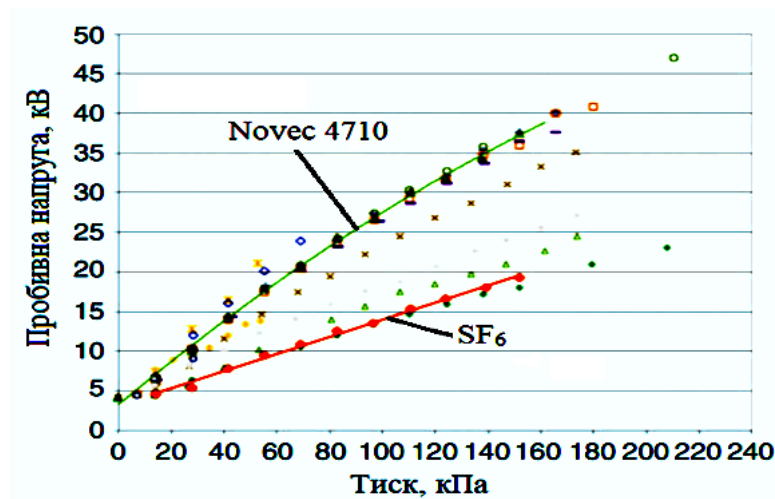
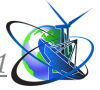


Рисунок 1 – Напруги пробою різних фторнітрлів та інших сполук

Джерело:[2]

Оскільки чиста діелектрична рідина Novoc 4710 розріджується при низькій температурі, тому вона сама по собі не може замінити SF₆. В подальшому було виявлено, що найкращим рішенням є змішування Novoc 4710 з CO₂ для створення газової суміші, придатної для гасіння дуги. Суміш отримала назву – зелений газ для мережі «g³».

Розроблено три суміші, які дозволили охопити більшість специфікацій для внутрішнього та зовнішнього застосування.

За лабораторних і прикладних випробувань діелектричної міцності встановлено, що при змішуванні g³ в межах від 0 до 20% з вуглекислим газом відповідно до об'єму газу в комплектному розподільному пристрої з елегазовою (КРПЕ) ізоляцією промислової частоти напругою 145 кВ встановлено, що для суміші без додавання Novoc 4710, тобто чистий CO₂ в об'ємі, діелектрична міцність становить приблизно 40% від значення SF₆. При вмісті рідини Novoc 4710 від 18% до 20%, діелектрична міцність суміші еквівалентна SF₆, як показано на рисунку 2.

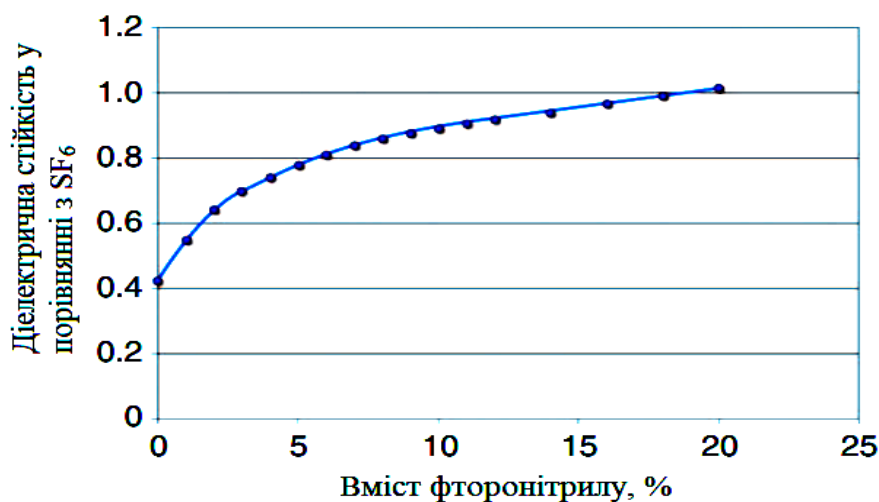


Рисунок 2 – Графік діелектричної міцності суміші фторнітрлу + CO₂

Джерело:[2]



ЛД₅₀ для g³ змінюється від приблизно 100 000 см³/м³ до 190 000 см³/м³ для 10 %-ої до 4 %-ої суміші фторонітрилу з СО₂ відповідно. Ці цифри були підтверджені випробуваннями, проведеними незалежною акредитованою токсикологічною лабораторією [2]. Додаткові вимірювання токсичності, проведені після тесту з вимиканням кола зі струмом, демонструють, що використаний g³ в основному трохи менш токсичний, ніж використаний SF₆.

Здатність g³ до розсіювання тепла була визначена шляхом випробувань підвищення температури на системі шин 420 кВ, заповненій газовою сумішшю під тиском 5,5 бар для мінімальної робочої температури -25°C. Потім результати порівнювали із системою, наповненою елегазом під тиском 5,5 бар. Тестова установка була оснащена датчиками температури для контролю підвищення температури. Враховуючи, що розсіювання тепла в системі КРПЕ здебільшого обумовлено конвекцією, було визначено константу Вермеера. Константа Вермеера пов'язана з фізичними властивостями газу, такими як густина ρ , теплопровідність λ , питома теплоємність C_p і динамічна в'язкість η за виразом (1):

$$C = 0,1683 \left(\frac{\rho^2 \cdot \lambda^2 \cdot C_p}{\eta} \right) = 13,8. \quad (1)$$

Це означає, що чистий газ має вищу тепловіддачу, ніж елегаз.

Сталу конвекції g³ визначалась за виразом газової суміші (2),

$$C_{\text{суміші}} = C_1 (x_1)^{0,75} + C_2 (x_2)^{0,75} \quad (2)$$

де C_i та x_i означають коефіцієнт конвекції та об'ємну частку газу i . Тепловіддача g³ трохи нижча, ніж у чистого газу SF₆, але все ж вища, ніж СО₂.

Розробники задекларували, що за допомогою g³ потенціал глобального потепління можна знизити більш ніж на 98% порівняно з SF₆ залежно від застосування. ПГП g³ було розраховано згідно з положенням про F-газ, де загальний потенціал глобального потепління суміші, яка містить фторований парниковий газ, розраховується як середньозважене значення, отримане із суми вагових часток окремих речовин, помножених на їхній ПГП.

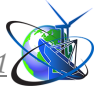
Суміш g³ також є негорючою, не руйнує озоновий шар і залишається однорідною протягом тривалого періоду часу, навіть якщо вона охолоне до мінімальної номінальної температури розподільного пристрою.

Окрім наведеного встановлено, що газова суміш з g³ здатна комутувати струм в силових колах високої напруги, тобто може використовуватися як заміник елегазу для електроустаткування.

Висновки.

Аналіз інформації про синтезований газ g³ переконливо свідчить, що суміші «зеленого газу» виступають альтернативною заміною елегазу. Це відкриває можливості створення високоефективних малогабаритних високовольтних розподільних пристроїв, які відповідають як технічним характеристикам, так і екологічним вимогам.

Газова суміш на основі фторнітрилу під назвою «g³», зелений газ для мережі, безумовно, позитивно вплине на проблему навколишнього середовища, яка все частіше постає у центрі уваги урядів і світової спільноти.

**Література:**

1. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (укр/рос) ООН; Протокол, Міжнародний документ від 11.12.1997 Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801
2. Yannick Kieffel, Todd Irwin, Philippe Ponchon, and John Owens. Green Gas to Replace SF₆ in Electrical Grids / Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7450928>

Abstract. *The article is devoted to the study of the impact of elegas on the environment when it is used in high-voltage electrical installations and the analysis of alternatives in the form of environmentally friendly gases. Attention is focused on the problem of global warming and the greenhouse gases that contribute to it, as their concentration in the air reaches significant levels. Sulfur hexafluoride (SF₆) with a rather low compatibility with ecology has become widely used in the electric power industry. The search for an ecologically clean gas with technical characteristics no worse than the corresponding SF₆ for use in industrial purposes is highlighted. The analysis of information on synthetic gas g³ "green gas" as an alternative to SF₆ was performed. Ways to create highly efficient small-sized high-voltage distribution devices that meet both technical characteristics and environmental requirements have been identified.*

Key words: *environmental requirements, SF₆, green gas, high-voltage equipment.*

Стаття відправлена: 16.12.2022

© Вовчинський Д.О.



UDC 550.8.056

BRIEF DESCRIPTION OF RADIO-THERMAL IMAGING TECHNOLOGIES IN GEOLOGY ON THE EXAMPLE OF OIL AND GAS CONDENSATE FIELDS

Stepchenko Vladimir Nikolaevich*Chief Engineer. Chief designer**"Center of Aerospace Technologies", Bulgaria**<https://orcid.org/0000-0001-6161-8160>***Rodna Valentyna Antonovna***Chief Geologist**«Special Center of Aerospace Technologies "TSENTAVR"», Ukraine**<https://orcid.org/0000-0003-4880-7009>***Bagryantsev Vladimir Anatolyevich***President**"Center of Aerospace Technologies", Bulgaria**<https://orcid.org/0000-0003-3835-4106>***Shel Vladimir Alekseevich***Leading engineer-developer of geo-information systems and technologies**«Special Center of Aerospace Technologies "TSENTAVR"», Ukraine**<https://orcid.org/0000-0001-5772-2811>**"Center of Aerospace Technologies"**Antim Parvi St., 26, Burgas, Bulgaria**«Special Center of Aerospace Technologies "TSENTAVR"»**49000 Ukraine, Dnipro, D. Yavornytsky ave. 81, office 12*

Annotation: The brief physical foundations of Radio-Thermal Imaging Technologies are considered, the geophysical aspects of deciphering and interpreting aerospace data, the relationship of satellite images with the deep structure of the Earth are shown with an illustration of the results of research. As examples of works, horizontal and vertical geothermal cross-sections of the Earth's crust are presented. The receipt of fundamentally new, more informative data on the structures of the Earth's crust is noted.

Keywords: Radio-Thermal Imaging Technologies, Remote sensing of the Earth, electromagnetic radiation, radio brightness temperature, aerospace images, Earth's crust, thermal exploration, rocks, geothermal anomalies, geothermal cross-sections, geological structures, minerals, hydrocarbon deposits, oil and gas condensates, hydrocarbon traps.

Introduction

All over the world, one of the latest methods for studying the geological and tectonic structure, forecasting and searching for mineral deposits is remote sensing of the Earth (ERS). All remote sensing methods are based on the registration of electromagnetic radiation: reflected or emitted by natural sources (passive) or reflected from objects exposed to radiation from artificial energy sources (active). For solving geological problems, the most informative methods are those that have the effect of "transmission" of the Earth's crust and mantle – Radio-Thermal Imaging Technologies (RTT).

Brief Description of Radio-Thermal Imaging Technologies

RTT is considered as an element of remote sensing of the Earth, a passive method based on the registration of the radiated thermal energy of the Earth (in the form of an endogenous heat flux), which is represented by a continuous spectrum of



electromagnetic waves and is expressed by a physical parameter called radio brightness temperature, the radiation can be received at the input of the antenna system (detector, optical or electronic). The name "Radio-Thermal Imaging Technologies" itself reveals the ranges of the Earth's electromagnetic radiation used: radio, infrared and optical.

In fact, these are technical vision technologies that form images with long wavelengths (radio waves). The longer the operating wavelength of radiometric receivers, the higher the efficiency of receiving radio brightness temperature from the subsurface of the Earth's thickness.

The radio brightness temperature of each resulting pixel is characterized by the effective temperature and the emissivity of specific elements of geological structures.

RTT technologies do not provide for the use of true values of temperature gradients, but their differentiable contrasts and heat flux density, allow calculating and visualizing all the inhomogeneities of the Earth's crust.

The contrast scale has a higher resolution of the relative value: hot and cold. Relative, due to the fact that, in some cases, for a more visual presentation of information, an inversion is performed, as a result, the scale changes its value to the opposite.

Hot and cold also have a relative value and depend on the emissivity of each physical object (geological structural inhomogeneities) through which electromagnetic waves generated by the Earth's core pass (wide continuous spectrum, with noise temperatures around 6400 K). A sharp drop in radio brightness temperatures suggests the presence of a boundary of geological structural heterogeneity.

One of the factors of penetration (depth) is the possibility of increasing the sensitivity of radio-thermal space scenes, which make it possible to form images of the Earth's subsurface.

The use of algorithms for correcting source materials makes it possible to exclude the influence of the landscape surface (vegetation, road network, hydro network, etc.) - the skin layer - on the results of the work. The use of algorithms for increasing the sensitivity of the initial radiometric scenes (images), algorithms for constructing a three-dimensional model (3D-cube) of the geological environment, make it possible to form block layers of radiometric images at a given depth, and make it possible to obtain a deep "transmission" effect. Consistent horizontal "transmission" of the Earth's thickness, this is a kind of "X-ray" only in the microwave radio range.

Horizontal "transmission" allows you to see all geological structural heterogeneities, where some elements are recognized as: water, gas, oil, ore formations and their host rocks. The places of their greatest concentration are visible. Recognition of minerals is carried out by calibration classifiers. Geothermal horizontal cuts and geothermal vertical slices are built.

Technologies use block-mosaic representation of information (formation of cubic pixel images) with the construction of a geothermal 3D-cube of a given scale, a given fragment of the Earth's subsurface.

Constant improvement of the RTT method, both in the direction of increasing



the depth of research, and in the direction of increasing the resolution and accuracy of the results obtained, opens up new prospects for forecasting and searching for mineral deposits, assessing the seismicity of the territory, fundamental and applied research of the Earth's crust. It opens up prospects for building geodynamic models in time, with the possibility of using operational data for the last decade, on the territory of any fragment of the globe.

Table 1: Qualitative Color-synthesized calibration scale for fluid recognition*

Scale	Qualitative Color-synthesized calibration scale			Denotation	Material / Element	Emissivity (direct scale) (λ = 8...14 μm)	
	Saturation					Min	Max
	Weak	Medium	Strong				
0,99					Water (Fresh, mineral, thermal, ...)	0,7	0,99
0,97							
0,95					Oil	0,95	
0,9					Gas	0,93	
0,7					Basalt, Graphite	0,7	
0,6							
0,5							
0,4					Granite, Sand	0,4	
0,2					Iron	0,05	0,2
0,1							
0,05					Copper	0,05	0,1
0,03							
0,01					Gold	0,01	0,1

* **Note:** conditional classification of components is performed using cluster analysis by numerical values of color, brightness, saturation, which are part of color-synthesized sections, in comparison with the average self-emission coefficients of gas, oil, water and other corrective values for the increase in radio-brightness temperature ($\Delta T_b = k \cdot T_e$ where ΔT_b - is the increment of radio-brightness temperature (temperature contrast), k - is the self-radiation coefficient of the component, T_e - is the effective temperature of the component). An example of a color-synthesized scale for the conditional classification of components is shown in **Table 1**.



Examples of using RTT technology

APPLICATION OF THE METHOD OF RADIO THERMAL IMAGING TECHNOLOGY USING SMALL-SCALE SPACE IMAGES FOR SEARCH AND ADDITIONAL EXPLORATION OF HYDROCARBON DEPOSITS ON THE EXAMPLE OF THE GAS-CONDENSATE FIELD "STEPOVOE" (KHARKOV REGION, UKRAINE)

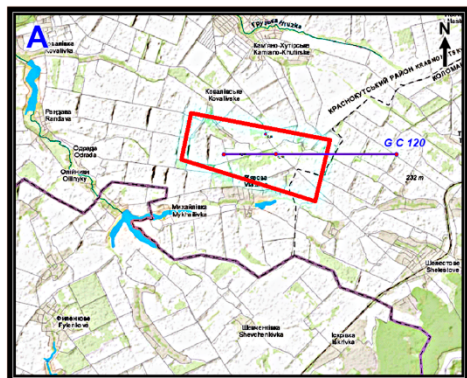


Fig. 1. Gas condensate field "Stepovoe", well № 120.
Location of the vertical geothermal section [G C 120].
A fragment of a topographic map [A] and a satellite image [B].

Legend:

- contours of the deposit
- projection of a vertical geothermal section [G C 120]

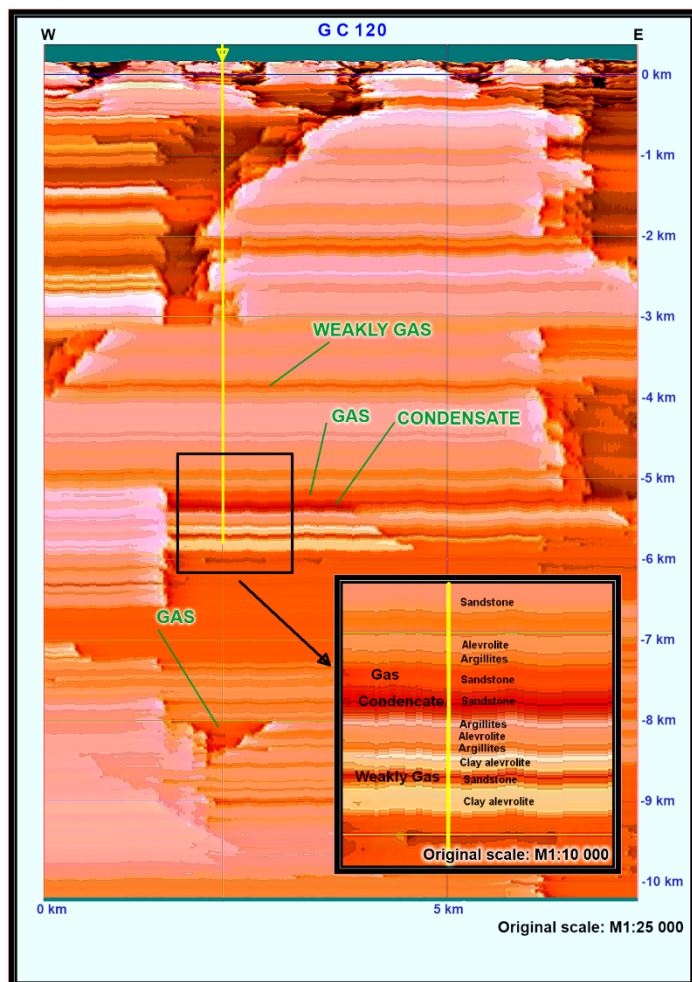


Fig. 2. Vertical geothermal section [G C 120]

Legend:

- Location of the well №120
- Impenetrable rocks:**
 - argillites
 - clay aleurolite
- Saturated rocks:**
 - sandstone, sand
 - sandstone, sand

At the heart of the Radio Thermal Imaging Technology (RTT) is the construction of a geothermal 3D cube of a fragment of the Earth's subsurface. To build a 3D cube, technologies have been developed for restoring the detail of images of small-scale radiometric satellite images.

The results are used for searching for and recognizing geological structures, in this case, hydrocarbon deposits. Scale 1:50,000 - 1:25,000.

To recognize deposits, cluster analysis technologies of a color-synthesized calibration scale are used, taking into account the emissivity coefficients of materials (water, oil, gas, sandstone, mudstone, etc.).

The use of small-scale images makes it possible to perform "rapid mapping" over a large area (400 x 400 km) and depth of subsurface strata.

It is worth noting that the use of medium-scale satellite images allows obtaining results on a more detailed scale, up to a scale of 1: 5,000, but this reduces the depth of research and increases the time for completion of work.

Remote sensing data of the Earth were obtained using the AMSR-2 microwave radiometer (GCOM-W1 satellite).

The radiometer channels record the radio brightness temperature in the ranges:

- 6,925 GHz - wavelength: 4.560 ... 4.121 cm (45 600 ... 41 210 microns);
- 7,30 GHz - wavelength: 4.314 ... 3.919 cm (43 140 ... 39 190 microns);
- 10,65 GHz - wavelength: 2.842 ... 2.789 cm (28 420 ... 27 890 microns);
- 18,7 GHz - wavelength: 1.620 ... 1.586 cm (16 200 ... 15 860 microns);
- 23,8 GHz - wavelength: 1.281 ... 1.239 cm (12 810 ... 12 390 microns);
- 36,5 GHz - wavelength: 0.844 ... 0.799 cm (8 440 ... 7 990 microns);
- 89,0 GHz - wavelength: 0.349 ... 0.326 cm (3 490 ... 3 260 microns).

Materials prepared:

"Center of Aerospace Technologies" Ltd. (Burgas, Bulgaria);
"Special Centre Of Aerospace Technologies "TSENTAVR" (Dnipro, Ukraine).

Date of preparation of materials: 06/06/2022



APPLICATION OF THE METHOD OF RADIO THERMAL IMAGING TECHNOLOGY USING SMALL-SCALE SPACE IMAGES FOR SEARCH AND ADDITIONAL EXPLORATION OF HYDROCARBON DEPOSITS ON THE EXAMPLE OF THE GAS-CONDENSATE FIELD "SHEBELINSKOE" (KHARKOV REGION, UKRAINE)



Fig. 3. Gas condensate field "Shebelinskoe", well № 95.
Location of the vertical geothermal section [V 95].
A fragment of a topographic map [A] and a satellite image [B].

Legend:

- contours of the deposit
- projection of a vertical geothermal section [V 95]

At the heart of the Radio Thermal Imaging Technology (RTT) is the construction of a geothermal 3D cube of a fragment of the Earth's subsurface. To build a 3D cube, technologies have been developed for restoring the detail of images of small-scale radiometric satellite images.

The results are used for searching for and recognizing geological structures, in this case, hydrocarbon deposits. Scale 1:50,000 - 1:25,000.

To recognize deposits, cluster analysis technologies of a color-synthesized calibration scale are used, taking into account the emissivity coefficients of materials (water, oil, gas, sandstone, mudstone, etc.).

The use of small-scale images makes it possible to perform "rapid mapping" over a large area (400 x 400 km) and depth of subsurface strata.

It is worth noting that the use of medium-scale satellite images allows obtaining results on a more detailed scale, up to a scale of 1: 5,000, but this reduces the depth of research and increases the time for completion of work.

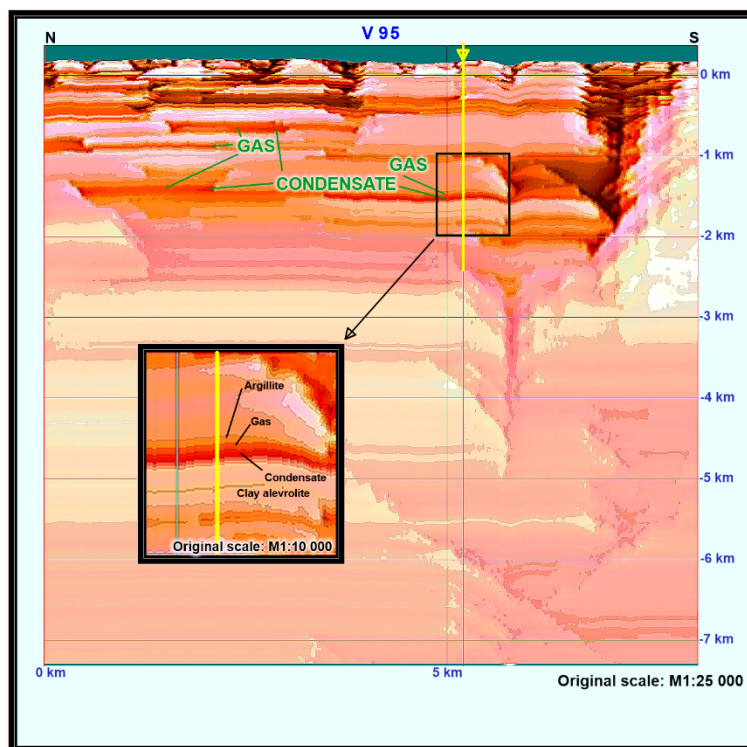


Fig. 4. Vertical geothermal section [V 95]

Legend:

Impenetrable rocks:

- mudstones
- clay siltstones

Saturated rocks:

- sandstone, sand
- sandstone, sand

Characteristics of well No. 95:

- productive horizon: 1565 - 1690 m;
- initial flow rate: 15,000 cubic meters. m / d
- current flow rate: 9,000 cubic meters. m
- the current volume of withdrawal: 634,670 thousand cubic meters. m

Materials prepared:
"Center for Aerospace Technologies" Ltd., Burgas, Bulgaria;
"Special Center for Aerospace Technologies "TSENTAVR", Dnipro, Ukraine.

Date of preparation of materials: 06/06/2022

Remote sensing data of the Earth were obtained using the AMSR-2 microwave radiometer (GCOM-W1 satellite).
The radiometer channels record the radio brightness temperature in the ranges:

6,925 GHz	- wavelength: 4.560 ... 4.121 cm (45 600 ... 41 210 microns);
7,30 GHz	- wavelength: 4.314 ... 3.919 cm (43 140 ... 39 190 microns);
10,65 GHz	- wavelength: 2.842 ... 2.789 cm (28 420 ... 27 890 microns);
18,7 GHz	- wavelength: 1.620 ... 1.586 cm (16 200 ... 15 860 microns);
23,8 GHz	- wavelength: 1.281 ... 1.239 cm (12 810 ... 12 390 microns);
36,5 GHz	- wavelength: 0.844 ... 0.799 cm (8 440 ... 7 990 microns);
89,0 GHz	- wavelength: 0.349 ... 0.326 cm (3 490 ... 3 260 microns).



Conclusion and Summarize

The results of the presented work allow us to state that the remote sensing of the Earth RTT method can be widely used in geological exploration for the purpose of forecasting and identifying new and additional exploration of old deposits containing hydrocarbon or ore deposits. Structural heterogeneities are confidently recognized on vertical geothermal sections, which make it possible to distinguish between linear horizons, which, by the nature of saturation, can be interpreted as structures saturated with hydrocarbons. The structures are usually limited by a "cover" and have an impermeable "substrate" at the base. These results are confirmed by the data of operating wells and are given in the description.

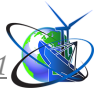
On geothermal sections, the contours of traps and deposits are distinguished, which makes it possible to recommend this method for work on oil and gas condensate and other mineral deposits of endogenous genesis.

Geological studies allow to calibrate and interpret the model, to clarify the content of useful elements in deposits.

The remote sensing of the Earth RTT method is environmentally friendly. Technologies allow express mapping of significant territories anywhere in the world. Allows you to optimize economic and environmental risks in the design and development of fields, including those in hard-to-reach places on land and sea.

Bibliography:

1. *Vinnichenko N.K., Vinnichenko O.N., Glushchenko I.V., Stepchenko V.N., Bagryantsev V.A.* Theory and practice of thermal exploration technologies based on multispectral satellite imagery data. - *Geoinformatics*. 2015, №1(53) pp.27-38
2. *Gubin V.N., Kovalev A.A.* Space geology of Belarus. - Minsk: Lazurak, 2008. pp. 7-14, 42-44, 90-104
3. *Onegov V.L.* Mathematical modeling of geological environments based on thermal imaging. Dissertation abstract. Ulyanovsk. 2011
4. *Seminsky K.Zh.* Faulting in the Earth's crust and related processes: an applied aspect. Irkutsk Scientific Center SB RAS. pp.534-542
5. *Timurziev A.I.* Mantle sources of hydrocarbon generation: geological and geophysical features and predictive and search criteria for mapping; patterns of oil and gas content of the interior as a reflection of the unloading of mantle hydrocarbon systems in the Earth's crust. *Tectonics and stratigraphy*, 2015, issue 42. pp. 121
6. *Tronin A.A.* Space thermal imaging in the study of seismic activity. Doctoral dissertation. St. Petersburg - 2010
7. *Tumanov V.R.* The method of video thermal imaging generalization in geological exploration. / Tumanov V.R., Mukhamedyarov R.D. - In the book. "The thermal field of the Earth and methods of its study". - Moscow: RIO RGGRU. - 2008. - pp.250-256
8. *Tumanov V.R. Cheban V.D.* Application of the method of thermal imaging generalization for assessing the minds accumulated in carbohydrates in Western Egypt. *Oil & Gas Industry of Ukraine*. 2013. №3. pp. 10-16
9. *Tyapkin K.F.* A new look at geotectogenesis due to a change in the position of the Earth's tectonosphere relative to its axis of rotation // *Geology and Minerals of the*



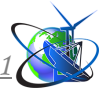
World Ocean. 2014. No. 1. pp. 5-19.

10. *Sharkov E.A.* Radiothermal remote sensing of the Earth: physical foundations. Volume 1. IKI. Moscow. 2014. pp.20-26

11. *Shutko A.M.* Microwave radiometry of the water surface and soils. Moscow. THE SCIENCE. 1986. pp. 10-11

Аннотация: Рассмотрены краткие физические основы Радио-Тепловизорных Технологий, показаны геофизические аспекты дешифрирования и интерпретации космической информации с иллюстрацией результатов исследований, связь спутниковых снимков с глубинным строением Земли. В качестве примеров работ представлены горизонтальные и вертикальные геотермические разрезы Земной коры. Отмечено получение принципиально новых, более информативных данных о структурах Земной коры.

Ключевые слова: Радио-Тепловизорные Технологии, Дистанционное зондирование Земли, электромагнитное излучение, радиояркостьная температура, аэрокосмические снимки, Земная кора, терморазведка, горные породы, геотермические аномалии, геотермические разрезы, геологические структуры, полезные ископаемые, залежи углеводородов, нефтегазовые конденсаты, ловушки углеводородов.



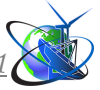
УДК 640.41

**YOUTH NUTRITION KNOWLEDGE AND FOOD SECURITY
ЗНАННЯ ПРО ХАРЧУВАННЯ ТА ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА МОЛОДІ****Piddubniy V. A.***d.t.s., prof./d.m.n., проф.,**Kyiv National Trade and Economics University: 19, Kioto st., Kyiv, Ukraine, 02156**Київський національний торговельно - економічний університет***Tarasiuk H. M.***Dr Sc. in Economics, Professor,***Chahaida A. O.***Zhytomyr Polytechnic State University, 103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine**Державний університет «Житомирська політехніка».*

Анотація. Вибір їжі часто є результатом рутинних бездумних рішень, а не наслідком ретельно продуманого вибору на основі оцінки потенційної користі від можливого ризику, тому спроби покращити здорове харчування не повинні зосереджуватися на переконанні споживачів, що є «правильними», а скоріше мають на меті налаштувати середовище таким чином, щоб люди автоматично спрямовувалися на здоровий вибір. Результати анкетування респондентів віком від 8 до 23 років показали, що висококалорійні продукти були оцінені як більш смачні і менш корисні зі збільшенням віку. Також, старші учасники опитування надавали перевагу у споживанні висококалорійній їжі більше, ніж молодші учасники, що свідчить про вікове підвищення переваг смакового атрибуту та відсутності істотного зв'язку між віком і перевагою низькокалорійних харчових продуктів.

Ключові слова: харчові уподобання, споживачі, продукти, світовий ринок, поживні речовини.

Вступ. Система харчування, ймовірно, встановлюються у сімейному оточенні в дитинстві: у віці від 1 до 2 років зазвичай настає період, протягом якого дитина переходить на сімейну їжу, що і знаходить відображення у зміні харчових моделей. Дослідження моделей харчування європейських дітей із 5 країн (Німеччина, Бельгія, Італія, Польща та Іспанія) засвідчили: група дітей у віці 2 років, які мають найвищі бали за схемою харчування, що характеризується додаванням цукру, шкідливих жирів і низьким споживанням риби та оливкової олії, має в 3 рази більше шансів також мати найвищі бали для цієї самої дієтичної моделі у віці 8 років. Аналогічно, діти з найвищими балами за схемою харчування, заснованій на здорових основних продуктах у віці 2 років, мають вдвічі більше шансів у 8-річному віці продовжувати дієту, яка характеризувалася необробленими здоровими продуктами, такими як овочі, риба, оливкова олія та фрукти. Ці результати свідчать про позитивні наслідки раннього втручання з метою заохочення здорових звичок харчування [2]. Епідеміологічні дослідження, що вивчають зниження когнітивних функцій, визначили гіпертонію, куріння, цукровий діабет, ожиріння, атеросклеротичну хворобу, фібриляцію передсердь та метаболічний синдром як фактори ризику. Зміна дієти та способу життя є основою стратегій, спрямованих на первинну профілактику багатьох із цих факторів ризику зниження когнітивних функцій. Дієта в молодому віці може бути ключовим компонентом для підтримки здоров'я мозку та когнітивних функцій у середньому віці та пізніше. Оскільки



дієта є універсальною фактором впливу, прийняття навіть незначних змін на рівні населення щодо відмови від західної дієти (включає споживання обробленого м'яса, рафінованих вуглеводів і смаженої їжі) може потенційно зменшити тягар деменції з часом [3].

Дослідження CARDIA в Сполучених Штатах показало, що молоді люди у віці 18–30 років, які вели здоровий спосіб життя, мали на 5% знижений ризик серцево-судинних захворювань, а часті відвідувачі закладів швидкого харчування набрали зайвих 4,5 кг і мали в 2 рази більше зростання інсулінорезистентності протягом наступних 15 років [4]. Перехресне дослідження, засноване на даних опитування HBSC (Health Behavior in School-Aged Children), свідчить: хлопці займаються фізичними вправами частіше, ніж дівчата та із збільшенням віку учні з високим соціально-економічним рівнем є більш фізично активними. Політика шкільного харчування та прихильність керівництва закладів освіти до покращення фізичної активності передбачають здорові звички харчування серед учнів [5]. Студенти, які активно займаються спортом, основними проблемами, що перешкоджають здоровому харчуванню та здоровому способу життя, вважають відсутність вільного часу для планування їжі та обмежені можливості їдальні, при цьому найбільше зацікавлення у молоді викликають індивідуальні плани харчування, ідеї приготування та рецепти закусок з високим вмістом білка та вуглеводів, а найменше – рекламні акції (тобто пропозиції в ресторанах) і персоналізований мінімум калорій. Неналежний доступ до наявності, достатності і стабільності їжі відчують майже 41% студентів американських коледжів, але ці дані неоднорідні і відрізняються у різних навчальних закладах через відмінності в контингенті. Нестача продовольства може мати згубний вплив на харчування студентів та успіхи в навчанні, а оцінка впливу цієї проблеми на забезпечення здоров'я, благополуччя та професійного успіху наступного покоління можлива лише за рахунок розробки і удосконалення методів опитування [6,7].

За час навчання відбувається перехід від підліткового до дорослого віку студентів, які відчують глибокі зміни у своєму рівні відповідальності та самостійності щодо харчування, а також формують звички на все життя. Ці зміни викликають занепокоєння, оскільки 93,4% респондентів Південної Флориди повідомили, що вживають нездорову їжу принаймні раз на тиждень, а структура споживання закусок становить: 72% – чіпси і солоні снеки, 65% – печиво, 64% – шоколад у плитках, 58% – цукерки. Результати також показали, що ті респонденти, хто споживав нездорові закуски більш часто, в 1,85 рази частіше обирали варіанти харчування з низьким вмістом жиру, ніж ті, хто рідко споживав нездорові закуски [8]. Самоосвіта про харчування має позитивний вплив на вибір їжі студентами-медиками: купівельна поведінка вказує на бажання споживати більш здорову їжу та напої. Найбільші зміни від нездорового до здорового серед 9 категорій продуктів харчування (напої в пляшках, цукерки, товари загального призначення, морозиво, сік, великі закуски, молоко, безвуглеводні напої та тістечка) показали продажі здорових напоїв, які зросли на 17% за трирічний період дослідження [9]. Дослідження показують, що навіть студенти, які працюють у сфері охорони здоров'я, мають



хибне уявлення про сприйняття ваги власного тіла. Вимірювання засвідчили, що значна частина студентів невірно сприймали статус своєї ваги: 28% – за індексом маси тіла та 40% – за відсотком жиру в організмі [10].

Фіксується поширеність споживання молоддю (вік від 18 до 24 років) принаймні один раз на день солодких напоїв, включно з енергетичними та кавовими напоями, на 43% більше, ніж у будь-якій іншій віковій групі. Відзначається тенденція до щорічного зростання споживання енергетичних напоїв молоддю (31,0% респондентів споживали спортивні напої і 18,8% – енергетичні напої принаймні щотижня), при цьому чоловіки споживали більше, ніж молоді жінки. Таке зростання споживання для спортивних напоїв пов'язане з більшим споживанням підсолодженої газованої води та фруктового соку, особливо під час відеоігор або використанням речовин, що зміцнюють м'язи (таких як креатин). В свою чергу споживання енергетичних напоїв було пов'язано з меншою частотою сніданків, під час відеоігор, нездоровою поведінкою із контролем власної ваги, проблемами зі сном або вживанням психоактивних речовин [11].

В свою чергу, молодь є дуже бажаною цільовою групою для маркетингу харчових продуктів і напоїв, багатих на енергію та бідних на поживні речовини, незважаючи на той факт, що молодь набирає вагу швидше, ніж попередні покоління та інші групи населення. Бізнес орієнтується на цю групу як на ключовий споживчий ринок, витративши > 4 мільярди доларів США на маркетинг продуктів та напоїв методами нормалізації брендів у культурі молоді, зокрема через соціальні мережі онлайн. Існують докази того, що певні риси особистості, особливо слабкий самоконтроль, підвищують ймовірність того, що особисті харчові звички подібні до звичок харчування, які сприймаються однолітками. І хоча на людей всіх вікових категорій при щоденному рішенні стосовно їжі – що, коли і скільки споживати – впливає комплекс факторів, вплив на харчові звички молоді є значно більшим, адже перехід до дорослого життя призводить до значних біологічних, соціальних, економічних та екологічних змін [11]. Ці зміни можуть сприяти або перешкоджати споживанню здорової їжі, тому важливо вплинути на молодь до того, як ця поведінка закріпиться для заохочування позитивних тенденцій харчування. Харчування, збалансоване за макронутрієнтами, але із дефіцитом необхідних мікроелементів, призводить до значних негативних наслідків, які можуть бути виправлені лише зміною дієти. Придбання основних груп харчових продуктів здебільшого обумовлені звичною поведінкою і ціною товару, а необхідність розвитку гастрономічної культури має враховувати існуючі харчові звички і уподобання клієнтів, адже радикальна зміна харчування може мати негативний результат і привести до розладів харчової поведінки.

Для дослідження факторів впливу на харчові уподобання української молоді було проведено анкетування 183 респондентів університетського віку (18...23 роки; 43,7% – чоловіки, 56,3% – жінки), абсолютна більшість із яких, за їхнім твердженням, не дотримуються здорового способу життя і лише трохи більше половини з них регулярно харчуються (рис.1, рис.2).

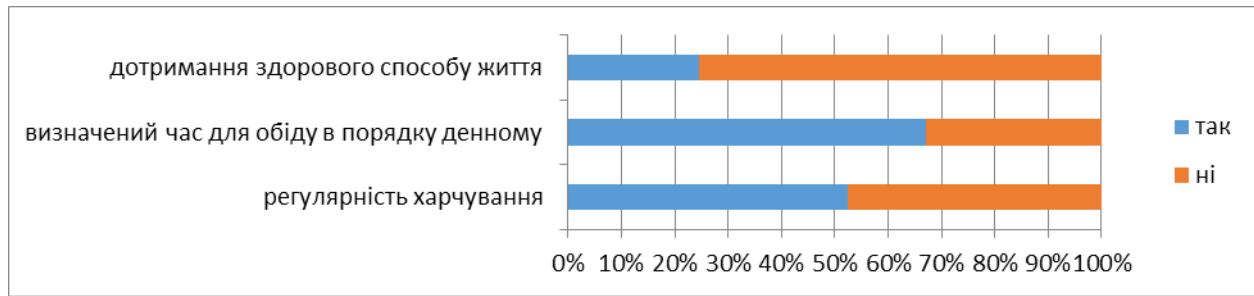
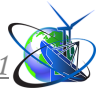


Рис.1 Оцінка дотримання здорового способу життя та регулярності харчування, % від загальної кількості респондентів

Авторська розробка

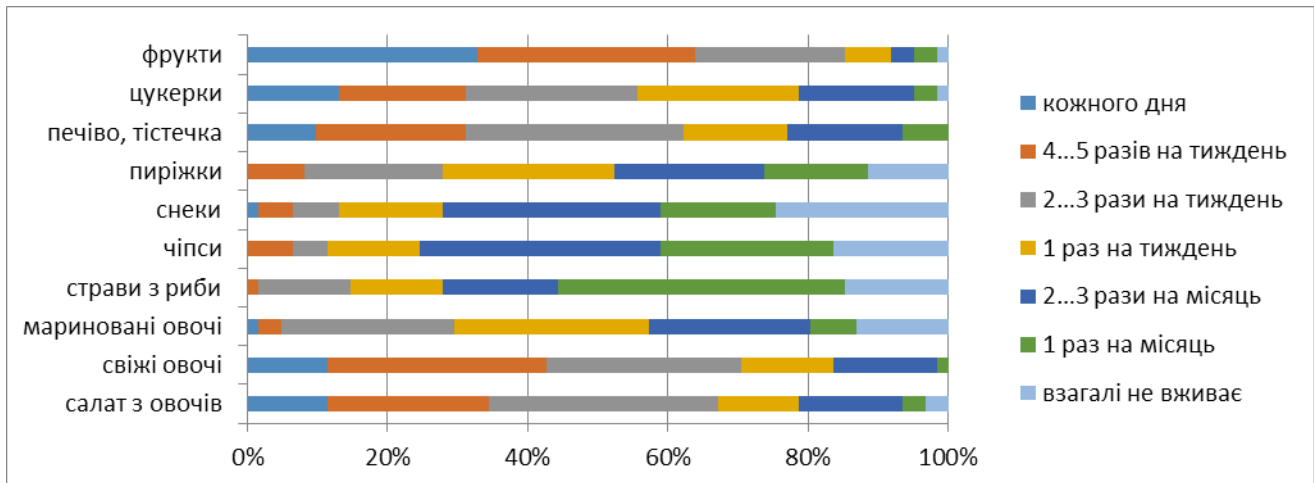


Рис. 2 Присутність окремих закусок, солодких страв та фруктів в раціоні харчування, % від загальної кількості респондентів

Авторська розробка

Доступність цукрів, які вміщуються майже в усіх харчових продуктах, понукає споживачів до пошуку альтернатив з меншою кількістю калорій, тому фруктові та енергетичні напої мають тенденцію до зростання продажів. Разом із тим, цукри, що вміщуються у цих напоях, не призводять до виникнення відчуття насиченості, а кількість фруктози у соках фактично дорівнює показнику підсолоджених безалкогольних напоїв. Молодь вважає продукцію відомих світових брендів компанії "PepsiCo" та "Coca-Cola Company" традиційними напоями, що відповідають сучасному стилю життя і призначені саме для їх вікової групи. Навіть розуміння потенційних ризики вживання газованих підсолоджених напоїв не дозволяє розглядати соки та фруктові напої як певну альтернативу, адже вони вміщують цукор у приблизно таких же кількостях.

Висновки.

Зміна міжособистісних впливів відрізняє молодь від інших етапів життя та впливає на прийняття як здорової, так і нездорової харчової поведінки. Разом із тим, необхідність розвитку гастрономічної культури має враховувати існуючі харчові звички і уподобання клієнтів, адже радикальна зміна харчування може мати негативний результат і привести до розладів харчової поведінки.



Література:

1. Serrano-Gonzalez, M., Lim, S.-L., Sullivan, N., Kim, R., Herting, M.M., Espinoza, J., Koppin, C., Javier, J.R. *et al.* Developmental Changes in Food Perception and Preference, *Journal of the Endocrine Society*, Volume 5, Issue Supplement_1, April-May 2021, Pages A7–A8, <https://doi.org/10.1210/jendso/bvab048.014>
2. Luque, V., Escribano, J., Closa-Monasterolo, R., Zaragoza-Jordana, M., Ferré, N., Grote, V., Koletzko, B., Totzauer, M., Verduci, E., ReDionigi, A., Gruszfeld, D., Socha, P., Rousseaux, D., Moretti, M., Oddy, W., L Ambrosini, G. Unhealthy Dietary Patterns Established in Infancy Track to Mid-Childhood: The EU Childhood Obesity Project, *The Journal of Nutrition*, Volume 148, Issue 5, May 2018, Pages 752–759, <https://doi.org/10.1093/jn/nxy025>
3. Fortune, N.C., Harville, E.W., Guralnik, J.M., Gustat, J., Chen, W., Qi, L., Bazzano, L.A. Dietary intake and cognitive function: evidence from the Bogalusa Heart Study, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 109, Issue 6, June 2019, Pages 1656–1663, <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz026>
4. Belogianni, K., Baldwin, C. (2019). Types of Interventions Targeting Dietary, Physical Activity, and Weight-Related Outcomes among University Students: A Systematic Review of Systematic Reviews. *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.), 10(5), 848–863. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz027>
5. Beck, H., Tesler, R., Moran, D., Kolobov, T., Harel Fisch, Y. Factors predicting physical activity and healthy nutrition habits among students in Israel, *European Journal of Public Health*, Volume 30, Issue Supplement_5, September 2020, ckaa165.1159, <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa165.1159>
6. Frith, A., Rice, E., Francis, A. What College Athletes Want for Nutrition Information: Developing a Nutrition App, *Current Developments in Nutrition*, Volume 4, Issue Supplement_2, June 2020, Page 1752, https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa066_007
7. Nikolaus, C.J., An, R., Ellison, B., Nickols-Richardson, S.M. (2019). Food Insecurity among College Students in the United States: A Scoping Review. *Advances in nutrition*. Volume 11, Issue 2, March 2020, Pages 327–348, <https://doi.org/10.1093/advances/nmz111>
8. Kirchoff, C., Goico, E., Palacios, C. Snacking Practices and Diet Choices Among College Students at a Large University in South Florida: A Cross-Sectional Survey, *Current Developments in Nutrition*, Volume 4, Issue Supplement_2, June 2020, Page 713, https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa051_010
9. DiMucci-Ward, J., Tsiolkas, D., Zipprer, E. Nutrition in Practice: A Shift from Nutrition Education Alone to Incorporation Into Medical Students' Food Choices, *Current Developments in Nutrition*, Volume 4, Issue Supplement_2, June 2020, Page 598, https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa048_004
10. Cornell, K., Melanson, K. Differences in Body Weight Perception Among Nutrition and Non-nutrition Students Enrolled in a General Nutrition Course at the University of Rhode Island, *Current Developments in Nutrition*, Volume 5, Issue Supplement 2, June 2021, Page 1206, https://doi.org/10.1093/cdn/nzab055_016
11. Larson, N., Laska, M. N., Story, M., Neumark-Sztainer, D. (2015). Sports



and energy drink consumption are linked to health-risk behaviours among young adults. *Public health nutrition*, 18(15), 2794–2803.
<https://doi.org/10.1017/S1368980015000191>

Abstract. Food choices are often the result of routine, mindless decisions, rather than the result of carefully thought-out choices based on an assessment of potential benefit against potential risk, so efforts to improve healthy eating should not focus on convincing consumers that what is "right", but rather aim to set up the environment in such a way that people are automatically guided towards healthy choices. The results of a survey of respondents aged 8 to 23 years showed that high-calorie foods were rated as tastier and less useful with increasing age. Also, older survey participants preferred high-calorie food consumption more than younger participants, which indicates an age-related increase in taste attribute preferences and the absence of a significant relationship between age and preference for low-calorie food products.

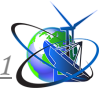
Keywords: food preferences, organic supplements, consumers, products, world market, nutrients.



UDC 532.528, 529.5:536.423

**MATHEMATICAL SIMULATION OF FUELS PRODUCTION PROCESSES
BASED ON WATER-OIL EMULSION BY HYDRODYNAMIC CAVITATION
METHOD****МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВ НА
ОСНОВІ ЕМУЛЬСІЇ «ВОДА-ОЛИВА» МЕТОДОМ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ****Obodovych O.M.***d.t.s., prof., head of department,**ORCID: 0000-0001-7213-3118**Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine,
Ukraine, Kyiv, Marii Kapnist, 2a, 03057***Ivanytsky G.K.***d.t.s., prof.**ORCID: 0000-0002-0486-2359**National technical University of Ukraine 'National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" 03056, prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine
Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine,
Ukraine, Kyiv, Marii Kapnist, 2a, 03057***Tselen B. Ya***c.t.s., leading researcher**ORCID: 0000-0001-5213-0219**Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine,
Ukraine, Kyiv, Marii Kapnist, 2a, 03057***Radchenko N.L.***c.t.s., senior researcher**ORCID: 0000-0002-5315-1609**Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine,
Ukraine, Kyiv, Marii Kapnist, 2a, 03057***Nedbailo A.Y.***c.t.s., senior researcher**ORCID: 0000-0002-8590-5823**Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine,
Ukraine, Kyiv, Marii Kapnist, 2a, 03057***Shulyak V.V.***chief mechanic**Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine,
Ukraine, Kyiv, Marii Kapnist, 2a, 03057*

Анотація. На сьогоднішній день у зв'язку зі світовою енергетичною кризою актуальним стає питання розробки технологій нових видів палив. Альтернативою традиційним паливам, що використовуються на теплоенергетичних об'єктах є водооливне пальне, застосування якого є доцільним з економічної та екологічної точки зору. При виробництві таких палив важливим є отримання седиментаційно стійкої монодисперсної емульсії зі стандартизованим розміром частинок при мінімізації поточних витрат виробництва. В Інституті технічної теплофізики ведуться роботи щодо розробки технології та обладнання виробництва такого палива з використанням гідродинамічної кавітації, що в лабораторних умовах показали свою ефективність. Цінним для розробки таких технологій є математичний опис процесів кавітації, що дозволить давати правильну оцінку параметрам при проектуванні обладнання та режимам обробки. В статті наведена математична модель, що дозволяє оцінити інтенсивність процесу гідродинамічної кавітації в залежності від умов ведення процесу.



Ключові слова: гідродинамічна кавітація, водооливне паливо, тепломасообмін, гідродинаміка.

Умовні позначення.

A – робота
 B – газова стала
 c – питома теплоємність
 H – тепловміст
 J – масовий потік
 j – питомий масовий потік
 L – прихована теплота пароутворення
 M – молекулярна маса
 m – маса
 N_b – кількість бульбашок в одиниці маси суміші
 p – тиск
 Q – тепловий потік
 q – питомий тепловий потік
 R – радіус
 r – радіальна координата
 T – температура
 u, v – швидкість
 V – об'єм
 w – відносна швидкість
 w_R – радіальна швидкість
 α – коефіцієнт випаровування (конденсації)

β – об'ємний паровміст
 δ – товщина граничного шару
 ε – щільність енергії
 φ – потенціал поля швидкостей
 λ – коефіцієнт теплопровідності
 μ – коефіцієнт динамічної в'язкості
 ρ – густина
 σ – коефіцієнт натягу на границі розділу фаз
 τ – час

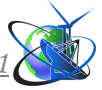
Індекси

0 – початкове значення
 ∞ – значення параметру на безмежному віддаленні
 b – значення параметру в бульбашці
 f – кінцевий
 g – газ
 k – кінетичний
 l – рідина
 sat – значення параметра в стані насичення
 v – пара

Вступ.

Необхідність розробки та впровадження у виробництво нових технологій отримання багатокомпонентних середовищ: емульсій, суспензій, складних водних розчинів та систем з використанням кавітації, що дозволяють досягти значних позитивних результатів в теплоенергетиці, будівельній індустрії, харчовій промисловості, сільському господарстві та інших галузях виробництва є актуальною на сьогоднішній день і в найближчій перспективі.

Використання органічного палива є основним джерелом енергії для різних теплотехнологічних процесів. Можливим шляхом підвищення якості згорання палива може бути використання його у вигляді емульсії в воді. Так, з екологічної та економічної точок зору використання такого палива може вирішити ряд проблем в енергетичному секторі України та поза її межами. Ефективність процесів згорання рідкого палива в пальникових пристроях та камерах згорання теплотехнологічних установок залежить від якості та фізичних властивостей суміші. Тому задачі удосконалення теплофізичних та



гідродинамічних процесів при спалюванні палива, використання підготовки води і палива шляхом ініціювання двофазних паливо-водних емульсій, покращення технологічних режимів роботи пальникових пристроїв з урахуванням викидів шкідливих сполук мають суттєве наукове та практичне значення.

Якщо рідину під високим тиском нагріти до температури, яка значно перевищує температуру її кипіння за нормальних умов, а потім дуже швидко скинути тиск, це приведе до явища вибухового закипання, яке супроводжується інтенсивним розширенням парових бульбашок.

На початковій стадії зростання окрема парова бульбашка випромінює імпульси тиску з аномально високою амплітудою, яка за даними експерименту може становити 10 МПа і більше. Кожна бульбашка стає таким чином центром потужної сферичної ударної хвилі. Відомо, що центри скипання локалізуються переважно на границі присутніх в рідині дисперсій і це значно посилює ефект їхньої динамічної дії безпосередньо на дисперсні частинки. При цьому трансформація енергії під час інерційної стадії зростання бульбашок протікає в імпульсному режимі за дуже короткий проміжок часу, а введення енергії в об'єм рідини відбувається водночас у безліч дискретних зон, якщо рідина нагріта рівномірно.

Ефект інтенсивного закипання сильно перегрітої рідини використовується для створення дрібно дисперсних емульсій в системах типу «вода-олива», в яких дисперсною фазою є легко летюча рідина з низькою температурою кипіння (вода), а безперервна фаза - рідина з суттєво вищою температурою кипіння (приміром, мазут).

В таких системах скинення тиску в дуже перегрітій емульсії веде до явища вибухового закипання в його класичному розумінні, коли перегріта рідина не контактує з твердою поверхнею і може деякий час перебувати у метастабільному стані [2]. Це дозволяє порівняно повільно скинути тиск до потрібного рівня ще до початку формування парових бульбашок, після чого відбувається спонтанне їх розширення, - в прямому сенсі, вибухове. Завдяки тому, що процес вибухового закипання відбувається лише усередині краплин легко летучої рідини, останні роздрібнюються на найдрібніші мікрокраплинки, які розпоршуються в нелетучій навколишній рідині.

На основі механізму кавітаційного вибухового закипання запропоновано також принципово новий клас апаратів для готування стійких емульсій та гомогенізованих сумішей для дисперсних систем типу «олива-вода». Під терміном «олива» тут розуміється взаємно нерозчинна з водою рідина – органічна сполука, температура кипіння якої вища за температуру кипіння води. Динамічні ефекти, які забезпечують руйнування крапель оливи в таких емульсіях, створюються в результаті адіабатного скипання води завдяки різкому зменшенню тиску, тобто виключно за рахунок використання внутрішньої енергії самої систем [3, 4].

Для розробки технологій виробництва такого роду палив необхідне теоретичне розуміння процесів та їхній математичний опис, що відбуваються в двофазних потоках, їх безпосередній вплив на рідку фазу і дисперсні частинки



системи [2]. Актуальність цього напрямку досліджень підтверджується наявністю ряду робіт [2, 3, 4], де описані механізми процесів впливу кавітації на дисперсну фазу та дисперсійне середовище, а також теплофізичні параметри процесів.

Еволюцію двофазного потоку можна розглядати, як динаміку парових або парогазових бульбашок при кавітації в рамках термодинамічного підходу. Закономірності поведінки бульбашки при кавітації обумовлені характером перебігу сукупності нерівноважних процесів, що контролюють еволюцію системи до настання термодинамічної рівноваги. Багато сучасних досліджень присвячено динаміці одиничної парогазової бульбашки. [5, 6, 7]. Така увага до цього процесу обумовлюється тим, що саме розвиток однієї бульбашки в двофазних системах визначає специфіку та характер перебігу таких процесів як адіабатне кипіння, вибухове закипання, об'ємна конденсація, кавітації, що формують основу багатьох теплотехнологічних процесів. Для опису еволюції парогазової бульбашки необхідно враховувати сукупність взаємопов'язаних процесів: гідродинамічних, тепломасообмінних, хімічних, акустичних та ін.

Основними припущеннями, прийнятими при розробці моделі динаміки одиничної бульбашки є наступне:

1. Бульбашка має сферичну форму.
2. Рідина є в'язкою, але нестисливою.
3. Бульбашка містить пару, кількість якої визначає масообмін між бульбашкою та оточуючою рідиною, та неконденсований газ (або суміш газів), маса якого залишається постійною протягом всього часу існування бульбашки.
4. Пара і компоненти газового середовища розглядаються як реальні гази.

Постановка задачі.

Бульбашка радіусом R_0 містить пару і неконденсований газ з парціальним тиском p_{g0} та існує в рівновазі з рідиною при температурі $T_{l0} = \text{const}$. Умови рівняння парогазової бульбашки в рідині визначаються рівняннями:

роботи по зміні об'єму V та площі поверхні розділу фаз при розширенні бульбашкової системи:

$$dA = p dV + \sigma dS = (p + \sigma dS/dV) \cdot dV;$$

та умовою загальної термодинамічної рівноваги в однокомпонентній системі:

$$T_{v0} - T_{l0} = 0, \mu_{v0} - \mu_{l0} = 0, p_{v0} - p_{l0} - 2\sigma/R = 0.$$

З цих рівнянь випливає, що початковий тиск в рідині $p_{l0} = p_{b0} - \frac{2\sigma}{R_0} = p_{g0} + p_{sat}(T_{l0}) - \frac{2\sigma}{R_0}$. Починаючи з моменту $\tau = 0$, тиск в рідині p_l за час $\Delta t = 0$ змінюється від значення p_{l0} до заданого кінцевого значення p_{lf} і в залежності від знака $p_{l0} - p_{lf}$ бульбашка починає зростати або стискатись. Часовий інтервал Δt визначає тривалість акумулювання енергії. Як частковий випадок, розглядається миттєве зростання тиску в рідині ($\Delta t = 0$).

Дана модель дає можливість отримати інформацію, що стосується кінематичних, динамічних та енергетичних характеристик бульбашки, що



зростає або стискається: визначити локальні швидкості $w(r, \tau)$, прискорення $dw/d\tau$, тиск $p_l(r, \tau)$, щільність кінетичної енергії $\varepsilon_k(r, \tau)$ в довільній точці об'єму рідини поблизу бульбашки в процесі її динамічного розвитку залежно від вихідних режимних параметрів T_{l0} , p_{l0} , p_{ly} , R_0 , m_g , Δt . Крім цього, визначаються поточні теплофізичні параметри пари або парогазової суміші в бульбашці (T_b , T_s , p_v , p_g , p_b , ρ_v , ρ_g , ρ_b), товщина примежового теплового шару q , швидкості теплопереносу j та масопереносу через одиницю площі межі розділу фаз.

Наведені рівняння описують поведінку бульбашки, виведеної зі стану рівноваги у системі «бульбашка-рідина» в процесі її релаксації до нового термодинамічного рівноважного стану.

Основні рівняння моделі.

Моделі містить систему диференціальних рівнянь з відповідними початковими умовами та замикаючими алгебраїчними рівняннями, а також співвідношеннями, що апроксимують температурні залежності теплофізичних параметрів. Припускається, що у всіх випадках відома температура рідини T_{l0} на відстані від бульбашки. Початковий рівноважний тиск в рідині також є відомим параметром. Наступна зміна тиску протягом визначеного проміжку часу Δt до заданого кінцевого значення p_{ly} визначає подальшу поведінку бульбашки. В умовах термічної рівноваги значення p_{l0} і T_{l0} визначають початкові умови для температури, густини та тиску пари і газу всередині бульбашки. Якщо в бульбашці присутня тільки пара, то початковий радіус бульбашки R_0 однозначно визначається з умови $p_v = p_{sat}(T_{l0}) = p_{l0} + 2\sigma/R_0$. При наявності в бульбашці відомої кількості неконденсованого газу m_g початковий радіус рівноважної бульбашки буде залежати також від парціального тиску газу $p_g = 3m_g T_{l0} / 4\pi R_0^3 M_g$, так що значення R_0 можна варіювати, задаючи значення m_g (або p_{g0}). Тоді R_0 визначається з умови $p_g + p_{sat}(T_{l0}) = p_{l0} + 2\sigma/R_0$. При аналізі процесу зростання парових зародків початковий вміст газу практично не впливає на наступну поведінку зростаючої бульбашки. При стисканні бульбашок вміст газу в бульбашці стає основним фактором і навіть дуже мала присутність стороннього газу в початковій бульбашці значним чином впливає на характер її колапсу.

Нижче наведені основні рівняння моделі.

Зміна швидкості радіального руху рідини біля поверхні бульбашки:

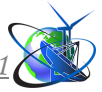
$$\frac{dw_R}{d\tau} = \frac{p_R - p_{\infty} - 1.5p_l w_R^2 - \frac{2\sigma}{R} - \frac{4\mu_l w_R}{R}}{p_l R}. \quad (1)$$

Зміна радіуса бульбашки:

$$\frac{dR}{d\tau} = w_R + \frac{j}{p_l}. \quad (2)$$

Зміна температури парогазового середовища в бульбашці:

$$\frac{dT_b}{d\tau} = \frac{3}{\rho_g c_g + \rho_v c_v} \cdot \left(q - j c_v T_b - p_b \frac{dR}{d\tau} \right). \quad (3)$$



Зміна на густини нейтрального газу в бульбашці:

$$\frac{d\rho_g}{d\tau} = -\frac{3\rho_g}{R} \frac{dR}{d\tau}. \quad (4)$$

Зміна густини пари в бульбашці:

$$\frac{d\rho_v}{d\tau} = -\frac{3}{R} \left(j - \rho_v \frac{dR}{d\tau} \right). \quad (5)$$

Зміна кількості теплоти, що передана бульбашці:

$$\frac{H_l}{d\tau} = -4\pi R^2 [jL(T_s) - q]. \quad (6)$$

Початкові умови при цьому наступні:

$$w_R(0) = w_{R0}, R(0) = R_0; T_{b0}(0) = T_{b0}, \rho_v(0) = \rho_{v0}; \\ \rho_g(0) = \frac{m_g}{4/3\pi R^3}, H_l(0) = H_{l0}$$

Додаткові рівняння:

Тиск газу в бульбашці:

$$p_g = \frac{B\rho_g T_b}{m_g - \rho_g b_g} - \frac{a_g \rho_g^2}{M_g^2}. \quad (7)$$

Тиск пари в бульбашці:

$$p_v = \frac{B\rho_v T_b}{m_v - \rho_v b_v} - \frac{a_v \rho_v^2}{M_v^2}. \quad (8)$$

Тиск парогазового середовища в бульбашці:

$$p_b = p_g + p_v. \quad (9)$$

Швидкість масопереносу через межу розділу фаз:

$$j = 0,25\alpha_m [\rho_s u_s(T_s) - \rho_v u_v(T_b)]. \quad (10)$$

Швидкість теплопереносу через межу розділу фаз:

$$q = 0,25(\rho_v u_v c_v - \rho_g u_g c_g)(T_s - T_b) + j c_v T_s. \quad (11)$$

Швидкість молекулярно кінетичного руху молекул пари і газу

$$u_v(T_b) = \left(\frac{8BT_b}{\pi M_v} \right)^{0,5}, u_v(T_s) = \left(\frac{8BT_s}{\pi M_v} \right)^{0,5}, u_g(T_b) = \left(\frac{8BT_b}{\pi M_g} \right)^{0,5} \quad (12)$$

Рівняння балансу теплоти:

$$(T_0 - T_s)\lambda_1 \left(\frac{2}{\delta} + \frac{1}{R} \right) = -j(T_s)L(T_s) - q(T_s). \quad (13)$$

Зміна тепловмісту в тепловому шарі в рідині біля бульбашки:

$$\frac{dH_l}{d\tau} = -4\pi R^2 [jL(T_s) - q]. \quad (14)$$

Поточна товщина теплового межового шару:

$$\delta = 2 \cdot R \left(\sqrt{1 + \frac{3H_l}{4\pi R^3 \rho_l c_l (T_s - T_l)}} - 1 \right) \quad (15)$$

Система наведених рівнянь має бути доповнена співвідношеннями, що адекватно описують температурні залежності теплофізичних параметрів рідини, пари та неконденсованого газу. Розглянута в даній роботі модель без введення додаткових обмежень та без зміни базових рівнянь може адекватно описувати поведінку парових бульбашок не тільки у воді, але й у будь-якій іншій рідині, якщо є отримані емпіричні співвідношення для точного опису залежності відповідних теплофізичних параметрів від температури.

Для переходу від моделі динаміки одиначної бульбашки до аналізу стану



поток з ансамблем бульбашок можна використовувати коміркову модель. Так, в роботі Р. Нігматуліна [8] описана поведінка бульбашки в ансамблі за допомогою коміркової моделі. Існує сучасна модифікація даної моделі [9], основними рівняннями якої є наступні.

Об'ємний паровміст пов'язано з розміром і концентрацією бульбашки для монодисперсної системи та визначається виразом:

$$\beta = \frac{4\pi R^3 N_b \rho_l}{3 + 4\pi R^3 N_b \rho_l}. \quad (16)$$

Біля кожної бульбашки в межах елементарної комірки з радіусом $\xi(\tau) = R(\tau)/\beta^{0,33}$ існує сферично-симетричне розподілення тиску $p_l(r, \tau)$, яке можна знайти шляхом підстановки в рівняння (4) однієї з граничних умов для тиску. Використовуючи умову $p(\xi) = p_c$ при визначенні функції $f(\tau)$ в правій частині (4) отримаємо розподілення тиску в формулі

$$p_l(r) = p_R - \rho_l \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} - \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} \Big|_{r=\xi} + \frac{w^2}{2} - \frac{w^2}{2} \Big|_{r=\xi} \right). \quad (17)$$

Якщо при визначенні $f(\tau)$ використати граничну умову $p(R) = p_R$ розподілення тиску в комірці буде мати наступний вигляд:

$$p_l(r) = p_R - \rho_l \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} - \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} \Big|_{r=R} + \frac{w^2}{2} - \frac{w^2}{2} \Big|_{r=R} \right). \quad (18)$$

Визначаючи величини в правій частині (18) з урахуванням співвідношень (5) приводимо рівняння (18) до вигляду:

$$p_l(r, \tau) = p_R - p_l \left(R \frac{dw_R}{d\tau} + 2w_R^2 \right) (1 - \beta^{0,33}) + 0,5\rho_l w_R^2 (1 - \beta^{1,33}). \quad (19)$$

При $r = \xi$ рівняння (19) зводиться до рівняння для визначення тиску на зовнішній межі комірки:

$$p_c = p_l(\xi, \tau) = p_R - p_l \left(\frac{p_R - p_c + 0,5\rho_l w_R^2 (1 - \beta^{1,33})}{1 - \beta^{0,33}} \right) \left(1 - \frac{R}{r} \right) + 0,5\rho_l w_R^2 \left(1 - \frac{R^4}{r^4} \right) \quad (20)$$

Середній тиск в рідині в межах комірки визначається за рівнянням:

$$\bar{p}_l(\tau) = \frac{3}{4\pi(\xi^3 - R^3)} \int_R^\xi 4\pi p(r, \tau) r^2 dr.$$

Проводячи інтегрування в правій частині отримаємо:

$$\bar{p}_l(\tau) = p_c \frac{\rho^{0,33} [p_R - p_c + 0,5\rho_l w_R^2 (1 - \beta^{1,33})]}{1 - \beta^{0,33}} \left[\frac{1,5(1 - \beta^{0,66})}{1 - \beta} - 1 \right] - 0,5\rho_l w_R^2 \left(\frac{3\beta \cdot (1 - \beta^{0,33})}{1 - \beta} - \beta^{1,33} \right). \quad (21)$$

Усереднення тиску відноситься як до елементарної комірки так і до всього об'єму рідини в між бульбашковому просторі.

Кількість переданої теплоти через поверхню бульбашки при фазовому переході і теплообміні $4\pi R^2(jL + q)$, однозначно визначає зміну тепловмісту рідини в комірці та її середньої температури. Тоді можна записати

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\tau} \left[\frac{3}{4} \pi \rho_l c_l (\xi^3 - R^3) \bar{T}_l \right] &\equiv \frac{d}{d\tau} \left[\frac{3}{4} \pi \rho_l c_l \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right) \bar{T}_l \right] = \\ &= 4\pi R^2 (jR + q) \end{aligned} \quad (22)$$



Підставляючи в (22) замість β праву частину (16) і виконуючи необхідні перетворення отримаємо просте рівняння для визначення середньої температури рідини міжбульбашковому просторі ансамбля бульбашок:

Рівняння (16), (17) (20) (21), (22) доповнюють систему рівнянь динаміки одиничної бульбашки. Єдиним новим параметром, що доповнює початкові умови є концентрація бульбашок в одиниці маси системи $N_b = \text{const}$.

Висновки.

Описана в даній роботі модель дозволяє аналізувати поведінку двофазного потоку рідини в кавітаційній течії та її основні параметри такі як тиск, температура, швидкість потоку і швидкості зміни цих параметрів в кожній точці системи в залежності від умов ведення процесу. Можливість отримання уявлення про вектори швидкостей мікротечій всередині ансамблю бульбашок та біля нього дає інформацію про величини зсувних напружень та час впливу, яким піддається дисперсна фаза суспензії. Така інформація є основою для проектування обладнання та розроблення технологічних параметрів отримання монодисперсних сумішей. Попередні розрахунки параметрів гідродинамічної кавітації доводять, що локальна область поблизу колапсуючої кавітаційної мікробульбашки є унікальним реактором для проведення різних реакцій та технологічних процесів в підготовці паливних композицій.

References:

1. Dengaev A., Verbitsky V. Eremenko O., Novikova A., Getalov A., Sargin B. (2022). Water-in-oil emulsions separation using a controlled multi-frequency acoustic field at an operating facility. *Energies* 2022, 15, 63-69. <https://doi.org/10.3390/15176369>
2. Ivanitsky G., Tselen B., Radchenko N., Gozhenko L. (2021). Analytical study of the mechanism of droplet deformation and breakup in shear flows. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 43(1), 30–37. <https://doi.org/10.31472/tpe.1.2021.4>.
3. Ivanitsky G., Tcelen B., Nedbaylo A., Konuk A. (2019) Modelling the kinetics of cavitation boiling up of liquid. *Physics of aerodynamic systems*, 57, 136-146. <https://doi.org/10.18524/0367-1631.2019.57.191970>.
4. Ivanitsky G., Tcelen B., Nedbaylo A., Gozhenko L. (2020). The ways of producing an unified mathematical model for the cavitating flow in hydrodynamic cavitation reactors. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 42(2), 31-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.31472/tpe.2.2020.3>
5. Vignoli, Lucas, Barros, A., Thomé, Roberto, Nogueira, A., Paschoal, Ricardo, Rodrigues, Hilario. (2013) Modeling the dynamics of single-bubble sonoluminescence. *European Journal of Physics*. 34(3), 679. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/34/3/679>
6. Guillermo Hauke, Daniel Fuster, Cesar Dopazo (2007) Dynamics of a single cavitating and reacting bubble. *Phys. Rev. E*. 75(6), 066310. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.75>
7. Shima A., Tomita Y., Ohno T. (1988) Temperature effects on single bubble collapse and induced impulsive pressure. *J. Fluid Engng.* 110(2), 194 199.



8. Nigmatulin R.I. Khabeev N.S. Nagiev F.B. (1981) Dynamics, heat and mass transfer of vapor-gas bubbles in liquid. Int. J. Heat Mass Transfer. 24(6), 1033–1041.

9. Dolinsky A. A., Ivanitsky G. K. Heat and mass transfer and hydrodynamics in vapor-liquid environments. Thermophysical fundamentals of discrete-pulse input of energy. Kyiv: Naukova Dumka, 2008. - 381 p.

Abstract. Today, in connection with the global energy crisis, the issue of developing technologies for new types of fuels is becoming urgent. An alternative to traditional fuels used at thermal power facilities is water-oil fuel, the use of which is expedient from an economic and ecological point of view. In the production of such fuels, it is important to obtain a sedimentation-resistant monodisperse emulsion with a standardized particle size while minimizing current production costs. The Institute of Technical Thermal Physics is working on the development of technology and equipment for the production of such fuel with the use of hydrodynamic cavitation, which has proven to be effective in laboratory conditions. Valuable for the development of such technologies is the mathematical description of cavitation processes, which will allow to give a correct assessment of the parameters in the design of equipment and processing modes. The article presents a mathematical model that allows estimating the intensity of the hydrodynamic cavitation process depending on the conditions of the process.

Key words: hydrodynamic cavitation, wateroil fuel, heat and mass transfer, hydrodynamics



IDENTIFYING FACTORS INFLUENCING FALLS FROM HEIGHTS

Mircea SĂRĂCUȚ

Phd student

Univesity Of Petroșani

Romania

Gabriela MARINOAICA

Phd student

Univesity Of Petroșani

Romania

Nicolae ILIAȘ

Scientific adviser: Doctor of Technical Sciences, prof.

Univesity Of Petroșani Romania

Abstract: *We set out to identify the factors that influence falls from height, in order to obtain relevant information regarding the existence of causal relationships between the components of the work system (executor, workload, means of production and the work environment) and the risk due to the fall from the height. The methodology applied to fulfill the objective of this stage included: online research and documentation, rigorous evaluation and critical analysis of the selected articles in order to identify and centralize the factors that influence the risk of falling from height. The results of the analysis highlighted the fact that the main factors in the occurrence of accidents are the workers through "behaviors and attitudes"; the configuration of the workplace and last but not least personal protective equipment, due to non-use, inappropriate use, or use in a damaged state.*

Keywords: *occupational health and safety, danger of falling, fall injuries*

During work at height (for example, on a roof, scaffolding, etc.), workers in various sectors of activity often face the danger of falling, as they may lose contact with the surface on which they are standing and may fall and suffer various injuries.

According to the Romanian law (file 123 "Work at height" from H.G. 355/2007 on workers' health surveillance amended and supplemented by H.G. no. 1169 / 2011), "work at height" means the activity carried out at a minimum of 2 m measured from the surface under the worker's feet to the natural reference base (soil) or any other artificial reference base, base from which there is no danger of falling into the void".

Falls that occur during activities carried out at height generally have multiple causes. Under the concept of multiple causes, the factors combine randomly, causing accidents. The extent to which the safety of workers working at height is compromised is determined by the action of existing risk factors at the workplace, which can be amplified by a number of influences (such as planning and training, materials and equipment, supervision, project management, workplace safety culture). Assigning a single specific cause to an accident or incident is rarely accurate and is often considered a misguided approach because it fails to identify the real causes. The general objective of identifying the factors that generate falls from height is to provide clues on how to create better accident prevention programs, by improving the control and training procedures, by better defining responsibilities and planning surveillance activities.

By analyzing existing statistics at European level and those presented in 2013 by the Association of Utility Mountaineering in Industry (IRATA) [7], on accidents



caused by falling from a height, as a result of activities carried out "on the rope" (using techniques utilitarian mountaineering), on scaffolding, on the roof, it was found that they are present in most sectors of activity. Using as an indicator the value of the accident incidence rate for a given population (100,000 workers), the data presented by IRATA [7] for the countries of the European Union, in 2012, place the construction sector (1,989 accidents) in the top of work accidents due to falls from height, followed by manufacturing (1,630 accidents), agriculture, forestry, fishing (1,413 accidents) and mining (1,356 accidents).

Analysis of existing data in the literature found that most accidents at work due to falls from a height occur in construction [5], [8], [9] - during activities on scaffolding, pillars and stairs, for the assembly of prefabricated parts, for the lifting of formwork, for demolition, for maintenance and rehabilitation of buildings, for works in crane cabins located at high altitude, for works in forklift and elevator cabins located at high heights in warehouses, for activities performed at ground level near an uncovered ditch / pit; for works in wells and sewers, etc.

Types of risks

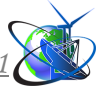
When working at height, there is both the risk of falling due to the difference in level between the workplace and the ground, and the risk of falling due to the specific workload to be performed, which can lead to either death or injury. bodily ailments or health conditions. The severity of the injuries is determined by the impact speed of the person, it depends both on the height of the fall, the nature of the impact surface, and the part of the body that hits the surface.

However, data from the literature have shown that serious or fatal injuries can result not only from the impact of the body from a great height on a solid surface, but also from:

- the impact caused by a fall from a low height, through a fragile surface;
- impact with the head forward from a low height.

In the case of working at height, the following types of risks have been identified:

- the risk of falling predominantly after a fall from a height;
- risk of falling followed by:
 - swinging the body and hitting obstacles ("pendulum effect");
 - stopping the fall due to the requests sent by the belt to the body;
 - suspension of the body of the worker who is hanging from the fall arrest equipment and the time spent in this position;
- the risk associated with personal fall protection equipment due to the fact that PPE:
 - PPE is not installed properly [5];
 - PPE prevents the free movement of the body;
 - prevents the placement of other components of the PPE;
- the risk of falling as a result of:
 - insufficient adhesion of the footwear;
 - dizziness;
 - blindness (due to shiny objects);
 - lack of visibility;



- hypothermic shock or sunstroke;
- rapid drop in temperature;
- specific risk related to the type / workload:
- mechanical (sharp edges, sharp tools, falling objects, etc.);
- thermal (sparks, free flame, etc.);
- chemical;
- electric;
- risk due to weather conditions: wind, rain or ice over the walkways, etc. ;

Whether it is a fall of 2 m [9] or a height of more than 2 m [8], [9], this is generally not without consequences; the severity and nature of the injury ranging from bruising, sprains and fractures of the upper and lower limbs, fractures of the ribs, head trauma, damage to internal organs, to death [5], [9]. As a result of these injuries, work accidents due to falls from a height can be classified [10] into:

- accident that causes temporary incapacity for work (ITM) - accident that causes temporary incapacity for work for at least 3 consecutive calendar days, confirmed by a medical certificate or, as the case may be, by other medical documents, according to the legal provisions;
- accident that causes disability (INV) - accident that causes disability confirmed by a decision to classify a degree of disability, issued by the medical authorities in law;
- fatal accident (D) - accident resulting in the death of the injured party, confirmed immediately or after a period of time, based on a forensic act.

Due to the major contribution of accidents due to falls from heights to accident statistics across Europe, studies have been conducted over time in different countries to identify the factors that cause falls from a height and to find optimal solutions. reduction of accidents at work.

Although the studies analyzed led to a good understanding of the size and pattern of accidents, the link between the various factors identified was limited to the influence of individual factors and the workplace on the occurrence of accidents due to falls from heights. Taking into account that accidents due to falls from heights occurred in different sectors of activity (construction, agriculture, chemical and steel industry, extractive industry, etc.), while working, or while traveling to or from work , it can be considered that not only the configuration of the workplace and the level difference of more than 2 m are a source of danger, but also the cumulative action of physical, mechanical, chemical hazards present in the work environment, as well as their synergistic action, at which can be added to the action of other workers.

In order to identify all the risk factors that over time have caused work accidents due to falling from a height, the research was based on their study:

- taking into account the different configurations of the workplace - the area in which the danger of falling has occurred - such as during: work on scaffolding [11], [12], [13], on pillars and stairs, on roofs [11], [14], during the lifting of the formwork [15], the periodic inspection and maintenance of the installations [15], the demolition [15], the maintenance and rehabilitation works of the buildings [14], the works in crane cabins located at high altitude, during ground level activities near an uncovered ditch / pit [16], as well as on roof works [15], [17], [13], etc.



- for several occupations, such as masons, carpenters, tinsmiths, plumbers, electricians, construction workers, carpenters, painters, other employees;
- considering the size of the companies in which they were produced: companies with more than 100 employees, companies with less than 10 employees.

In order to obtain relevant information on the existence of causal relationships between the configuration of the workplace and the risk caused by falls from heights, we performed a formal analysis starting from the components of the work system (performer, workload, means of production and work environment). thing).

Components of the work system and risk factors

Identified in various studies, the risk factors that caused the falls from a height were grouped into:

1. ***Risk factors specific to the executor*** (the worker involved in the execution of a task), generated by:

- behavior and attitudes: through reluctance to take safety measures, lack of a culture of security ("It won't happen to me") [15]; attention / vigilance, work disorder, decision to continue work after identifying a dangerous situation, decision to continue work without personal protective equipment [18], [16], [19], [20]], the decision to continue working without insurance, the decision to act regardless of the conditions of the working environment [18], jokes, communication skills [21], the use of inappropriate protective equipment [15], the removal of the safety device, adopting an unsafe position or position, choosing improper anchorage points [17], using damaged personal protective equipment [17], improper use of personal protective equipment [5], [17], distraction, ignorance and negligence of workers [22]], reckless operation, incorrect position during workload [11], inadequate risk assessment, improper marking of openings, incorrect assembly scaffolding or lack of parapets, non-compliance with safety and health rules [17], etc .;

- state of health: through hearing disorders, chronic or acute pathologies, mental disorders [18], alcohol consumption [18], medication consumption, weakness, fatigue [21], [18], traumas suffered, etc .;

- lack of experience [11] (inability to work on stairs, scaffolding, roofing, etc.);

- training and education: through language and cultural problems [22], lack of experience [22], lack of training, [23], lack of education in the field of health and safety at work [11], insufficient training [22], problems communication [22], lack of qualification [15], lack of awareness of fall protection;

- moral: by putting pressure on performance; feeling vulnerable; the relationship with the boss and the other workers; material interest.

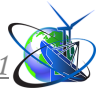
2. ***Risk factors specific to the workload***, generated by:

- lack of knowledge of working technologies and methods [11], inadequate working standards, lack of supervision [11], failure to provide personal protective equipment, limited access to resources, etc...;

- oversizing the requirements imposed on the executor; the pace of the work;

3. ***Risk factors specific to the means of production*** [15], [13] which may be generated by:

- the presence of equipment or objects with high temperatures, sharp, sharp, rough objects, the use of defective, overloaded equipment, the presence of



unprotected explosive materials, the use of non-insulated power tools [18];

- improper storage of materials [21], presence of chemicals, etc.

4. **Risk factors specific to the work environment** [15], generated by inadequate working conditions such as:

- inadequate lighting;
- surrounding activities, such as falling objects, heavy machinery traffic;
- work surface (wet, slippery, damaged, fragile surfaces, etc.);
- the presence of unprotected edges and openings [23], [14];
- defective stairs and scaffolding [23];
- adverse external conditions (ice / snow, adverse temperatures, rain (21), sun, noise) [17].

Given the significant variations in organizational methods, practices and work tasks in construction, the diagram in Figure 1.1 illustrates the share of macro-variables that determine the occurrence of falls from heights. By analyzing the diagram, it can be seen that the main factors in the accidents are the workers through "behavior and attitude" (approx. 13%), the configuration of the workplace (approx. 12%) and last but not least personal protective equipment (approx. 13%), due to non-use, improper use, or deteriorated use, up to 100% due to the work environment, age of workers, health, training and education, construction materials, company size, etc.).

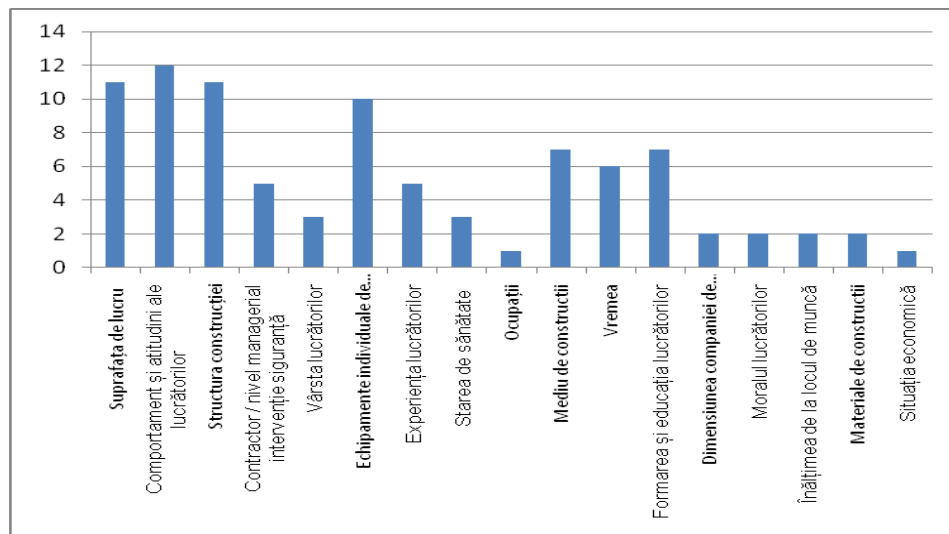
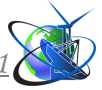


Figure 1 - The weight of the macro variables that determine the occurrence of falls from height

Often, the action of these risk factors can be accelerated by the result of the influences from the design of works, project management, activities that take place nearby, culture in the field of security and risk management, customer requirements, economic climate in which the activity takes place, etc.

Other factors identified such as contractors / managerial safety, health and the workplace environment also constantly contribute to the risk of falling, and factors such as age, experience of workers and occupations are also frequently discussed, but their impact on the risk of falling from a height is somewhat modest.



Because "behavioral and attitude of workers" is one of the most common causes in most studies, it can be said that this is one of the factors that directly contribute to the risk of falling from a height, over time compared to other variables.

At national level, the establishment of measures to promote the improvement of occupational safety and health of workers is regulated by Law no. 319/2006 - Law on safety and health at work (transposing at national level Framework Directive 89/391 / EEC). The law establishes the main obligations of employers with regard to ensuring the safety and protection of workers' health; occupational risk prevention; informing and training workers, including the protective equipment to be used.

Considered as the last protection measure to be applied when it has been established that following the use of other protection measures or reorganization of the workplace, the risk has not been eliminated, the personal protective equipment (hereinafter abbreviated PPE) is "any equipment carried or held by the worker to protect him from one or more risks which could endanger his safety and health at work, as well as any additional elements or accessories designed for this purpose."^[24]

As for personal protective equipment against falling from a height, it does not consist of a single component, but of a set of components, which are removably or non-removably connected, thus forming a system designed to protect the user against falls from height.

Construction industry has one of the highest accident and fatality rates among other major industries, with more than 60,000 fatal accidents each year worldwide. Falling from height is one of the leading causes of fatalities and injuries in construction. Passive protection devices (e.g., safety net) have been used to minimize the impact of falling from height for ages, while proactive warning systems appear recently to alert the workers when they are at risks of falling. To provide appropriate warnings to the worker but not to distract them due to the false alarm, the falling risk needs to be carefully evaluated. Hainan Chen and Xiaowei Luo published in 2016 a material titled „Severity Prediction Models of Falling Risk for Workers at Height”^[25] where the authors introduced algorithms for falling risk prediction and evaluated their performance. Injuries records during 2005 to 2015 were extracted from the OSHA database and 1161 intact falling-related record were used in this study. K-Modes, RBF network and Decision Trees are chosen to build three risk prediction models, and the performance of those three proposed models were evaluated using the OSHA injuries record data. The results indicate that the DT-based falling risk prediction model has the best performance of 75% and the top three critical factors of falling event's severity are distance from the ground, worker's occupation and the source of the falling. The delivered severity prediction model provides the foundation of more accurate real time risk evaluation for workers at height. Their research is based on the OSHA inspection data, and focuses on the fall accidents in the construction industry which the SIC Major Group codes include 15, 16, and 17. All the data since Jan. 01 1984 with specified 15 parameters have been obtained, which the EventType is fall, and any record which has none or blank value of parameters are filtered out, and finally there are 1166 intact records for this research. The authors



used Clustering Algorithm and Decision Tree Learning Algorithm to filter and interpret the data.

First, the importance of the parameters has been analyzed. Based on the Gini importance theory [26] and the mRMR algorithm [27], the importance of the parameters is calculated and the results are illustrated in Figure 1. Gini importance and mRMR are two classic features selection algorithms. These two algorithms can calculate the importance of features for classification, in which the larger importance value, the more influence for the classification.

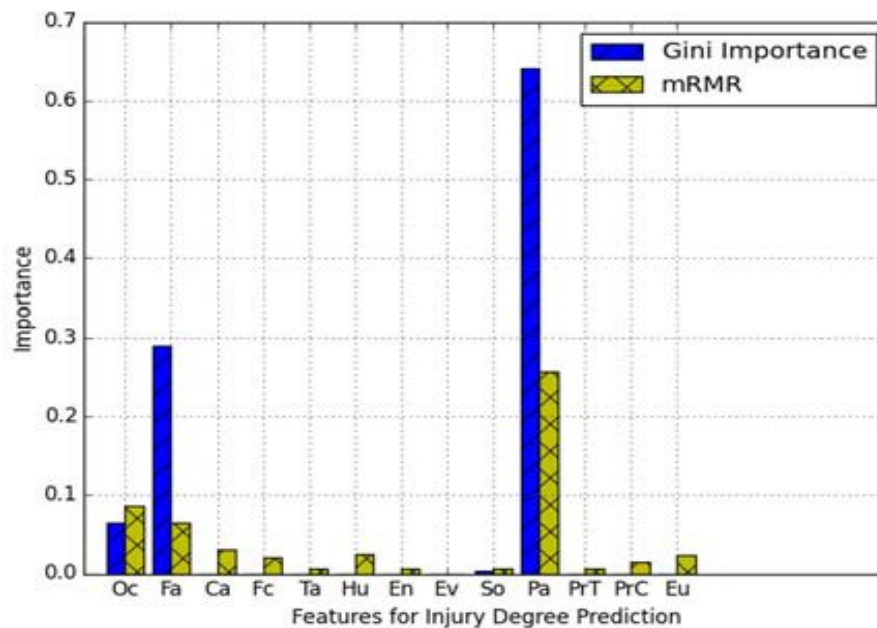


Figure 2 - Features Importance Analysis for Injury Degree Prediction

As the illustrated results, the Occupation, FallDist and PartBody are the most 3 important parameters both in Gini importance analysis and the mRMR algorithm. For EventType parameter, it shows that the importance is 0 in the all situations. It is because that in this research the fall accidents are focused on, all the EventType values are fall. If just considering the injury degree, it shows that Occupation, FallDist, SourceInjury, and PartBody, the 4 parameters contribute most to the classification.

Based on the OSHA data, one fall accident is an abstract record described by 15 features. According to the analysis in section 3.1, PartBody, FallDist, Occupation, and SourceInjury are the top 4 important features for classifying the data set into different injury degrees. The accuracy of the three types of classification algorithms has illustrated in Figure 2.

For the k-Modes algorithm, the value of the Degree feature is the label of the records and the k-Modes output.

The value of the most relative features composed of the feature vectors and the input of k-Modes algorithm. Through learning the relation rules, the k-Modes algorithm predicts the injury degree according to the feature vectors. The k-Modes algorithm can generally achieve 0.62 accuracy.

RBF network also employed the most relative 4 features as the input vector, and



the output is the degree of injury. Although generally RBF network is a good kind of ANN algorithm for classification, in this research, it can only achieve up to 0.49 accuracy for injury degree prediction.

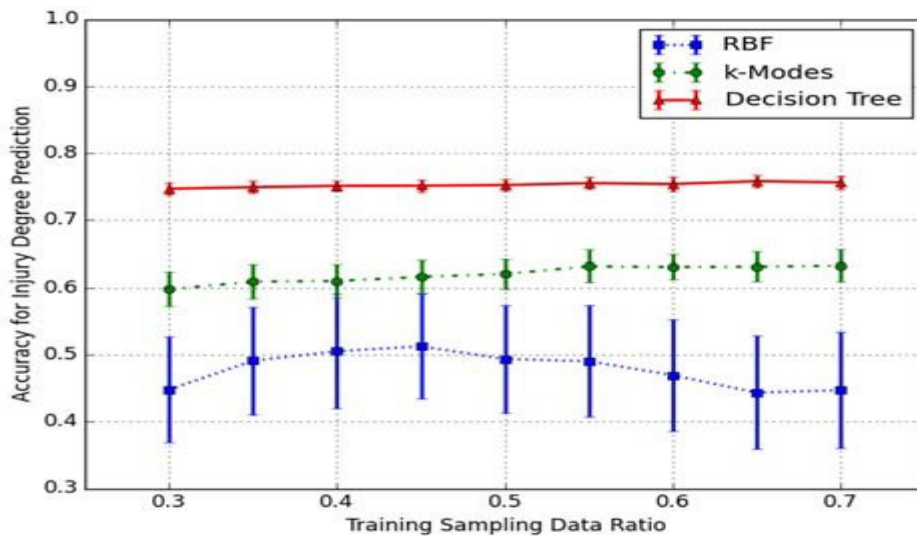


Figure 3 - Training Data Ratio VS. Prediction Accuracy for Injury Degree

Decision Tree algorithm based on the Gini importance theory to process the data vector. Based on the analysis in section 3.1, the top four important features were selected. Therefore the feature vectors can achieve the maximal Gini importance. Its accuracy for injury degree classification is around 0.75.

In order to investigate fall injury proactive protection for construction industry workers, this research studied the OSHA data. Two parameter analysis methods: Gini importance analysis and mRMR algorithm were employed to analyze the importance of the data features, and 3 kinds of data mining algorithms DT, k-Modes, and RBF network were applied to classify and predict the degree of the injury. By comparing the accuracy of the 3 kinds of algorithms, the DT algorithm definitely has the best performance for the injury prediction. According to the importance analysis, the injured part of the body (PartBody), fall down distance (FallDist), worker's occupation (Occupations) and the source of the injury (SourceInjury) are the top 4 important parameters for injury degree prediction.

Summary and conclusions

In conclusion, to a certain degree, the fall accidents in construction can be predicted, and the data mining algorithm, especially Decision Tree algorithm can do further contributions for fall injury proactive protection. In addition, according to the importance analysis and prediction comparison, just depending on the objective features of the construction company or construction workers to predict the construction injuries is definitely a reluctant method. In order to offer proactive protection, monitoring the position and posture of a worker, which can be relative to the FallDist and PartBody features, in real time is significant.

References

- [1] International Labour Office,
www.ilo.org/public/english/standards/relm/gb/docs/gb295/pdf/esp-3.pdf



[2] Eurostat. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/health/health-safety-work/data/database>

[3] Europene, Jurnalul Oficial al Uniunii. VERSIUNE CONSOLIDATĂ A TRATATULUI PRIVIND UNIUNEA EUROPEANĂ ȘI A TRATATULUI PRIVIND FUNCȚIONAREA UNIUNII EUROPENE. https://www.ecb.europa.eu/ecb/legal/pdf/c_32620121026ro.pdf

[4] Strategia comunitară 2007-2012 privind sănătatea și securitatea în muncă. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=celex:52007DC0062>

[5] Click.ro. <http://m.click.ro/news/national/video-un-alpinist-utilitar-murit-dupa-ce-cazut-de-la-etajul-sase-al-unui-camin>

[6] Inspecția Muncii. Raport de activitate a Inspecției Muncii. <https://www.inspectiamuncii.ro/raport-anual-al-activitatii-inspectiei-muncii>

[7] Review and Analysis of Available Accident Statistics Relating to Lifting Operations Using Rope Access (Research & needs analysis). <http://www.adam-europe.eu/prj/8398/prd/2/4/WP2-Accident%20Report%20wrobb%20review%20SEP%2013T.pdf>

[8] Review and Analysis of Available Accident Statistics Relating to Lifting Operations Using Rope Access (Research & needs analysis). <https://www.adam-europe.eu/prj/8398/prd/2/4/WP2-Accident%20Report%20wrobb%20review%20SEP%2013T.pdf>

[9] Limited, BOMEL. Falls from height - Prevention and risk control effectiveness. <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr116.pdf>

[10] Hotararea de Guvern 1425 din 2006 pentru aprobarea Normelor metodologice de aplicare a prevederilor Legii securitatii si sanatatii in munca nr. 319 din 2006

[11] Yang, Mr Lee Tzu. Falls from Height, <https://www.wshc.sg/wps/themes/html/upload/cms/file/Falls%20From%20Height.pdf>

[12] Department of Education, Employment and Workplace Relations. National code of practice for the prevention of falls in general construction. http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/SWA/about/Publications/Documents/378/Regulation_Impact_Statement_Consultation_Draft_NCOPPrevention_Falls_Housing_Construction.pdf

[13] Hojo T., Ohdo K., Analysis on characteristics of fall accidents in construction industry. <http://www.jniosh.go.jp/en/publication/ICFPP2013/PDF/ICFPP11.pdf>

[14] HSE, Anonymous. Working at height. <http://www.hse.gov.uk/construction/safetytopics/workingatheight.htm>

[15] Falls from height – Prevention and risk control effectiveness. <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr116.pdf>

[16] <http://www.ziare.com/articole/muncitor+cazut+schela>.

[17] Hunter L., Review of Work at Height - Practices in the UK Broadcasting Industry. <http://www.hse.gov.uk/entertainment/pdf/broadcasting.pdf>

[18] Tariq S. Abdelhamid, John G. Everett, Identifying root causes of construction accidents. <http://faculty.kfupm.edu.sa/CEM/jannadi/Identifying-Root-Causes-Of-Constuction-Accident.pdf>



- [19] Anonymous.
<http://www.ziare.com/iasi/articole/barbat+cazut+schela+inaltime>
- [20] <http://www.ziuanews.ro/revista-presei/exclusiv-muncitor-mort-la-policlinica-industrial-a-cazut-de-pe-schele-update-foto-video-180121>
- [21] Hide S., Pavitt T., Haslam R., Gibb A., Gyi D., Duff R., Suraji A.. Causal factors in construction accidents. <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr156.pdf>.
- [22] Krishnamurthy N. Working at Height in the oil and gas industry. <http://www.profkrishna.com/ProfK-Assets/NDC-NK-Keynote.pdf>.
- [23] Construction Focus Four: Fall Hazards.
https://www.osha.gov/dte/outreach/construction/focus_four/falls/falls_ig.pdf.
- [24] Hotărâre Nr. 1048 din 9 august 2006 privind cerințele minime de securitate și sănătate pentru utilizarea de către lucrători a echipamentelor individuale de protecție la locul de muncă.
- [25] Hainan Chen, Xiaowei Luo - Severity Prediction Models of Falling Risk for Workers at Height, © 2016 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license
- [26] L. Breiman, J. Friedman, C. J. Stone, and R. A. Olshen, Classification and Regression Trees. Chapman and Hall/CRC, 1984.
- [27] Hanchuan Peng, Fuhui Long, and C. Ding, “Feature selection based on mutual information criteria of max- dependency, max-relevance, and min-redundancy,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 27, no. 8, pp. 1226–1238, Aug. 2005.
- [29] Departament, QHSE. Working at Heights Fall Protection.
<http://slideplayer.com/slide/271994/>
- [30] Executive, Health and Safety. Inspecting fall arrest equipment made from webbing or rope. <http://www.hse.gov.uk/pubns/indg367.pdf>



УДК 624.011.1

CONSTRUCTING LINEARIZED EQUATIONS AND CALCULATING THEIR COEFFICIENTS ON THE EXAMPLE OF A GAS TURBINE ENGINE AS A PART OF ELECTRIC GENERATOR DRIVE

Sytnik O.O.

d.t.s., prof.

ORCID: 0000-0002-4720-0267

Protasov S.Yu.

c.t.s., as.prof.

ORCID: 0000-0003-3592-0627

Klyuchka K.M.

c.t.s., as.prof.

ORCID: 0000-0003-1154-4938

Cherkassy state technological university,
Cherkassy, Shevchenko boulevard, 460, 18006

Abstract. The article discusses the peculiarities of using the ordinary least squares method for calculating the coefficients of linearized equations and is illustrated on the example of a gas turbine engine (GTE), used as a part of the drive of an electric generator of power plants of low and medium power. It has been shown that the use of the regularization method of normal equation system solution makes it possible to obtain adequate results in the systems with poorly conditioned matrices.

Keywords: gas turbine engine, linearized equations, linearization coefficients, Gaussian method, energy object.

Introduction.

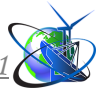
Recently, publications have been widely discussing the issues of improving quality indicators in the use of GTE in the industrial energy sector [1], [2].

GTE is used as a part of the electric generator drive of peak load of power plants, where the base load is provided by powerful industrial steam and gas turbines. In some cases, GTE manufacturers, on special order, design specialized options to use in stationary and transport power industry. Features of GTE design and their mathematical description, in particular, for this scheme can be found in the relevant references, for example [3].

Presentation of the main material.

We will consider an example of a GTE mathematical model, in which the equations are compiled taking into account the following assumptions: inertial properties of rotating masses of rotors only are taken into account; external air parameters are constant; loss of pressure in the air supply suction shaft does not depend on the GTE operation mode; the moment of resistance on the shaft of the power turbine depends only on the speed of its rotor.

This control object has one degree of freedom and the only control influence which is fuel consumption in the combustion chamber (B). The minimum number of differential equations of the first order corresponds to the number of energy batteries, in this case the mechanical energy of rotating masses. The system of linearized equations is as follows:



$$\begin{cases} T_1 \delta \omega_1 = \delta M_{T2} - \delta M_{K1}, \\ T_2 \delta \omega_2 = \delta M_{T1} - \delta M_{K2}, \\ T_3 \delta \omega_3 = \delta M_{T3} - \delta M_{KC}. \end{cases} \quad (1)$$

The following notations are entered in the system (1):

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{\pi \cdot J_1 \cdot \omega_1}{30 M_{10}}, M_{10} = M_{T20} = M_{K10}; \\ T_2 &= \frac{\pi \cdot J_2 \cdot \omega_2}{30 M_{20}}, M_{20} = M_{T10} = M_{K20}; \\ T_3 &= \frac{\pi \cdot J_3 \cdot \omega_3}{30 M_{30}}, M_{30} = M_{T30} = M_{C0}. \end{aligned} \quad (2)$$

where T_1, T_2, T_3 are time constants of the corresponding rotors; J_1, J_2, J_3 are the moments of rotor lag; M_{10} is a moment that develops in the output mode by a low-pressure turbine (LPT) ($M_{10} = M_{T20}$); or consumed by a low pressure compressor (LPC) ($M_{10} = M_{K10}$); M_{20} is a moment that develops in the output mode by a high-pressure turbine (HPT) ($M_{20} = M_{T10}$); or used by a high pressure compressor (HPC) ($M_{20} = M_{K20}$); M_{30} is a moment that develops in the output mode by the power turbine (PT) ($M_{30} = M_{T30}$); or consumed, which is equal to the moment of resistance ($M_{30} = M_{C0}$); $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ is the rotation frequency of LPC, HPC i PT correspondently.

In order to solve the value system (1) $\delta M_{T2}, \delta M_{K2}, \delta M_{T1}, \delta M_{K1}, \delta M_{T3}, \delta M_C$, that are in the right parts of the equations must be expressed through the parameters of the GTE cycle. The relationship between these parameters, taking into account the assumptions made above, is assumed to be algebraic. By applying the corresponding transformations, we can obtain that the right parts of the system equations (1) will have the same structure in composition of parameters ($\delta \omega_1, \delta \omega_2, \delta \omega_3, \delta B$). However, it is not advisable to make such a transformation for two reasons. Firstly, for a complete picture of the operation mode of the GTE; except of the dependencies $\delta \omega_1(t), \delta \omega_2(t), \delta \omega_3(t)$ under the specified law $\delta B(t)$, it is necessary to have parameters to determine the operation mode of compressors in relation to the pump line ($\delta \pi_{K1}, \delta \pi_{K2}$) and also know the change in gas temperature (δT_G) in front of a high-pressure turbine (π_{K1}, π_{K2} is a degree of air compression in LPC i HPC correspondently). Then, for the relative values of compressors and turbines, the following expressions can be written out:

$$\begin{cases} \delta M_{K1} = \delta M_{K1}(\delta \pi_{K1}, \delta \omega_1); \\ \delta M_{K2} = \delta M_{K2}(\delta \pi_{K1}, \delta \pi_{K2}, \delta \omega_1, \delta \omega_2); \\ \delta M_{T1} = \delta M_{T1}(\delta \pi_{K1}, \delta \pi_{K2}, \delta \omega_1, \delta \omega_2, \delta T_G); \\ \delta M_{T2} = \delta M_{T2}(\delta \pi_{K1}, \delta \pi_{K2}, \delta \omega_1, \delta \omega_2, \delta T_G); \\ \delta M_{T3} = \delta M_{T3}(\delta \pi_{K1}, \delta \pi_{K2}, \delta \omega_1, \delta \omega_2, \delta \omega_3, \delta T_G); \\ \delta M_C = \delta M_C(\delta \omega_3); \\ \delta \pi_{K1} = \delta \pi_{K1}(\delta \pi_{K2}, \delta \omega_1, \delta \omega_2, \delta \omega_3, \delta T_G); \\ \delta \pi_{K2} = \delta \pi_{K2}(\delta \pi_{K1}, \delta \omega_1, \delta \omega_2); \\ \delta T_G = \delta T_G(\delta \pi_{K1}, \delta \pi_{K2}, \delta \omega_1, \delta \omega_2, \delta B). \end{cases} \quad (3)$$

The formula structure according to the composition of parameters is derived from the mathematical description of physical phenomena occurring in GTE during its work in static and transitional modes.



The second reason why a certain number of algebraic equations should be preserved in addition to differential equations occurs in the features of the applied technique. The exclusion of algebraic equations will cause the right parts of the system equations (3) to become identical in composition of their parameters. Then the calculation of GTE in static mode ($\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 0$) will not be enough to calculate the linearization coefficients – all equations will be built into one type

$$\alpha_1 \delta \omega_1 + \alpha_2 \delta \omega_2 + \alpha_3 \delta \omega_3 = \alpha_1 B,$$

where $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ are linearization coefficients, that are derived.

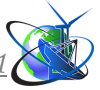
Thus, the first feature of the suggested method of calculating linearization coefficients according to the static characteristics of the control object has been established: linearization equations for which coefficients are determined must differ in the composition of parameters.

In case when the results are used, that contain the values $\omega_1 \neq 0, \omega_2 \neq 0$, and $\omega_3 \neq 0$, then algebraic equations are not needed to determine the coefficients of linearization. The latter in the system of differential equations are located exactly to the multiplier at the derivative. However, as mentioned above, the physical meaning of the problem requires the conservation of parameters of π_{K1}, π_{K2}, T_G to access the quality of the investigated processes. After the initial system of linearized equations is defined, a set of conditions is written for each equation, which are then given to the system of normal equations. Linearization coefficients are determined from the solution of normal equations. There is a standard approximation algorithm OLS in many computer programs for mathematical calculations, which can be used for this purpose. The range in which the parameters are sampled to make conditional equations is assigned purely tentatively, guided by an intuitive representation of the fairness of the linearization hypothesis.

Table. 1 demonstrates the coefficients of linearized algebraic equations (2). Fig. 1–3 show the values calculated using linearization coefficients of the table and obtained from the thermal calculation of GTE characteristics according to nonlinear dependencies.

Table 1 - Coefficients of the linearized equations

Parameter in the left side of the equation	Linearization coefficients at parameters in the right side of the equation						
	$\delta \pi_{K1}$	$\delta \pi_{K2}$	$\delta \omega_1$	$\Delta \omega_2$	$\Delta \omega_3$	δT_G	δB
M_{K1}	0,6518	–	1,088	–	–	–	–
M_{K2}	0,3152	1,5382	0,2798	0,492	–	–	–
M_{T1}	0,220	0,9414	0,1961	0,4053	–	0,5303	–
M_{T2}	0,2648	0,8260	0,3552	0,6439	–	0,417	–
M_{T3}	0,3383	0,0083	0,1788	0,1772	0,3328	1,1395	–
M_C	–	–	–	–	1,6362	–	–
π_{K1}	–	0,2388	1,1889	0,0248	0,0243	0,0951	–
π_{K2}	0,1824	–	0,1713	0,2388	–	–	–
T_G	0,8925	0,7488	-0,992	-0,006	–	–	0,1139



After analyzing fig. 1–3 it can be concluded that for the range of linearization adopted in the example of load linearization, the resulting system of linear equations approximates the transitional nonlinear dependence quite well.

The possible range by B for the use of the obtained linear equations is obtained from the graphs in Fig. 4–5, which demonstrates the approximation error and marks the permissible error value. The greatest errors occur at approximation of power turbine moments and load.

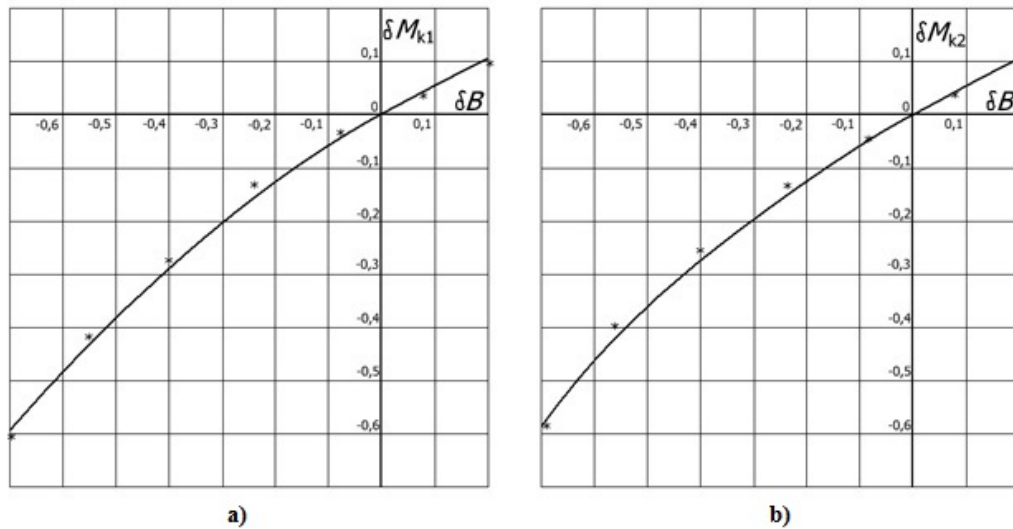


Figure 1 - Dependency: a) $\delta M_{k1} = \delta M_{k1} \delta(B)$, b) $\delta M_{k2} = \delta M_{k2} \delta(B)$; (curve line is an output nonlinear dependency; discrete points are values calculated according to linearized equation)

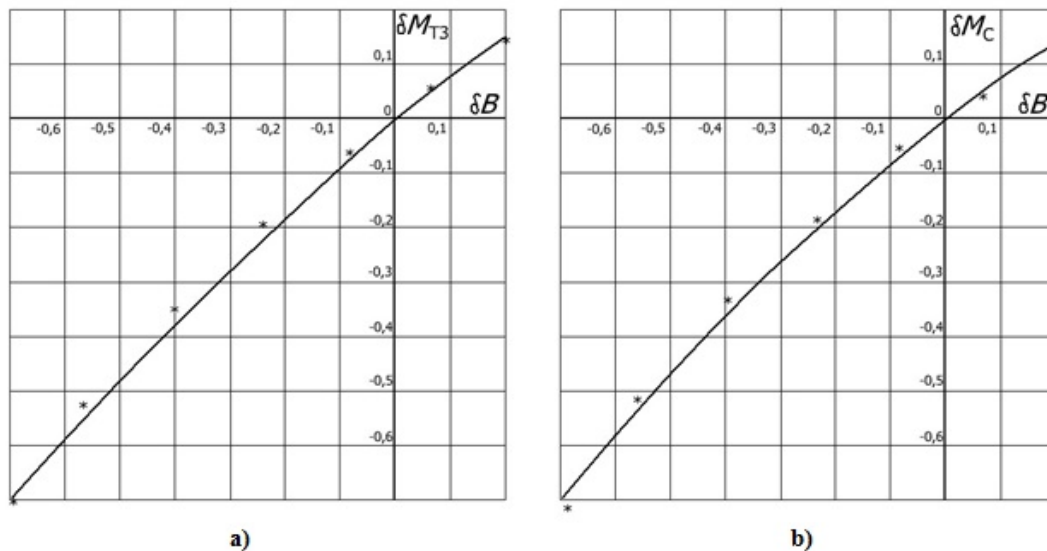


Figure 2 - Dependency: a) $\delta M_{T1} = \delta M_{T1} \delta(B)$, b) $\delta M_{T2} = \delta M_{T2} \delta(B)$; (curve line is an output nonlinear dependency; discrete points are values calculated according to linearized equation)

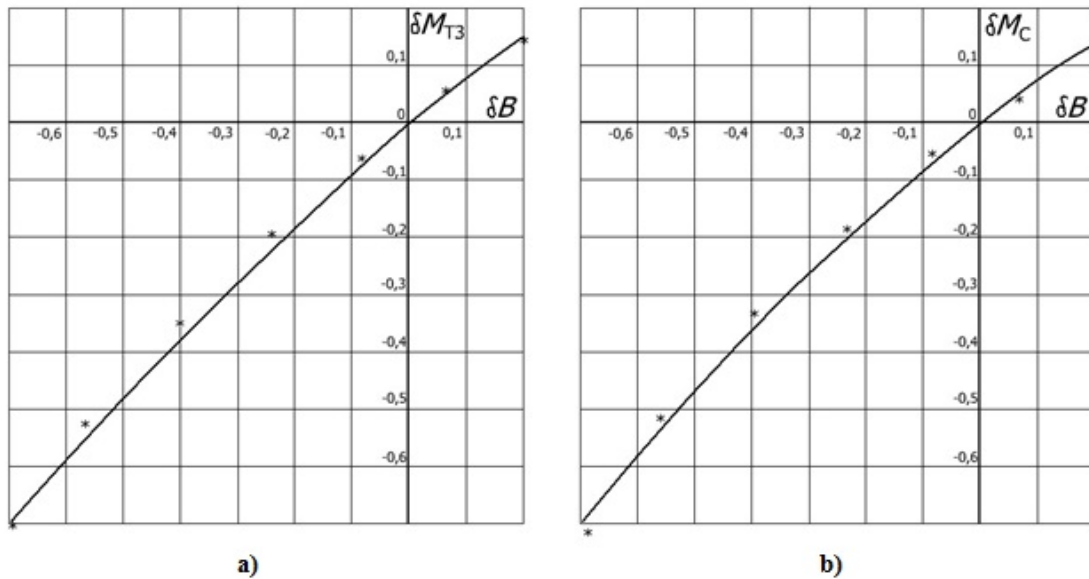
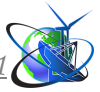


Figure 3 - Dependency: a) $\delta M_{T3} = \delta M_{T3} \delta(B)$, b) $\delta M_C = \delta M_C \delta(B)$; (curve line is an output nonlinear dependency; discrete points are values calculated according to linearized equation)

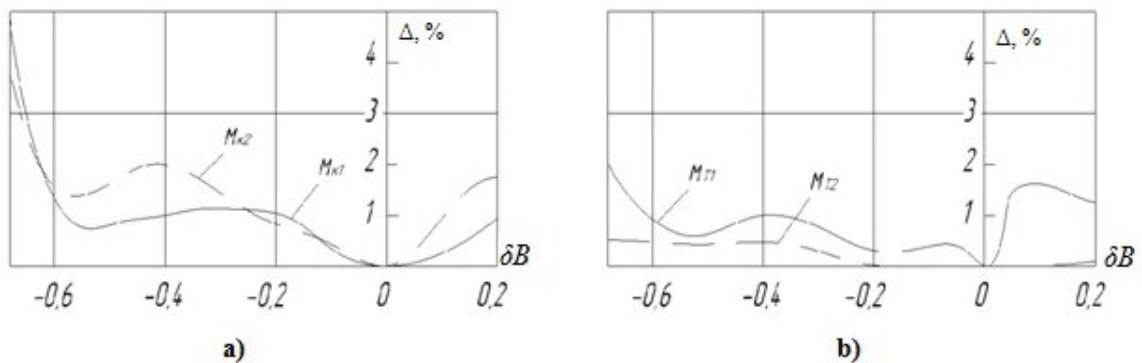


Figure 4 - To the assesement of the acceptable linearization range for dependencies: a) δM_{K1} , b) δM_{K2}

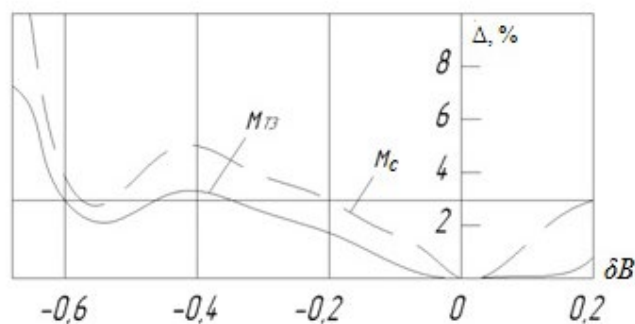
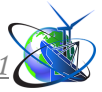


Figure 5 - To the assesement of the acceptable linearization range for dependencies: a) δM_{T3} , δM_C

When calculating the coefficients of linearization for approximation of the value δM_{T1} , the following system of normal equations was obtained:



$$\begin{cases} 0,3442x_1 + 0,1353x_2 + 0,2326x_3 + 0,2453x_4 + 0,1343x_5 = 0,4489; \\ 0,1353x_1 + 0,0533x_2 + 0,0913x_3 + 0,0968x_4 + 0,0527x_5 = 0,1769; \\ 0,2326x_1 + 0,0913x_2 + 0,1527x_3 + 0,1655x_4 + 0,0908x_5 = 0,3029; \\ 0,2453x_1 + 0,0968x_2 + 0,1655x_3 + 0,1759x_4 + 0,0955x_5 = 0,3213; \\ 0,1343x_1 + 0,0527x_2 + 0,0908x_3 + 0,0955x_4 + 0,0525x_5 = 0,1749. \end{cases}$$

Solving the Gaussian equation system with the allocation of the main elements on a personal computer gives the following values for unknown values

$$x_1 = 86,5839; x_2 = -19,7215; x_3 = -155,0071; x_4 = 1,0259; x_5 = 68,0311.$$

When we substitute the received solutions, for example, in the first of the equations of the system we get a fairly good convergence

$$0,3442 \cdot 86,5839 - 0,1353 \cdot 19,7215 - 0,2326 \cdot 155,0071 + 0,2453 \cdot 1,0259 + 0,1343 \cdot 68,0311 = 0,3675(0,4489).$$

When calculating the system of equations by the Gaussian method with the selection of the main elements, there are a number of signs that immediately indicate the poor condition of the system. These features include: the appearance of a "small" conduction element, a "large" numerical solution, a "large" residual vector [4]. In this example, the manifestation of poor condition of the source system is to obtain "large" numerical values. Since this problem has quite a certain physical content, these "large" solutions are not consistent with a priori ideas about the nature of the object. For the adjusting multiplier $\mu = 0,99$, entered on recommendations [4], the solution of the system will be

$$x_1 = 0,6217; x_2 = 0,0129; x_3 = 1,253; x_4 = -0,3559; x_5 = 0,2318.$$

Substitution of the obtained values in the first equation of the source system gives

$$0,3442 \cdot 0,6217 - 0,1353 \cdot 0,0129 - 0,2326 \cdot 1,253 - 0,2453 \cdot 0,3559 + 0,1343 \cdot 0,2318 = 0,4508(0,4489).$$

For the regulatory multiplier $\mu = 1,01$ we get

$$x_1 = 0,22; x_2 = 0,9414; x_3 = 0,1961; x_4 = 0,5903; x_5 = 0,4053.$$

A similar check is as follows

$$0,3442 \cdot 0,22 + 0,1353 \cdot 0,9414 + 0,2326 \cdot 0,1961 - 0,2453 \cdot 0,5903 + 0,1343 \cdot 0,4053 = 0,4479(0,4489).$$

As a reliable solution, the values $x_1 \dots x_5$ obtained for $\mu = 1,01$ are taken, since the absence of negative coefficients inevitably follows from the analysis of the physical essence of the identified object. The effectiveness of the applied regulatory method is clearly visible from fig. 5, which demonstrates an approximation error.

Summary.

The construction of a linear model of an energy object based on OLS was discussed above in detail. The use of the regularization method of normal equation solution allows to get reliable results in the systems with poorly conditioned matrices. The essence of the results can be reduced to the following.



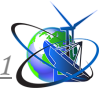
If the calculation results of energy object static characteristics are used to obtain coefficients of linear equations, then linear equations can be used:

- 1) for static calculations with small changes in individual parameters;
- 2) to obtain transient processes in a small range;
- 3) to obtain transient processes in the entire permissible linearization range in case of relatively small inconsistency of the parameters of the energy object (slow dynamics).

If the results of calculations or tests containing derivatives of parameters that characterize the parameters of the energy object are used to obtain coefficients of linear equations, then linear equations will be suitable for describing transition modes with a single restriction on the permissible range of linearization.

References

1. Olkhovskiy G.G. Gas turbines for power industry // *Teploenergetika* – № 1. – 2004. – pp. 33-43 [in Russian].
2. Kovetskiy V.M., Kovetskaya M.M.. Assessing the movable-generating capabilities of energy-generating plants to ensure electricity quality // *Problemy zahalnoji enerhetyky* – №16. – 2007. – pp. 47-53 [in Russian].
3. Chumakov J. A. Theory and calculation of gas turbine engines. Textbook. Forum, 2017. – 447 p. [in Russian].
4. Tikhonov A.N., Goncharovsky A.V., Stepanov V.V., Yagola A.G. Numerical methods of solving incorrect problems. M: Nauka, 1990. – 231 p. [in Russian]



УДК 629.7.615.3

STRUCTURE OF THE CONTROL SYSTEM OF AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT OF VARIABLE CONFIGURATION СТРУКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТА ЗМІНЮВАНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Ashcherkova N.S. /Ащепкова Н.С.

с.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-1870-1062

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Gagarin Ave. 72, 49010

Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, Дніпро, пр. Гагаріна 72, 49010

Koshevoy N.D. /Кошовий М.Д.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф..

National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, st. Chkalov, 17, 61070

Національний аерокосмічний університет "ХАІ" ім. М. Жуковського,

Харків, вул. Чкалова, 17, 61070

Анотація. У статті розглянуто дві конструкції АМР змінюваної конфігурації. Досліджено три режими керованого руху АМР змінюваної конфігурації. Визначено динамічні особливості об'єкту керування. Складено структурні схеми автоматичного та дистанційного адаптивного керування. При цьому система керування може миттєво реагувати на взаємозв'язок каналів керування, зміни зовнішньої обстановки й поточного стану об'єкту, зовнішні впливи для запобігання зіткненням із перешкодами й збереження працездатності АМР. Це дозволить забезпечити керованість, зберегти задану кутову орієнтацію в напрямках перпендикулярних напрямку руху та підвищити продуктивність роботи АМР.

Ключові слова: автономний мобільний робот, система керування, адаптивне керування.

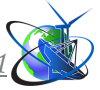
Вступ.

Роботи і маніпулятори (М) були створені для виконання завдань у небезпечних або шкідливих для людини умовах. Усе частіше М використовуються у військових цілях [1, 2], у космосі [3, 4], у ядерній енергетиці [5], для подолання наслідків техногенних і природних катастроф [6]. Для робіт в екстремальних умовах, як правило, застосовуються дистанційно керовані роботи й М.

Розширення сфери застосування й підвищення складності завдань для сучасних автономних мобільних роботів (АМР) обумовлює наявність елементів конструкції, які рухаються відносно платформи робота. Прикладом таких елементів конструкції може бути маніпулятор, виконавчі органи спеціалізованого обладнання або рухливе устаткування: щуп, бур, ківш і т.п. [7, 8] При експлуатації АМР ці елементи переміщуються відносно платформи, змінюючи конфігурацію й геометрію мас динамічного об'єкта.

Аналіз літератури.

Наявність рухливої основи підвищує маневреність маніпуляційних АМР, розширює робочий простір і збільшує кількість припустимих конфігурацій маніпулятора, але знижує точність позиціонування схвату (навісного устаткування або інструменту). Динамічні процеси для АМР змінюваної конфігурації можна розділити на три режими руху траєкторії:



- 1) керування рухом АМР можна розбити на три етапи: планування маршруту, планування поточного фрагменту маршрутного завдання, реалізація маршрутного завдання [9]. Синтез закону керування плоским рухом робота є типовою задачею: відомо декілька методів стабілізації руху вздовж заданої траєкторії. керований рух платформи по заданому маршруту з „зачекованим” навісним обладнанням або маніпулятором;
- 2) виконання технологічних операцій навісним обладнанням або маніпулятором при зупиненій платформі;
- 3) навісне обладнання або маніпулятор виконує технологічні операції при керованому русі платформи.

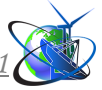
Керований рух платформи з „зачекованим” маніпулятором досить добре досліджено для різних варіантів конструкції шасі. При реалізації цього режиму руху АМР – керований візок, який рухається вздовж траєкторії. При переміщенні АМР змінюваної конфігурації по заданому маршруту система керування повинна забезпечити мінімальне відхилення центру мас платформи від заданої

В [10] запропоновано метод керування динамічними об'єктами при якому сигнал командного вектору подається до блоку формування обмежень векторної функції відхилення від заданої траєкторії. Сигнал командного вектору залежить від суми вихідних сигналів з динамічного об'єкту керування й з блоку формування заданої траєкторії. При цьому сигнал командного вектору формується як розв'язок рівняння обмежень щодо шуканого командного вектору і його k перших похідних. Недоліком даного методу є застосування квадратичних критеріїв оптимальності, що приводить до зниження швидкодії системи керування.

В [11] розглянуто метод робастного керування багатомірним динамічним об'єктом, що полягає в оптимізації проходження об'єктом розрахованої траєкторії з підвищеними показниками точності при компенсації дії сил зовнішнього збурювання. Недоліком даного методу є зневага перехресним зв'язком каналів керування.

В [12] представлено алгоритм керування автономним мобільним роботом, який на етапі ідентифікації враховує недіагональність і нестационарність тензору інерції об'єкта в базовій системі координат. Недоліком є те, що система керування лише адаптується до інерційних особливостей динамічного об'єкта, як до зовнішніх збурень.

Запропоновані методи не можна застосувати для опису динаміки рухів маніпулятора відносно платформи АМР. При експлуатації АМР навісним обладнанням виконуються технологічні операції переміщення об'єкту маніпулювання (вантаж, інструмент, контрольно-вимірювальні прилади) за заданим законом руху [7]. Залежно від призначення АМР на різних ділянках траєкторії можуть змінюватися параметри навантаження: геометричні розміри, форма, розподіл мас. Таким чином, АМР змінюваної конфігурації є динамічним об'єктом з недіагональним і нестационарним тензором інерції [7]. Для дослідження динаміки такі АМР можна розглядати як M на рухливій основі або систему „носій та перенесене тіло”. Особливістю динаміки АМР змінюваної



конфігурації, як системи тіл, є:

- зміна положення центру мас системи при відносному русі маніпулятора,
- сумірність недиагональних і діагональних елементів тензору інерції, обчислених відносно осей базової системи координат, пов'язаної із центром мас платформи АМР;
- не співспрямованість головних центральних осей інерції з осями системи координат зв'язаної із платформою АМР.

Перелічені особливості динаміки системи обумовлюють перехресний зв'язок каналів керування за рахунок взаємного впливу динамічних параметрів об'єкту керування. Це призводить до виникнення „паразитних” збурюючих моментів і спричиняє втрату орієнтації АМР у вертикальних площинах. Втрата орієнтації або падіння АМР в робочій зоні з екстремальними умовами не лише приводить до неможливості виконання технологічних операцій і спричиняє матеріальні збитки. При транспортуванні радіаційних або вибухонебезпечних об'єктів падіння АМР може мати катастрофічні наслідки.

Таким чином, розробка структурної схеми адаптивного керування АМР змінюваної конфігурації є актуальною науково - прикладною задачею. Реалізація адаптивного методу керування АМР дозволить: мінімізувати відхилення центру мас динамічного об'єкта від траєкторії, зменшити енерговитратні й забезпечити задану кутову орієнтацію об'єкту керування в площинах перпендикулярних напрямку руху.

Основний текст.

Мета дослідження – розробка структури системи адаптивного керування АМР змінюваної конфігурації. Впровадження адаптивного керування дозволить: мінімізувати відхилення центру мас АМР змінюваної конфігурації від траєкторії, зменшити енерговитратні й забезпечити задану кутову орієнтацію об'єкту керування в напрямках перпендикулярних напрямку руху.

Об'єкт дослідження. У якості об'єкта дослідження розглядається клас динамічних об'єктів, для яких у базовій системі координат $C1X_{c1}Y_{c1}Z_{c1}$, пов'язаної із центром мас шасі, тензор інерції - недиагональний і нестационарний [7]. Прикладом таких об'єктів є: автономний мобільний робот з маніпулятором (рис. 1) [8], автономний мобільний робот з рухливими елементами конструкції (рис. 2) [8].

На рис.1 представлена схема конструкції АМР із маніпулятором. Конструкція складається з повнопривідного 4 – колісного шасі; антропоморфного маніпулятора складеного з диску, що обертається навколо вертикальної осі, та стрижневих ланок руки, з'єднаних ротаційними кінематичними парами п'ятого класу.

На рис.2 наведена схема конструкції АМР з рухливими елементами. Конструкція складається з повнопривідного 4 – колісного шасі, навісного обладнання (ківш, щуп, бур і т.п.), з'єднаних із платформою ротаційними кінематичними парами п'ятого класу й рухливих інформаційних пристроїв (камера, дозиметр, пожежний сповіщувач і т.п.) змонтованих на кільці, що обертається навколо вертикальної осі.

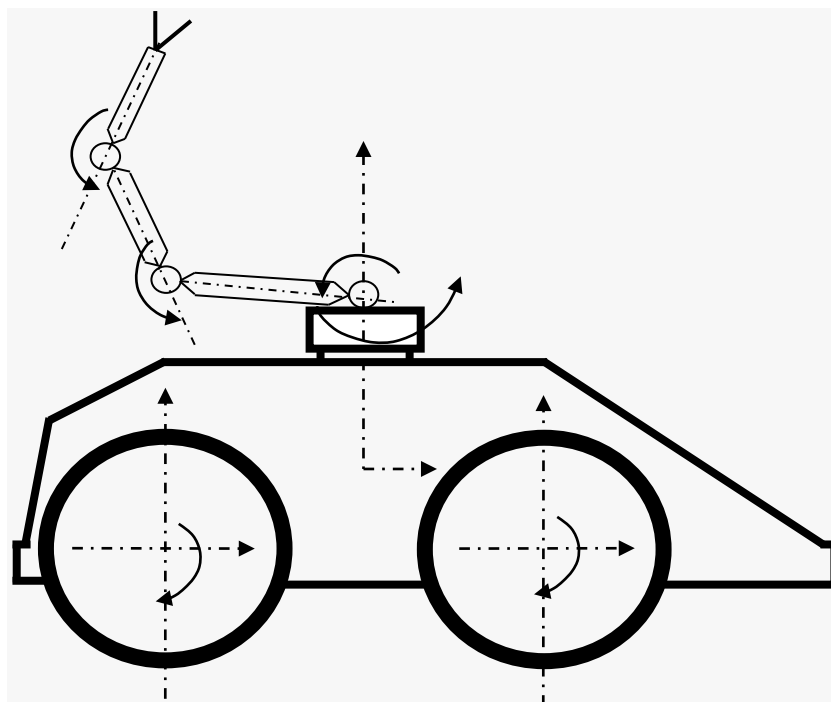


Рисунок 1 – Схема конструкції автономного мобільного роботу з маніпулятором

Джерело: [8]

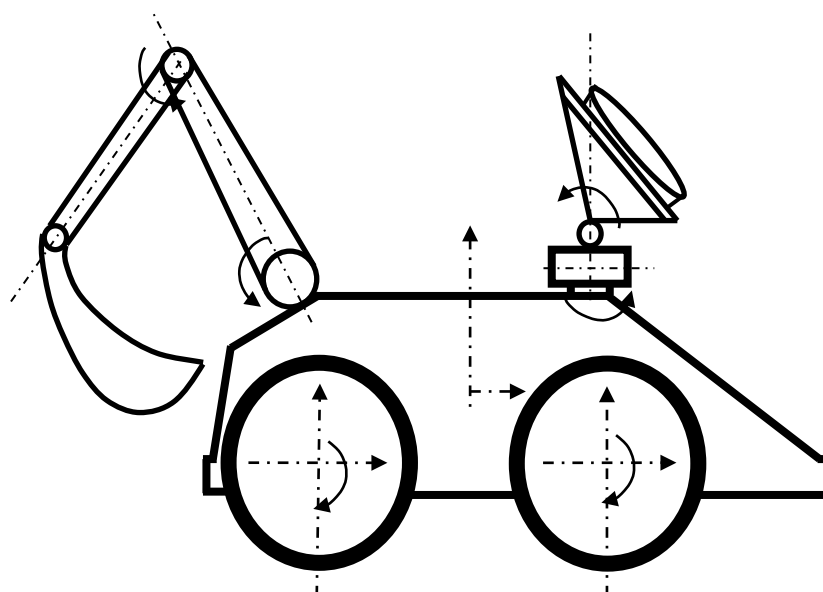
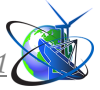


Рисунок 2 – Схема конструкції автономного мобільного роботу з рухливими елементами

Джерело: [8]

Метод розв'язання. Розробку системи керування АМР потрібно проводити на основі точної математичної моделі динаміки. Динамічна модель АМР змінюваної конфігурації повинна враховувати зовнішні збурювання, недіагональність і нестационарність тензору інерції, зсув положення центру мас, тертя в кінематичних парах, конструктивні обмеження і т.д. Умови експлуатації таких динамічних об'єктів найчастіше не тільки не відомі апіорно, але й можуть раптово мінятися в широкому діапазоні [5, 6, 8]. Причини невизначеності й нестационарності цих умов полягають:

- 1) у недоліку інформації про властивості зовнішнього середовища;



- 2) у технічних обмеженнях, природньому розкиді й дрейфі параметрів сенсорної й рухової систем об'єкта;
- 3) у виникненні перешкод і обчислювальних погрешностей у каналах зв'язку й керування.

Зовнішні збурення, наявність перешкод у робочій зоні, зміни параметрів навантаження, обмеження у кінематичних парах і приводах обумовлюють зміни динамічних параметрів АМР змінюваної конфігурації. Відомі алгоритми керування для подібних об'єктів дозволяють ефективно відпрацьовувати досить вузький діапазон зміни динамічних параметрів об'єкту. При розробці системи керування потрібно врахувати, що зміни параметрів АМР у процесі виконання технологічних операцій впливають на вагові коефіцієнти перехресного зв'язку каналів керування. Це обумовлює зниження ефективності керування по зворотному зв'язку.

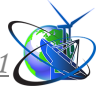
АМР для роботи в екстремальних умовах передбачають автоматичне або дистанційне адаптивне керування. Структурну схему системи автоматичного адаптивного керування АМР змінюваної конфігурації наведено на рис. 3.



Рисунок 3 – Структурна схема системи автоматичного керування автономного мобільного роботу змінюваної конфігурації

Авт. розробка

При автоматичному адаптивному керуванні АМР діє автономно для виконання глобального завдання - місії. При цьому оцінка пріоритетності завдання, розподіл завдання місії на окремі задачі, розробка стратегії, групова взаємодія з АМР та БПЛА, аналіз оперативної обстановки, реакція на зовнішні збурення і т. п. здійснюється власною системою керування АМР. При



автоматичному адаптивному керуванні АМР доцільно використовувати роботи третього покоління. Система керування яких самостійно:

- будує модель зовнішнього середовища,
- визначає мету завдання і об'єкт маніпулювання,
- обирає необхідне устаткування для виконання технологічних операцій,
- обчислює координати точок для виконання технологічних операцій,
- виконує синтез оптимальної траєкторії до точки виконання технологічних операцій,
- здійснює генерацію керуючих команд для руху АМР вздовж оптимальної траєкторії та (або) для виконання технологічних операцій.

При автоматичному керуванні АМР реалізується адаптивне керування динамічним об'єктом без присутності людини-оператора. Для ефективного автоматичного керування у процесор системи керування необхідно завантажити мету місії, можливі стратегії досягнення мети, карту місцевості, область робочої зони, коди каналів зв'язку для можливої взаємодії з іншими АМР, БПЛА або фахівцями спеціальних підрозділів. Для забезпечення безперервного руху система керування робота повинна приймати рішення в реальному часі.

Структурну схему системи дистанційного адаптивного керування АМР змінюваної конфігурації наведено на рис. 4. При дистанційному адаптивному керуванні аналіз оперативної обстановки, визначення пріоритетів, розподіл місії на окремі задачі, вибір устаткування та синтез команд здійснюється у центрі керування і передається системі керування АМР по каналах зв'язку.

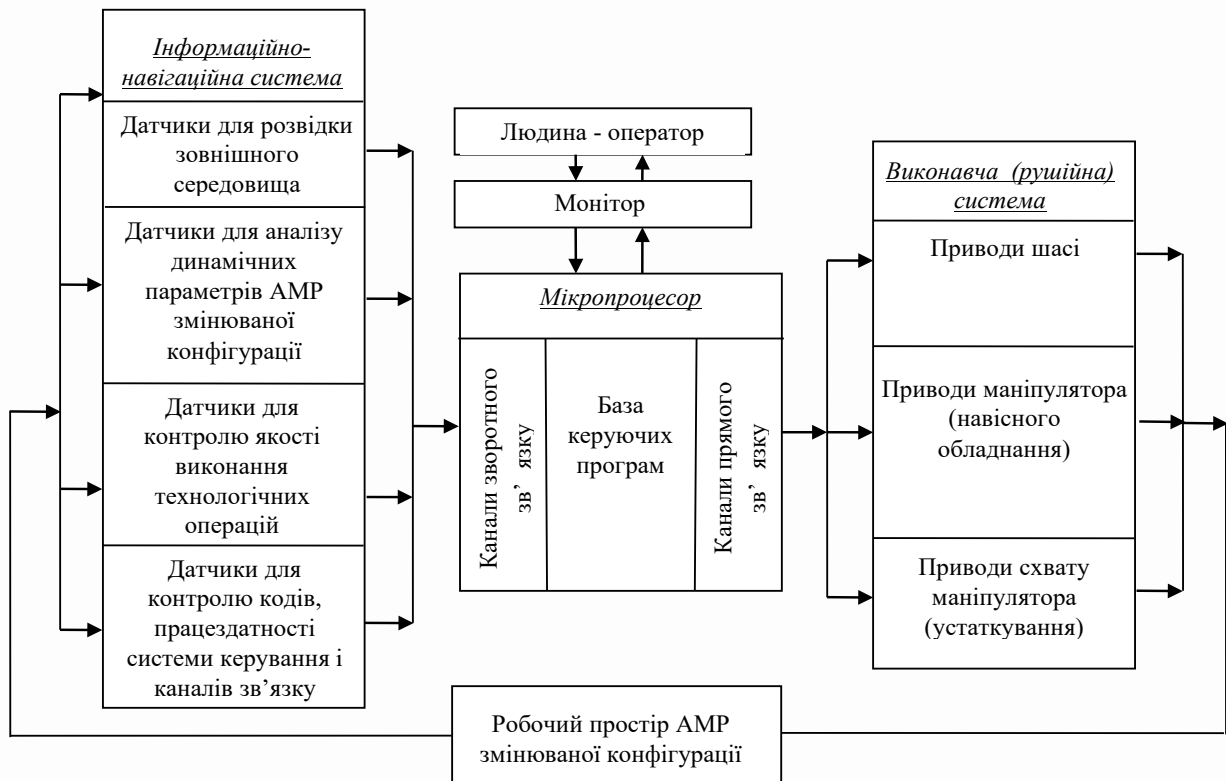
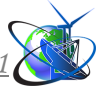


Рисунок 4 – Структурна схема системи дистанційного керування автономного мобільного роботу змінюваної конфігурації

Авт.розробка



При дистанційному керуванні основна частка керуючих програм завантажується у мікропроцесор до початку місії, а необхідна оперативна інформація може надаватись по каналах зв'язку під час виконання місії. Дистанційне керування може мати запізнювання та погану перешкодозахищеність. Це обмежує застосування дистанційного керування АМР при роботі в екстремальних умовах та при надзвичайних ситуаціях які потребують негайної реакції.

Під час руху динамічного об'єкту уздовж траєкторії критерієм оптимальності є мінімізація відхилення центру мас об'єкту від розрахованої траєкторії. Під час виконання технологічних операцій критерієм оптимальності буде якісний показник технологічного процесу (точність позиціонування, повторюваність руху інструменту і т.п.). На кожній ітерації алгоритму керування здійснюється адаптація до зовнішніх збурень, умов робочого простору, поточної конфігурації АМР, параметрів навантаження, помилок керуючих кодів і перешкод у каналах зв'язку. Застосування запропонованих структур системи керування АМР змінюваної конфігурації перетворює адаптивне керування в надзвичайно гнучкий інструмент організації цілеспрямованої поведінки робота в умовах невизначеності.

Висновки. Розглянуто керований рух АМР змінюваної конфігурації. Визначено динамічні особливості об'єкту керування. Складено структурні схеми автоматичного та дистанційного адаптивного керування. При цьому система керування може миттєво реагувати на взаємозв'язок каналів керування, зміни зовнішньої обстановки й поточного стану об'єкту, зовнішні впливи для запобігання зіткненням із перешкодами й збереження працездатності АМР. Це дозволить забезпечити керованість, зберегти задану кутову орієнтацію в напрямках перпендикулярних напрямку руху та підвищити продуктивність роботи АМР.

Література.

1. Лапота, А.В., Спасский, Б.А. (2020). Мобильные наземные робототехнические комплексы профессионального назначения. Робототехника и техническая кибернетика, 8(1), 5 – 17. doi: 10.31776/RTSJ.8101
2. Цариченко, С.Г., Антохин, Е.А., Чернова, П.Д. и Дементей, В.П. (2020). Состояние и проблемы стандартизации и унификации наземных робототехнических комплексов военного назначения. Робототехника и техническая кибернетика, Vol. 8 (1), pp. 18–23. doi: 10.31776/RTSJ.8102.
3. Ермолов, И.Л., Хрипунов, С.П., Благодарящев, И.В. и Хрипунов, С.С. (2017). Типовая структурно-функциональная схема робототехнических комплексов военного назначения. Информационно-измерительные и управляющие системы, Vol. 15 (6), pp. 4-9. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29712433>
4. Kurfess, T.R. (2018). Robotics and Automation Handbook; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; ISBN 978-1-4200-3973-3.
5. Siciliano B., Khatib O. (2016). Springer Handbook of Robotics; Springer: Heidelberg, Berlin,; ISBN 978-3-319-32552-1.



6. Barrett, L. (2020). Handbook of Robotics; Willford Press: Forest Hills, NY, USA; ISBN 978-1-68285-776-2.

7. Ashhepkova N. S. (2022). Analysis of inertia tensor of autonomous mobile robot/ N.S. Ashhepkova/ Technology Audit and Production Reserves. – Kharkiv. – February, 2022. – Vol.63. № 1-2. – P. 24 – 34. DOI:10.30890/2567-5273/.2021-15-02-066

8. Ащепкова Н. С. (2021). Управление динамическим объектом с недиагональным и нестационарным тензором инерции при движении вдоль траектории// Modern engineering and innovative technologies, Выпуск №18, Німеччина – декабрь, 2021. – № 1(5). – С. 35 – 44. DOI:10.30890/2567-5273/.2021-15-02

9. Петров В.Ф. (2012). Программно-аппаратный комплекс управления автономным движением мобильного робота / В.Ф. Петров, А.И. Терентьев, Ю.В. Блохин, В.В. Демьянов // Известия Тульского Государственного Университета. Серия: Технические науки. – Тула: ТулГУ. – 2012. - № 11 (2) – С. 143-148.

10. Способ управления динамическими объектами, патент RU2302028U1 от 27.06.2007 г., МПК G05B6/02, G05D1/00. Авторы: Винокуров В.В. (RU), Воробьев А.В. (RU), Куликов В.Е. (RU), Харьков В.П. (RU).

11. Спосіб робастного керування багатовимірним динамічним об'єктом, патент UA57100U от 10.02.2011 г., МПК G05B 11/01. Авторы: Тимченко В.Л. (UA), Кондратенко Ю.П. (UA), Кукліна К.О. (UA).

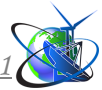
12. Ащепкова Н.С. (2020). Адаптивная система управления автономным мобильным роботом/ Н.С. Ащепкова, С.А. Ащепков // SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION. Natural and Technical Sciences. VI(19), Issue: 181, 2020.- P. 20-30.

Abstract. Two constructions of AMP of variable configuration are considered. Three modes of controlled motion of AMR of variable configuration were investigated. The dynamic features of the control object are determined. Structural diagrams of automatic and remote adaptive control have been compiled. At the same time, the control system can instantly react to the interrelationship of control channels, changes in the external environment and the current state of the object, external influences to prevent collisions with obstacles and preserve the operational efficiency of the AMR. This will make it possible to ensure controllability, maintain the given angular orientation in directions perpendicular to the direction of movement and increase the performance of AMR work.

Key words: autonomous mobile robot, control system, adaptive control.

Стаття підготовлена в рамках роботи за д/б темою № 0122 U 001326
«Науково- методичне забезпечення прикладних досліджень в механіці
механотронних систем» 2022-2024 р.р.

Стаття відправлена: 15.12.2022 г.
© Ащепкова Н.С., Кошовий М.Д.



УДК 004.056.523

CONSTRUCTION FEATURES OF HARDWARE AND SOFTWARE FOR THE PROTECTION OF THE PHYSICAL PERIMETER OF THE ROOM ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОХОРОНИ ФІЗИЧНОГО ПЕРИМЕТРА ПРИМІЩЕНЬ

Ostapets Y.D. / Остапеч Я.Д.
student / студент

ORCID: 0000-0003-1976-5188

Dzuba V.V. / Дзюба В.В.
senior lecturer / ст. викл.

ORCID: 0000-0003-3008-5669

Ukrainian State University of Science and Technologies,
Dnipro, Lazaryana St., 2, 49010
Український державний університет науки і технологій,
Дніпро, вул. Лазаряна, 2, 49010

Анотація. В роботі розглядаються принципи розробки та організація програмних та апаратних засобів комплексу охорони фізичного периметра приміщення. Основною метою роботи є розвиток принципів та методик побудови апаратно-програмної системи охорони фізичного периметру приміщень. Вирішувані задачі: огляд та порівняльний аналіз існуючих засобів охорони фізичного периметру приміщень, формування принципів побудови апаратно-програмних систем охорони фізичного периметру приміщень. Наведено основні відомості про сучасні охоронні системи. Описано загальноєвропейські стандарти надійності систем безпеки та класи оцінювання в них. Наведено основні функції охоронних систем. Описано організацію каналів зв'язку в охоронних системах. Представлено порівняльний аналіз готових рішень домашніх охоронних сигналізацій. Надані рекомендації з побудови охоронних систем.

Ключові слова: комплекс, система охорони, сигналізація, фізичний периметр, GSM.

Вступ.

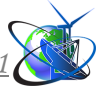
В наш час все більше людей прагнуть забезпечити безпекою себе та своє майно, зокрема запобігти несанкціонованому проникненню у свою нерухомість. Раніше люди обмежувалися міцними дверима зі складними замками та ґратами на вікнах, але в сучасних реаліях цього замало. Допомогти у вирішенні цієї проблеми можуть охоронні системи, які впроваджуються на об'єктах житлового та промислового призначення.

Основний текст.

Основною метою роботи є розвиток принципів та методик побудови апаратно-програмної системи охорони фізичного периметру приміщень. Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

- огляд та порівняльний аналіз існуючих засобів охорони фізичного периметру приміщень;
- формування принципів побудови апаратно-програмних систем охорони фізичного периметру приміщень.

Під охоронною системою матимемо на увазі систему з електронних приладів, функціональне призначення якої полягає у виявленні несанкціонованого проникнення всередину території, яка перебуває під охороною та формуванні звукових, світлових та інших тривожних сигналів



оповіщення [1, 2].

Для спрацювання сигналізації необхідно виконати вторгнення на об'єкт, що має на увазі завдання певної шкоди, наприклад розбите вікно чи зламані двері. Тобто, система не перешкоджає проникненню сторонніх осіб і сигнал тривоги приходить вже після пошкодження майна.

Слід відзначити, що у охоронних фірм центральної охорони є фінансова відповідальність за збитки у вигляді грошової компенсації, якщо група оперативного реагування не приїхала на виклик за зазначений у договорі час. Якщо приїхали вчасно, фірма не несе відповідальності. Для повного фінансового захисту доцільно застрахувати об'єкт у страховій компанії.

Проектування охоронної системи досить трудомісткий процес, який потребує особливого підходу з врахуванням індивідуальних умов приміщення та потреб замовника. Така система завжди передбачає значні фінансові витрати. Тому, щоб оптимально витрати кошти, необхідно розглянути перелік параметрів системи та усвідомлено зважити переваги з недоліками для кожного з типів потенційно необхідного обладнання. Важливим параметром є відношення ціни до якості отриманого продукту. Площа периметру охорони, що покривається, безпосередньо впливатиме на вартість обладнання.

В Європі надійність систем безпеки оцінюється за загальноєвропейськими стандартами серії EN 50131, а в Україні є відповідна серія ДСТУ EN 50131 [3]. Виробники систем охоронної сигналізації європейського ринку дотримуються цих вимог. Існує 4 класи оцінювання безпеки, розрахованих на протидію загрозам різного рівня [4]:

- Grade 1 – розраховано на недосвідчених зловмисників;
- Grade 2 – система зобов'язана протистояти досвідченим зловмисникам, які можуть використовувати додаткове обладнання;
- Grade 3 – протидія зловмисникам зі специфічними навичками та спеціальним обладнанням для обходу систем охорони, передбачена захищеність від саботажу;
- Grade 4 – протидія професійним групам зі значними ресурсами, передбачено загрозу аж до терористичних атак.

Усі компоненти системи мають бути одного стандарту та працювати на одній частоті. Найбільш поширеними є системи Grade 2. Бездротовим охоронним системам не надається клас вище за Grade 2 [4].

За принципом роботи, охоронні системи можна розділити на [5] (рис. 1):

- системи охорони фізичного периметру та тривожної сигналізації;
- системи контролю та управління доступом (СКУД);
- системи виявлення пожежної небезпеки.

За способом реагування після спрацювання сигналу тривоги охоронні системи поділяються на [2, 6]:

- з виведенням на центральний пульт охоронної фірми;
- з відправкою на мобільний пристрій власника приміщення;
- автономні сигналізації.

За виявлення порушників відповідають датчики виявлення (сповіщувачі). Існує багато способів проникнення в приміщення (розкриті двері, вибите вікно,



проломлена стіна і т.д.), тому відрізняється принцип дії датчиків (рис. 2). Після зовнішнього впливу датчики формують відповідний сигнал [7].

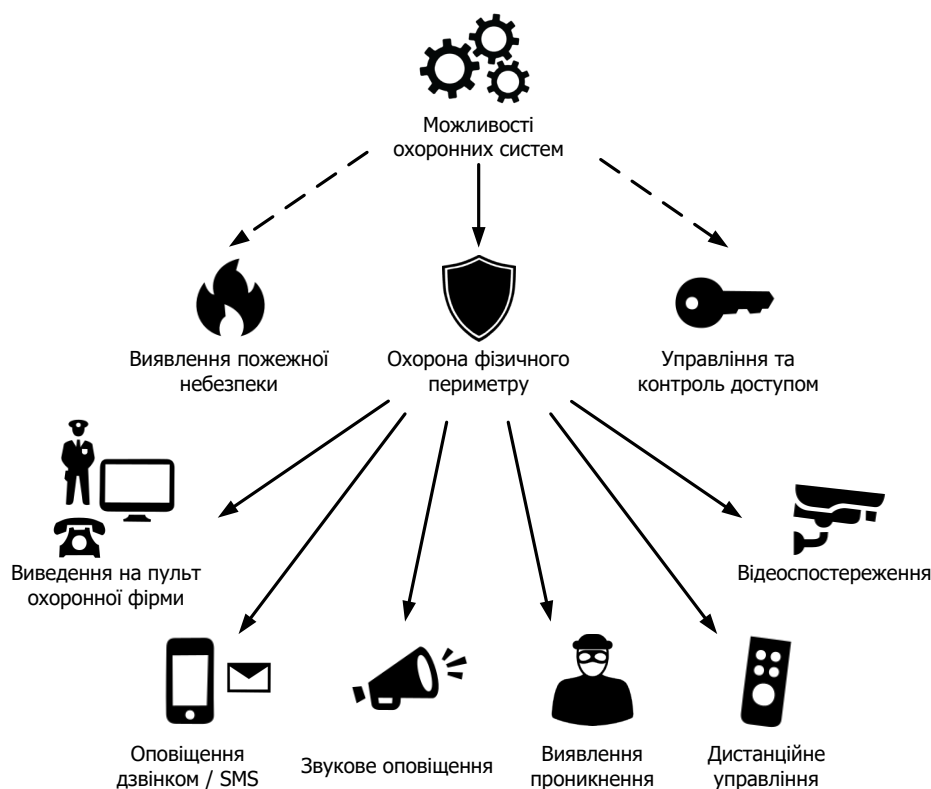


Рис. 1. Основні можливості охоронних систем

Авторська розробка

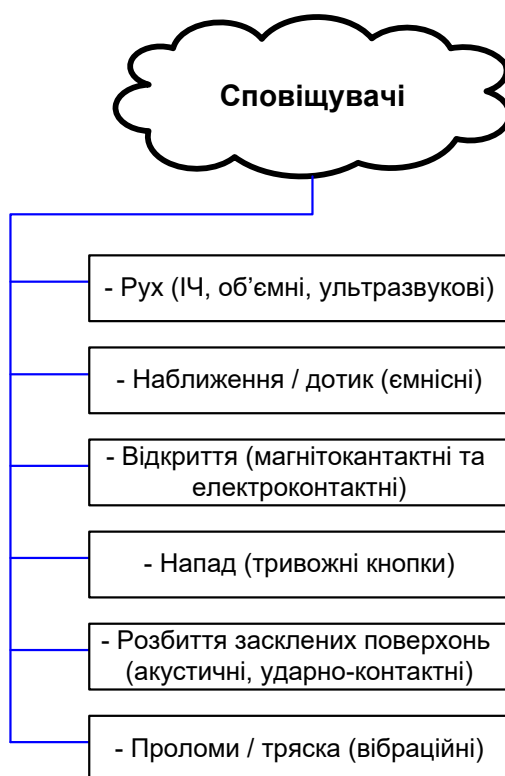
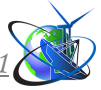


Рис. 2. Різновиди сповіщувачів та принцип їх дії

Авторська розробка



Для сповіщення про спрацювання тривоги необхідно мати канал передачі між системою охорони та отримувачем (рис. 3). Часто для підвищення стійкості системи передбачують декілька різнотипних каналів передачі [8].

На думку авторів, дротові канали є застарілими, мають високу вартість та незручні в монтажі. Проте, в деяких системах використовується під'єднання до мережі Інтернет через Ethernet [8].

В наш час досить поширеними є сигналізації з модулем GSM, оскільки вони дозволяють віддалено контролювати стан об'єкта. Головною перевагою є відсутність обмежень по дальності передачі даних, а безпека передачі гарантується оператором мобільного зв'язку [9].

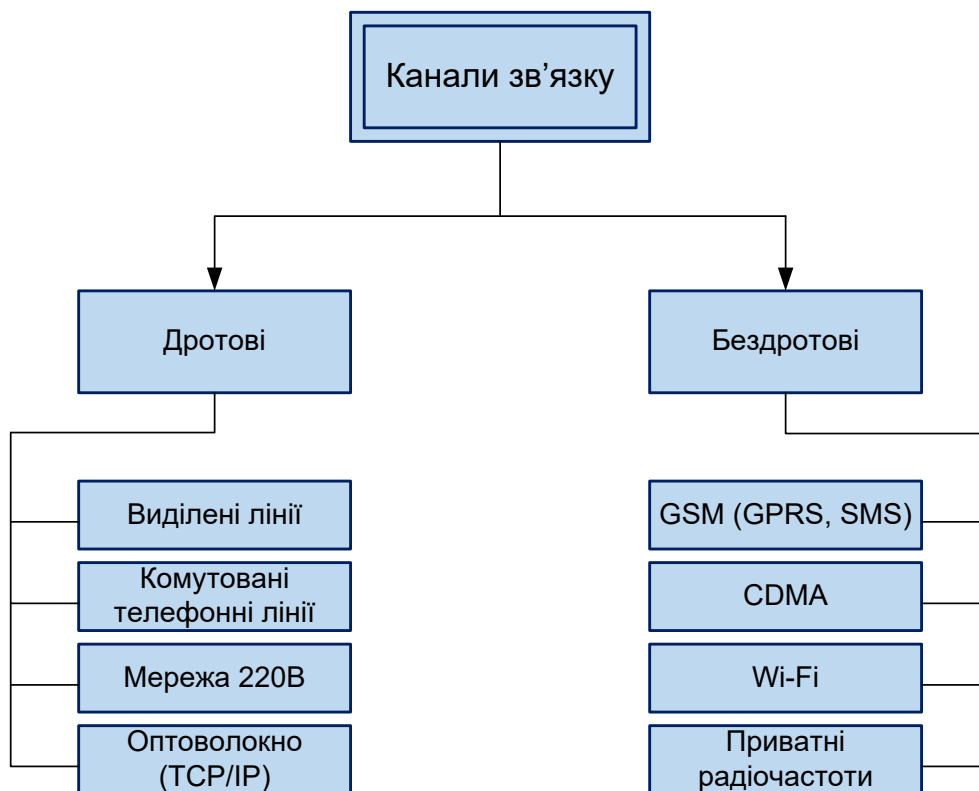


Рис. 3. Різновиди каналів передачі інформації між охоронною системою та отримувачем

Авторська розробка

Система з модулем GSM може надсилати тривожні та управляючі сигнали через SMS або голосові повідомлення. За допомогою управляючих сигналів можна здійснювати постановку чи зняття об'єкта з охорони [9].

Авторами проведено огляд та аналіз популярних готових систем та платформ для побудови домашньої охоронної сигналізації, найвідомішими з них є Ajax StarterKit, ATIS Kit GSM+WIFI 130T, GSM-Universal, ОКО-SX (SMA) та GSM10A [10 - 15]. Результати порівняльного аналізу характеристик зазначених систем представлені в табл. 1. Як видно з даних таблиці, всі названі системи є бездротовими або комбінованими. Популярним рішенням є використання GSM - каналу для управління та інформування.



Таблиця 1

Порівняльний аналіз систем домашньої охоронної сигналізації

Назва Параметр	Ajax StarterKit	ATIS Kit GSM+ WIFI 130T	GSM– Universal	OKO–SX (SMA)	GSM10A
GSM/GPRS- канал	+	+	+	+	+
WiFi- канал	–	+	–	–	–
Ethernet- канал	+	–	–	–	–
управління системою	моб. додаток, брелок	моб. додаток, брелок, телефон/ DTMF	моб. додаток, брелок, телефон/ DTMF	моб. додаток, телефон/ DTMF	моб. додаток, брелок, телефон/ DTMF
налаштування	моб. додаток	моб. додаток	конфігуратор	SMS	телефон/SMS
кількість користувачів	50	6 + 3	5	8	5
відеофіксація подій	+	–	+	–	–
дротові/ бездротові датчики	– / +	+ / +	+ / +	+ / –	+ / +
час автономної роботи, год.	10	10	>20	н/д	н/д
орієнтовна ціна, грн.	7600	3400	2800	1500	2100

Авторська розробка

Також, вдалим рішенням є використання спеціальної програми – конфігуратора для налаштування системи за допомогою ПК при підключенні через USB. Використання систем з бездротовими датчиками можливе для домашніх охоронних систем (рівень Grade 2). Використання дротових датчиків є більш надійним з точки зору можливої відстані, стійкості до радіоперешкод та незалежності від джерел енергії (заміни елементів живлення).

Висновки. В статті описано основні функції та можливості охоронних систем, різновиди сповіщувачів та принципи організації каналів зв'язку в охоронних системах. Проведено порівняльний аналіз популярних домашніх охоронних систем на ринку України. Сформовано основні принципи побудови апаратно-програмних систем охорони фізичного периметру приміщень.

Література:

1. Остапеч Я.Д., Дзюба В.В. Розробка апаратно-програмних засобів охорони фізичного периметра приміщень / Я.Д. Остапеч, В.В. Дзюба // Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті: Тези XV Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 16-17 грудня 2021 р.). – Д.: ДІТ, 2021. – С.102

2. Види охоронної сигналізації [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://legion-security.com.ua/vidy-ohrannoj-signalizaczii/>

3. ДСТУ EN 50131-1:2014 Системи тривожної сигналізації. Системи охоронної сигналізації. Частина 1. Загальні вимоги (EN 50131-1:2006, EN 50131-1:2006/A1:2009, EN 50131-1:2006/IS2:2010, IDT) [Електронний ресурс] –



Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=63183

4. О европейских стандартах безопасности — грэйдях [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://ohrana.net.ua/blog/interesno-znat/o-evropejskix-standartax-bezopasnosti-grejdax.html>

5. Огляд засобів охорони і безпеки [Электронный ресурс] – Режим доступу: https://secur.ua/ua/articles/ua_ogljad-zasobiv-ohoroni-i-bezpeki.html

6. Види охоронної сигналізації та принцип їх роботи [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/vidy-okhrannoї-signalizacii-i-princip-ikh-raboty/>

7. Технические средства охраны объектов [Электронный ресурс] – Режим доступу: https://bstudy.net/650349/informatika/tehnicheskie_sredstva_ohrany_obektov

8. Як обрати надійну сигналізацію для дому [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://ajax.systems.ua/blog/how-to-choose-a-security-system/>

9. GSM сигналізація: плюси та мінуси [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://bezpeka.club/gsm-sygnalizatsiya-plyusy-ta-minusy/>

10. ОГЛЯД ОХОРОННИХ СИСТЕМ: AJAX STARTERKIT / HIKVISION AX PRO / ATIS KIT GSM + WIFI 130T [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://nadzor.ua/blog/signalizacii/obzor-ohrannyh-sistem-ajax-starterkit-hikvision-ax-pro-atis-kit-gsmwifi-130t>

11. Інструкція з використання Hub [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://support.ajax.systems/uk/manuals/hub/>

12. Комплект бездротової GSM і Wi-Fi сигналізації ATIS Kit GSM+WiFi 130T з підтримкою застосунку TuYa Smart [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://www.bezpeka-shop.com/ua/product/komplekt-besprovodnoy-gsm-i-wi-fi-signalizatsii-atis-kit-gsm-wifi-130t-so-vstroennoy-klaviaturoy/>

13. Плата "GSM-Universal" [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://ohrana.ua/uk/gsm-signalizatsiya/plata-gsh-universal.html>

14. Охоронна централь ОКО GSM-контролер ОКО-SX (SMA) [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://ohrana.ua/uk/gsm-signalizatsiya/gsm-kontroller-oko-sx-sma-v-korpuse.html>

15. GSM Сигнализация комплект GSM10A [Электронный ресурс] – Режим доступу: <https://101.net.ua/gsm-signalizaciya/gsm-signalizaciya-komplekt-gsm10a>

Abstract. The work considers the principles of development and organization of software and hardware of the complex of protection of the physical perimeter of the premises. The main goal of the work is the development of principles and methods of building a hardware and software system for protecting the physical perimeter of the premises. Solved tasks: review and comparative analysis of existing means of protecting the physical perimeter of premises, forming the principles of building hardware and software systems for protecting the physical perimeter of premises. Basic information about modern security systems is provided. All-European reliability standards of security systems and their assessment classes are described. The main functions of security systems are given. The organization of communication channels in security systems is described. A comparative analysis of ready-made home security alarm solutions is presented. Recommendations for the construction of security systems are provided.

Key words: complex, security system, alarm system, physical perimeter, GSM.

© Остапець Я.Д., Дзюба В.В.



УДК 004.2

**THE AIRPORT AS A TECHNOLOGICAL CLUSTER FOR THE
FORMATION OF TRANSPORT SERVICES
АЕРОПОРТ ЯК ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КЛАСТЕР З ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ
ПОСЛУГ**

Lyamzin A. / Лямзін А.О.*д.т.с., as.prof. / д.т.н., доц.**National Aviation University, Kyiv, ave. Liubomyra Huzara, 1, 03058**Національний авіаційний університет, м. Київ, пр-т. Любомира Гузара, 1, 03058***Ukrainskyi Y. / Український Є.О***к.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.***Bahrii M. / Багрий М. М.***к.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.**National Aviation University, Kyiv, ave. Liubomyra Huzara, 1, 03058**Національний авіаційний університет, м. Київ, пр-т. Любомира Гузара, 1, 03058***Chaika N. / Чайка Н.Г.***с.х.с., as.prof. / к.істор.н., доц.**National Aviation University, Kyiv, ave. Liubomyra Huzara, 1, 03058**Національний авіаційний університет, м. Київ, пр-т. Любомира Гузара, 1, 03058***Ukrainska T. / Українська Т.А.***asp. / асп.**Pryazovskyi State Technical University, Dnipro, ave. Dmytro Yavornytskyi, 19, 49005**Приазовський державний технічний університет,**м. Дніпро, вул. Дмитра Яворивського, 19, 49005*

Анотація. В роботі розглядається результати аналізу виробничих процесів, орієнтованих на надання транспортних послуг в аеропортах, як технологічного кластеру з формування транспортних послуг. Виділено основні особливості виробництва послуг та сформульовано умови організації подібного виробництва. Показано, що аеропорти можна розглядати як технологічний кластер з формування транспортних послуг. Відзначено специфіку виробництва, властиву аеропортам, що призводить до зростання ролі інформатизації виробництва.

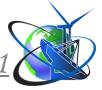
Ключові слова: інформаційне середовище, управління аеропортами, інформаційна взаємодія, інформатизація виробництва.

Вступ.

У сучасному суспільстві сфера виробництва послуг стає однією з основних як за обсягом капіталовкладень та економічного ефекту, так і за обсягом залучених працівників і споживачів, що обслуговуються. У цій сфері спостерігаються найбільш швидкі темпи комп'ютеризації та інформатизації виробництва. Процеси, пов'язані з виробництвом послуг зустрічаються на багатьох підприємствах різної спрямованості, де можуть займати провідні ролі, як, наприклад, в аеропортах. Тому їх вивчення, що дозволяє виділити основні особливості організації виробництва, має важливе значення для розвитку та вдосконалення підприємств виробництва послуг. Джерело: [1]

Основний текст

Організація виробництва передбачає вирішення завдань зі створення та вдосконалення взаємодії між виробничими процесами з метою їх синхронізації та підвищення ефективності [1]. Такий підхід при матеріальному виробництві,



де кожен процес реалізує певні дії зі створення продукції, а результатами виконання виробничих процесів є матеріальні ресурси, що передаються іншим процесам, заснований на необхідності встановлення матеріальних зв'язків між виробничими процесами (технологічними операціями), що забезпечують передачу матеріальних результатів від одного процесу до іншого в порядку, встановленому виробничим циклом [2].

При матеріальному виробництві часто необхідні і інформаційні зв'язки між процесами для передачі виробничо-технологічної інформації (параметри виробів, маршрути руху, необхідні виробничі ресурси і т. д.), проте ці зв'язки і самі процеси обробки інформації є вторинними.

Особливістю виробництва послуг є переважання процесів обробки інформації у виробничому циклі при виконанні виробничих процесів і технологічних операцій, у зв'язку з чим обробку інформації можна розглядати як технологічний процес, а інформацію - як виробничий ресурс. У цьому випадку взаємодія між процесами встановлюється не у вигляді передачі матеріальних результатів їх виконання, а у вигляді передачі та обробки інформації, необхідної для реалізації процесів.

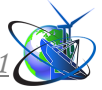
Організація виробництва послуг відрізняється від організації виробництва матеріальної продукції чергою особливостей [2]. А саме: послуги не є матеріальними результатами виробничої діяльності і тому не мають часу «життя», що дозволяє їх зберігати та відкладати споживання; запуск виробництва багатьох послуг (надання послуг) може здійснюватися тільки в залежності від готовності до їх споживання.

Споживання послуг часто здійснюється комплексно, тобто споживач повинен отримати заданий набір послуг для повного обслуговування, в цьому випадку може бути важливий порядок надання (споживання) і синхронізація виконання послуг.

Споживання послуг можливе в режимі віддаленого доступу до їх виробників, коли споживач формує і передає виробнику замовлення на послугу, який може виконуватися в асинхронному режимі (у міру готовності необхідних ресурсів).

Виробничі процеси повинні не тільки обмінюватися інформацією, але й здійснювати її пошук і подання у потрібній формі і в потрібний час, що передбачає створення необхідної інформаційного середовища. При виробництві послуг часто потрібна обробка різноманітної інформації, яка повинна проводитися відповідно до законодавства, галузевими та виробничими нормативами (стандартами). Можливі додаткові вимоги щодо забезпечення захисту та зберігання інформації. При плануванні послуг споживачі, як правило, знеособлені і план виробництва (надання) послуг формується без прив'язки до конкретних замовників: організацій, підприємств та фізичних осіб.

Планування виробництва послуг здійснюється відповідно до запитів споживачів, тобто виробництво управляється потоком запитів на споживання, що має передбачати організацію виробництва, що дозволяє швидко реагувати на зміну потоку та змісту запитів. Показники якості послуг можуть змінюватися в залежності від багатьох чинників, у тому числі випадкових, що включають



переваги споживачів, сезонний попит, особливості регіону і т. п.

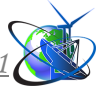
Надання послуг вимагає спеціального обладнання, що забезпечує обробку інформації та базується на: сучасних інформаційних технологіях; засобах обчислювальної техніки; комп'ютеризації та інформації виробничих процесів; застосуванні перспективних технологій обробки інформації; процесах обробки інформації, які стають або невід'ємною частиною технологічних процесів, або самостійними технологічними процесами; виробництві послуг, які формуються потоками запитів клієнтів (споживачів послуг) і організації виробництва послуг, які орієнтовані на обслуговуванні потоків запитів клієнтів.

Організація виробництва послуг, а також організація матеріального виробництва сформовані високим ступенем комп'ютеризації та інформатизації технологічних та виробничих процесів передбачають інформаційну взаємодію між виробничими процесами та технологічними операціями і це завдання може розглядатися як одне з важливих завдань організації виробництва.

Крім того, інформаційна взаємодія між виробничими процесами є необхідною складовою системи управління виробництвом. Вирішення завдань інформаційної взаємодії базується на комп'ютеризації та інформатизації виробництва. Комп'ютеризація покликана створити умови для збирання та обробки інформації, автоматизації виробничих процесів, побудови систем керування. При цьому недостатньо забезпечити комп'ютеризацію робочих місць, необхідно забезпечити можливість інтеграції інформації, доступу до інформації, що при розвитку комп'ютеризації рівня комп'ютерних мереж. Інформатизація передбачає створення єдиного інформаційного простору (інформаційного середовища), що забезпечує керований доступ до інформації, узгодження інформації в різних виробничих системах, синхронізацію процесів обробки інформації [1].

Базою інформатизації є комплексна комп'ютеризація виробництва. Інформаційна взаємодія процесів забезпечує вирішення наступних завдань: створення інформаційного середовища, що дозволяє зберігати інформацію, регулювати доступ до інформації та здійснювати пошук необхідної інформації; обмін інформацією в рамках інформаційного середовища відповідно до заданих протоколами, що визначають процедуру обміну, форму подання даних, параметри обміну даними; створення для виробничих процесів засобів взаємодії з інформаційною середовищем та іншими процесами, включаючи інтерфейси.

Аеропорт можна розглядати як типовий приклад підприємства з виробництва послуг. У цьому випадку споживачами послуг (клієнтами аеропорту) є авіапасажирів, авіакомпанії, організації вантажовідправники та вантажоодержувачі, а виробничими процесами, що надають послуги: продаж авіаквитків, реєстрація пасажирів та вантажів, управління рухом повітряних суден тощо. Аналіз багатьох виробничих процесів аеропорту дозволяє зробити висновок, що вони цілком відповідають переліченим вище особливостям, властивим виробництву послуг, тому для організації роботи аеропорту потрібно забезпечити умови організації виробництва послуг, перелічені вище. Можна зазначити, що організація багатьох вітчизняних аеропортів відповідає



переліченим умовам. Так, організація виробництва послуг у сучасному аеропорту ґрунтується на впровадженні комп'ютерних мереж, створенні комп'ютеризованих робочих місць. Для узгодженої роботи виробничих процесів організовано інформаційне середовище, в якому міститься інформація про стан процесів виробництва та споживачів послуг, що реалізується в багатьох відомих системах управління роботою аеропортів. При цьому для взаємодії процесів використовується або централізована, або розподілена форма організації інформаційного середовища.

Однак виробничий процес в аеропорту має і низку істотних відмінностей від процесу виробництва на підприємстві з встановленим виробничим планом, пов'язаних із необхідністю відпрацьовувати деякі процеси в режимі реального часу, наявністю випадкових чинників, що впливають на процес (погодні умови, зміни розкладів тощо), особливими вимогами щодо безпеки, що призводить до зростання ролі інформатизації виробництва.

Слід зазначити, що форма організації виробництва та взаємодії процесів визначається масштабом виробництва (типом аеропорту), проте виробничі процеси у більшості аеропортів вважатимуться однотипними, їх склад також досить стабільний.

Усе це дозволяє виробляти типові (уніфіковані) рішення завдань організації роботи аеропортів як технологічного кластеру з формування транспортних послуг.

Висновки.

Були розглянуті особливості виробництва транспортних послуг в аеропорту, що вимагає високого ступеня комп'ютеризації та інформатизації технологічних операцій, створення відповідного інформаційного середовища та апаратно-програмного комплексу між процесами і технологічними операціями, що особливо важливо при виробництві послуг, особливо в реальному часі, за наявності впливу випадкових чинників на роботу підприємства.

Література:

1. Український інститут майбутнього: "Аеропорти України", 2017. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.uifuture.org>
2. Стратегічне управління в аеропортах. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ula-online.org>

Abstract. The work examines the results of the analysis of production processes focused on the provision of transport services at airports as a technological cluster for the formation of transport services. The main features of the production of services are highlighted and the conditions for the organization of such production are formulated. It is shown that airports can be considered as a technological cluster for the formation of transport services. The specifics of production specific to airports are noted, which leads to the growing role of production informatization.

Key words: information environment, airport management, information interaction, informatization of production.

Статья отправлена: 02.12.2022 р.

© Лямзін А.О., Український Є.О., Багрий М. М., Чайка Н.Г., Українська Т.А.



УДК 656.07

MANAGEMENT OF EXPORT FLOWS IN CONDITIONS OF INCREASED RISK**УПРАВЛІННЯ ЕКСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОГО РИЗИКУ****Kirkin O.P. / Кіркін О.П.***c.t.s., docent/ к.т.н., доц.***Kirkina T.Y. / Кіркiна Т.Ю.***senior lecturer / старший викладач***Kirilchenko S.M. / Кирильченко С. М.***student / студент***Kotlyarov O.O. / Котляров О. О.***student / студент**Pryazovskyi State Technical University, Dnipro, Dmytro Yavornytsky av., 19, 49005**Приазовський державний технічний університет,
м. Дніпро, проспект Дмитра Яворницького, 19, 49005*

Анотація. В даний час робота транспортних систем доставки вантажів пов'язана з великими ризиками за всіма вихідними характеристиками, що базуються на перевагах замовника. При цьому основою виникнення ризикової ситуації є хибність або нестача інформації. Основою вирішення поставлених завдань є використання віртуальної та інформаційної логістик для зниження неточності інформаційного потоку та підвищення інформативності. Все це знижує ризики в системі і дозволяє використовувати імовірнісні моделі імітаційного моделювання. При цьому основу зниження ризику складають керовані параметри транспортних систем, що безпосередньо впливають на необхідні характеристики вихідних даних, важливих для клієнта.

Ключові слова: ризик, інформаційний потік, невизначеність, транспортна система, параметричний підхід, віртуальна логістика, імітаційне моделювання, інформаційне забезпечення.

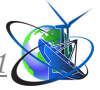
Вступ.

Ефективність роботи транспортних систем залежить від інформаційного супроводу та забезпечення. Найменший недолік інформації призводить до виникнення ризиків та невизначеностей.

В даний час, в умовах економічної та політичної нестабільності та невизначеності у світі, транспортні системи схильні до підвищених ризиків зниження своєї ефективності, аж до повного руйнування. Таким чином, актуальним є питання управління експортними потоками в умовах підвищеного ризику.

При цьому під підвищеним ризиком розуміється невизначеність або відсутність точної інформації за основними параметрами транспортної системи, що планується або реалізується. Що не дає можливість приймати точні керуючі дії та гарантувати кінцевий результат роботи системи загалом. Таким чином, виділення основних параметрів, що характеризують систему, є основним завданням для отримання ефективної роботи проектованої або реалізованої транспортної системи доставки вантажів споживачеві.

Аналіз робіт вчених з цієї тематики показав, що управління ризиками лежить у площині нечіткого моделювання, експертних систем прийняття



рішень, систем масового обслуговування та інших імовірнісних моделей для імітації у часі, поведінки транспортної системи доставки вантажів споживачеві.

Недоліками існуючих підходів є відсутність параметричного підходу, де всі характеристики можна розділити на основні, другорядні і неважливі для системи. Тоді частину параметрів можна знехтувати, а частину виділити для подальшого повного інформаційного забезпечення. Відсутність належної уваги інформаційних потоків є другим недоліком існуючих моделей. І до третього недоліку можна віднести математичні складнощі до використання нечіткої логіки транспортниками та математиками у разі підвищення рівня завдань. Таким чином вирішувати подібні завдання легше використовуючи експертні оцінки та ймовірнісні моделі, а також методи інформаційної та віртуальної логістик, ніж використовувати методи штучного інтелекту пов'язані з нечітким моделюванням, стійким до зовнішніх обурень та зміни структури системи, проте не стійким, на даному етапі розвитку, ризиків відсутності чи пошкодження інформації. Швидкість прийняття рішень відіграватиме більшу роль, ніж складні математичні дослідження та розробки, транспортниками не математиками. В даному випадку віртуалізація (миттєве реагування на зовнішній вплив та отримання надлишкової віддаленої інформації) відіграє більшу міру зниження ризиків, ніж інтелектуалізація.

Тоді розглянемо методи підвищення ефективності роботи транспортних систем в умовах ризику та неточності в джерелах інформації.

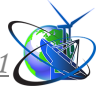
Джерело: [1, 2]

Основний текст.

Параметри транспортних систем стосовно управління можуть бути керованими, залежними та некерованими, відповідно на першому етапі необхідно виділити керовані параметри транспортних систем, що безпосередньо впливають на ефективність роботи транспортної системи доставки вантажів споживачеві.

На другому етапі необхідно розділити керовані параметри на значні, другорядні та незначні. Значні параметри – це контрактні та системоруйнуючі та формуючі параметри. Другорядні параметри – це параметри керування, що не входять до першої групи та параметри забезпечення безперебійної роботи транспортних систем. Незначні параметри – це параметри для контролю роботи транспортної системи та забезпечення працездатності другорядних елементів цієї транспортної системи.

На етапі забезпечується інформаційне забезпечення параметрів першої групи. Для цього скористаємося основними методами віртуальної та інформаційної логістики. Так, з інформаційної логістики необхідно використовувати повну інформаційну взаємодію всіх елементів транспортної системи, для отримання максимального синергетичного ефекту забезпечення інформацією всередині транспортної системи доставки вантажів споживачеві. А з віртуальної логістики поняття інтернет-ресурсу для швидкого пошуку інформації та для її обробки за ознакою корисності, та методи швидкого створення віртуальних об'єднань, для пошуку елементів транспортної системи, що мають менш виражені ознаки інформаційної невизначеності чи помилки. На



четвертому етапі виконується імітаційне моделювання та експертний вибір рішення щодо зниження того чи іншого ризику або скорочення збитків від нього.

Цей етап має яскраво виражений математичний характер, тому пропонується використовувати спеціалізоване програмне забезпечення у вирішенні ймовірнісних моделей, особливо мережевих завдань, диференціальних рівнянь стану, систем масового обслуговування різних типів і використання експертних систем як моделей ЛПР (особи приймаючого рішення).

В умовах недостатності інформації та інформаційних помилок у прогнозах та оцінках використання правил нечіткого висновку як накопичених знань призведе до невірних результатів, а в умовах швидкого прийняття рішень до катастрофічних наслідків. Тому автоматизацію рішень ЛПР можна забезпечити лише попередньою оцінкою прийнятих рішень та паралельністю виконуваних експертами робіт, коли експерт не використовується системою монопольно, а бере участь у кількох проектах вирішення різних транспортних завдань щодо доставки вантажів споживачеві.

Особливу увагу необхідно приділити забезпечення даних заходів та їх контролю.

Тому на кожному з етапів необхідно контролювати входження одержуваних рішень в область обмежень та припущень, з необхідністю повторної перевірки інформації у разі їх порушення. А також виділяти другорядні параметри, без яких основні параметри не можуть бути витримані з достатнім ступенем надійності. На п'ятому етапі виділяються всі необхідні параметри та елементи для надійного функціонування та безперервної роботи транспортної системи доставки вантажів споживачеві.

Методи теорії надійності переважно ймовірнісні, що дозволяє знизити навантаження на ЛПР під час пошуку рішень, оскільки за пошуку надійності вже була забезпечена на заданому рівні статистичної похибки чи ймовірності.

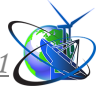
Таким чином, підвищення інформаційного забезпечення та взаємодії, дозволить отримувати більш точну інформацію за заданий проміжок часу, або у більш стислий термін прийняти рішення, що знижує наслідки неточності або нестачі інформації в транспортній системі доставки вантажів споживачеві, що знижує ризики у всіх транспортно-технологічних процесах та веде до підвищення ефективності роботи транспортних систем.

Надалі необхідно розглянути нечіткі моделі більш високого рівня, як основу вирішення завдань підвищеного ризику, стійких до системоруйнівних впливів довкілля та нечітких інформації.

При цьому помилки інформації та її часткова відсутність можна компенсувати досвідом попередніх робіт та можливістю подвійної нечіткості інформації, коли інформація фізично обмежується можливими станами, значеннями параметрів.

Висновки.

Були розглянуті питання зниження ризику у транспортних системах в сучасних умовах функціонування, де ризики можуть бути поділені по ступеню



інформаційного забезпечення. Таким чином вирішення питання зниження ризиків та підвищення ефективності функціонування транспортних систем в умовах ризику полягає в просторі забезпечення та обробки інформації.

Були отримані методи зниження ризику у транспортних системах за рахунок підвищення використання ресурсів сеті Інтернет, методів штучного інтелекту з накопиченням досвіду та за рахунок параметричного підходу.

Література:

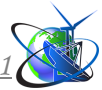
1. Крістофер М. Логістика та управління ланцюгами поставок: Пер. з англ. / М. Крістофер. - СПб.: Пітер, 2004. - 316 с.
2. Крикавський Є. Логістичне управління: Підручник. – Л.: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – 684 с.
3. Крикавський Є. Логістика та управління ланцюгами поставок: Навч. посібник / Є. Крикавський, О. Похильченко, М. Фертч. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 844 с.
4. Виробнича логістика: Підручник / За ред. В. А. Козловського. - М.: ИНФРА-М, 2003. - 574 с.
5. Румянцев, Н. В. Моделювання гнучких виробничо-логістичних систем / Н. В. Румянцев. - Донецьк: Вид-во ДонНУ, 2004. - 235 с.
6. Інтелектуальні транспортні системи залізничного транспорту (основи інноваційних технологій) [Текст]: посібник / В. В. Скалзуб, В. П. Солов'єв, І. В. Жуковський, К. В. Гончаров. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту зал. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
7. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А.Р. Гайков, О.П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобілетракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112.

Abstract. Currently, the work of transport systems for the delivery of goods is associated with great risks in all output characteristics, based on the preferences of the customer. In this case, the basis for the emergence of a risky situation is the fallacy or lack of information. The system parameters required by the customer must be identified at the earliest stage of designing the delivery of goods to the consumer and strictly observed with a possible change in the parameters of the system itself. At the same time, all of them should be divided into main, secondary and unimportant parameters. The basis for solving the tasks set is the use of virtual and information logistics to reduce the inaccuracy of the information flow and increase information content. All this reduces the risks in the system, and allows the use of probabilistic simulation models. At the same time, the basis of risk reduction is the controlled parameters of transport systems that directly affect the necessary characteristics of their output data that are important to the client.

Key words: risk, information flow, uncertainty, transport system, parametric approach, virtual logistics, simulation modeling, information support.

Стаття відправлена: 15.12.2022 р.

© Кіркін О.П., Кіркїна Т.Ю., Кирильченко С. М., Котляров О. О.



УДК 656.07

**MULTIMODAL TRANSPORTATION IN CONDITIONS OF STOCHASTIC
INFLUENCE OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT****МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ В УМОВАХ СТОХАСТИЧНОСТІ ВПЛИВУ
ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА****Kirkin O.P. / Кіркін О.П.***c.t.s., docent/ к.т.н., доц.***Kirkina T.Y. / Кіркiна Т.Ю.***senior lecturer / старший викладач***Lenskiy I.A. / Ленський І. А.***student / студент***Cincin S.O. / Чінчiн С.О.***student / студент**Pryazovskyi State Technical University, Dnipro, Dmytro Yavornytsky av., 19, 49005**Приазовський державний технічний університет,
м. Дніпро, проспект Дмитра Яворницького, 19, 49005*

Анотація. Мультимодальні перевезення в сучасних умовах функціонування транспортних підприємств та систем витримують великий тиск стохастичних впливів зовнішнього середовища. При цьому транспортна система може бути структурно змінена, або зовсім припинити своє існування. В таких умовах найкращими методами підвищення ефективності та стійкості транспортних процесів та систем є штучний інтелект, віртуальні об'єднання з інтернет ресурсами, а також теорія управління і кібернетика з обов'язковим зворотним зв'язком та системотехніка. Методи повинні бути об'єднані логістичними принципами роботи транспортних систем.

Ключові слова: мультимодальні перевезення, логістика, стохастичність, транспортна система, системотехніка, віртуальний продукт, методи штучного інтелекту.

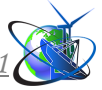
Вступ. Мультимодальні перевезення передбачають використання кількох видів транспорту одним оператором перевезення (експедитором).

В даний час всі перевезення України схильні до стохастичного впливу зовнішнього середовища, яке може зупинити весь транспортний процес на якийсь час або навіть зруйнувати його. У таких умовах функціонування необхідні методи швидкої зміни технології та елементів перевізного процесу, а можливо і всієї його структури. При цьому в процесі перевезення можуть різко змінитись умови функціонування транспортних систем, з'явитися нові маршрути та способи доставки.

Таким чином, тема статті є актуальною та потребує вирішення в сучасних умовах функціонування транспортних систем доставки вантажів споживачеві.

Аналіз наукових публікацій з цієї тематики показав, що стохастичне вплив на транспортні потоки та системи погашаються методами теорії управління та штучного інтелекту. У цьому методи теорії управління вирішуються як автоматичними моделями, і імітаційними моделями математичного і фізичного походження.

Так, саме транспортні потоки можна розглядати як елементи електричних ланцюгів, з великими спрощеннями, так і з фізіологічним рухом крові по судинах, для використання системних досліджень в галузі медицини та



транспорту.

Як імітаційне моделювання використовується широкий спектр методів штучного інтелекту, теорії ймовірностей, математичної статистики, масового обслуговування, графів та широкого спектру готових програмних продуктів на їх основі. Автоматичні моделі засновані лише на теорії управління та методах штучного інтелекту пов'язаних з нечітким висновком та роботою з відео та зображеннями (розпізнавання та контроль).

Недоліками існуючого підходу до управління транспортними системами доставки вантажів споживачеві в умовах стохастичного впливу довкілля є їх надмірна складність, або надмірне спрощення, залежно від обраного моделювання.

А також недостатній ступінь надійності отриманих вихідних даних і заснованих на них рішень та відсутність міжнародних стандартів по роботі незалежних елементів, систем та підсистем – елементів перевізного процесу.

Джерело: [1, 2, 3, 4]

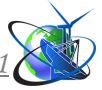
Основний текст. Вирішення цих проблем лежить у дещо іншому ключі, ніж розробляти нові дієві математичні методи. Вже існують рішення здатні протистояти зростаючій кількості стохастичних зовнішніх впливів на транспортну систему доставки вантажів споживачеві.

Системотехнічний підхід до керування транспортними потоками використовується в принципах логістики та коригується методами керування ланцюгами постачання, з критеріальною оцінкою задоволеності фінансових показників усіх елементів транспортного ланцюга з доставки вантажів споживачеві. При цьому як додатковий критерій пропонується використовувати принципи комерційної логістики з ціноутворення.

При цьому новітні розробки в галузі логістики дозволяють зробити висновок, що використання математичної логіки дозволить підвищити ефективність і стійкість рішень транспортних завдань, за рахунок використання методів нечіткого висновку, накопичення досвіду прийняття рішень та їх ефективності та прогнозування, заснованого на досвіді ефективного використання.

Крім того, моделі спрощені в логістиці, що базуються на цільовому конфлікті, з використанням теорії ймовірності та диференціальних рівнянь стану можна використовувати для побудови імітаційних моделей транспортних систем у спрощеному вигляді, для завдань планування та організації робіт.

Для підвищення ефективності спрощених математичних моделей (заснованих на математичній ймовірності), необхідне використання методів віртуальної логістики, злагоджена робота незалежних елементів транспортних систем доставки вантажів споживачеві. Тут основу складає поняття віртуального продукту, і інформація про всі віддалені елементи, які можуть за своєю специфікою брати участь у проєктованій або вже діючій транспортній системі доставки конкретного виду вантажу. Так у світі вже розроблено стандарти для відображення інформації про віртуальний продукт (вантаж, що перевозиться) та статичні показники роботи елементів, відображені в електронному вигляді. Відсутність динамічних стандартів роботи систем не дає



повною мірою скористатися всіма перевагами віртуальних організацій і потребує подальшого вивчення цієї проблеми.

Також немає рішень щодо створення повноцінних віртуальних підприємств, створення яких пропонується здійснювати не за чинним законодавством, а за аналогом створення великих концернів, що взаємодіють через мережу Інтернет.

Параметричне представлення всіх процесів при доставці вантажів споживачеві, або приведення їх до укрупнених показників, необхідних для подальшого впливу на систему та отримання заданого ефекту (вихідних характеристик або параметрів). Для цього всі параметри, які можуть вплинути на проектувану або діючу транспортну систему доставки вантажів споживачеві необхідно розділити на чотири типи – керовані та некеровані, які можуть бути основними (критично важливими) і другорядними (бажаними). Тому дуже важливим є питання інформаційного забезпечення для основних керованих параметрів, з наявністю зворотного зв'язку для їхнього постійного контролю та прийняття рішень. Таке параметричне уявлення дозволить спростити моделі і в жодному разі не є кінцевою метою, яка має забезпечити ідеальні параметри виходу проекрованої або системи, що діє.

Важливим фактором для прийняття ефективних управлінських рішень при появі стохастичного впливу зовнішнього середовища є поділ цих впливів на вивчені, маловивчені і невідомі.

Таким чином, при появі впливу вивченого типу, що обурює, допоможе імітаційне моделювання, оскільки невизначеність у системі буде імовірнісного характеру, і прийняття рішень можливе засобами єдиної особи приймаючого рішення (логіста).

З появою маловивченого впливу, що обурює, необхідні методи штучного інтелекту спрямовані на використання попереднього досвіду і обмежень, а також евристичного аналізу обурення і проблеми в цілому. На даному етапі необхідна наявність достатньо великої бази знань, або кількох експертів – логістів.

Невідомі впливи, що обурюють, і впливу непереборної сили можуть бути вирішені методами теорії управління і кібернетики, на яких будуються логістичні системи, тому їх інтеграція в систему перевезення не є великою проблемою, але вимагає подальшого дослідження.

Таким чином, для мультимодальних перевезень, коли один вид транспорту безпосередньо залежить від наступного, при чому, з можливістю руйнування всього ланцюжка доставки, використання систем екстреного прийняття рішень на підставі логістичних принципів та розглянутих методів підвищення рівня автоматизації та швидкості отримання необхідних даних має першорядне значення.

Висновки. Були розглянуті питання керування мультимодальним перевезенням вантажів при стохастичному впливі зовнішнього середовища які необхідно розділити на три види: вивчені, маловивчені і невідомі.

Були отримані методи керування мультимодальним перевезенням вантажів при стохастичному впливі зовнішнього середовища при розподіленні



параметрів транспортної системи на 4 типи: керовані та некеровані, і які є або основними, або другорядними.

Література:

1. Бауерсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логістика. Інтегрований ланцюг поставок. - М.: Вид-во ЗАТ «ОЛІМП-БІЗНЕС», 2001. - 640 с.
2. Транспортна логістика та інтермодальні перевезення: Навчальний посібник / Г. Маліндретос, І. Христодулу-Вартосі, М.Я. Постан, І.М. Москвіченко, А.О. Балобанов. - Одеса.: Астропринт, 2004. - 164 с.
3. Нагорный Е.В. Развитие и современное состояние транспортно-экспедиционного обслуживания предприятий и организаций в Украине / Е.В. Нагорный, В.С. Наумов // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 44. – С. 63–67.
4. Сич Є. Формування транспортно-експедиційних послуг логістичного центру / Є. Сич, О. Кірюхіна // Економіка і управління: зб. наук. пр. КУЕТТ. – 2005. – Вип. 7. – С. 19–27.
5. Івуть Р.Б. Транспортна логістика: учеб.-метод. комплекс для студентів спеціальності 1-26 02 05 «Логістика» / Р. Б. Івуть [та ін.]. - Новополюцьк: ПДУ, 2012. - 332 с.
6. Лавріков, І.Н. Транспортна логістика: навчальний посібник / І. Н. Лавріков, Н. В. Пеншин. - Тамбов: Вид-во ФГБОУ ВО «ТДТУ», 2016. - 92 с.
7. Шевчук Д.А., Дослідження систем управління. Конспект лекцій / Д.А. Шевчук. М.: Наука, 2008. - 100 с.
8. Корягін С.І. Інтелектуальна системотехніка: монографія/ С.І. Корягін, П.М. Клачек, О.А. Лізоркіна. - Калінінград: Вид-во БФУ ім. І. Канта, 2015. – 315с.
9. Говорущенко Н.Я. Системотехніка автомобільного транспорту (розрахункові методи дослідження): монографія / М.Я. Говорущенко. - Харків: ХНАДУ, 2011. - 292 с.

Abstract. Multimodal transportation in modern conditions of the functioning of transport enterprises and systems can withstand the great pressure of stochastic influences of the external environment. At the same time, the transport system can be structurally changed, or completely cease to exist. In such conditions, the best methods of increasing the efficiency and stability of transport processes and systems are artificial intelligence, virtual corporations with Internet resources, as well as management theory and cybernetics with mandatory feedback, and systems engineering directed at the implementation of system research and the interaction of various branches of science at construction and operation of transport systems. The methods should be united by the logistic principles of transport systems. At the same time, the influence of the external environment should be divided into studied, little-studied and unknown. And the parameters of the cargo delivery system can be divided into four types - managed and unmanaged, which in turn can be primary and secondary.

Key words: multimodal transportation, logistics, stochasticity, transport system, system engineering, virtual product, methods of artificial intelligence.

Стаття відправлена: 15.12.2022 р.

© Кіркін О.П., Кіркїна Т.Ю., Ленський І. А., Чінчін С.О.



UDC 636.083: 591.11: 636.2

THE SIGNIFICANCE OF VETERINARY SANITATION AND THE EFFECT OF PREVENTIVE MEASURES ON THE HEALTH OF FARM ANIMALS**Yaremchuk O.S.***Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*

ORCID: 0000-0002-3283-6107

Varpikhovskiy R. L.*Candidate of agricultural sciences*

ORCID: 0000-0002-9315-7343

Vinnitsia national agrarian university (Vinnitsia, Ukraine)

In the modern conditions of conducting various branches of animal husbandry, scientific achievements and practical experience in matters of hygienic research are summarized, as well as the main priorities of scientific research in hygiene, ethology, welfare, care, exploitation and disease prevention of agricultural animals under conditions of sustainable production of various types of animal husbandry products and raw materials are determined for food and processing industries.

The importance of veterinary sanitation in the prevention of animal diseases, increasing their productivity and reproductive capacity during the transfer of genetic potential is scientifically substantiated. The analysis of the influence of external factors (air, water, feed, technological methods, zoohygiene regimes and standards) on the formation of the natural resistance of the organism, increasing productivity, preservation and impact on the quality of the obtained products is presented.

On the basis of the above, it can be concluded that only on the basis of the existing scientific work created in the scientific schools of institutions and educational institutions, the acquired global practical experience and the implementation of new theoretical approaches and practical techniques in the hygiene of agricultural animals into the practice of animal husbandry, it is possible to ensure comfortable conditions of keeping, care and exploitation of animals, prevent stress, preserve the health of animals, and make the production of products environmentally friendly and more efficient.

The areas of further research in the prevention of animal diseases and the training of students of agricultural universities in the specialty "Veterinary hygiene, sanitation and expertise" are highlighted.

Key words: *animal hygiene, welfare, ethology, health, disease prevention.*

Introduction.

Modern technologies for the production of livestock products are of particular importance in compliance with sanitary and hygienic requirements, technological standards, directives and rules for keeping animals, which are summarized in a number of scientific publications [1-4]. It is known that under the conditions of providing agricultural animals with nutrients and biologically active substances, issues regarding the optimization of systems and methods of their maintenance are key. Taking this into account, today the main tasks of hygiene remain the protection of animal health by rational methods of keeping, care and operation, providing comfortable living conditions, preventing the occurrence of stress and animal diseases, protecting the environment from pollution by livestock waste.

Solving these tasks at the current stage of development is not possible without innovative options for their maintenance, care and feeding. But no less important is the selection of animals with high genetic potential.



Over the past ten years, scientists and practitioners of agricultural animal hygiene have made a significant breakthrough in the development of the agricultural sector, optimized the parameters of the microclimate of premises for keeping different species and age groups of animals, which are laid down in the norms of technological design of livestock enterprises, as well as the development of practical approaches to the management of livestock industries [5-9].

A significant amount of scientific research of the Department of Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise of the Vinnytsia National Agrarian University is dedicated to the study of non-specific resistance of farm animals, the search for effective natural means of improving the productivity of animals, as well as the improvement of the assessment of sanitary, hygienic and technological conditions of keeping and feeding, which have a significant impact on the condition animal health and especially reproductive capacity. Considerable attention is also paid to the development of innovative design solutions to improve conditions that reduce the level of stress and disease of animals, primarily reproductive and transitional groups of livestock [10-12].

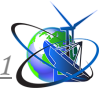
Review of literature sources.

Issues related to the development of optimal solutions for the reconstruction of typical livestock premises for keeping livestock, their sanitary and hygienic assessment, taking into account the thermal balance of the building and the comfort of the location of different groups of livestock, were not left out of consideration. The concept of ecologically safe environment - "healthy animal - healthy person - healthy country" received further development [3, 11].

Research on the development of effective ways of reducing the man-made load of livestock facilities on the environment should also be pointed out. For this purpose, we are studying the conditions for obtaining alternative sources of energy, namely, the process of processing solid (manure) and liquid (sewage) animal husbandry waste, the use of microorganisms and microalgae in these processes, the creation of optimal parameters for their biofermentation, developed by Professor Oleksandr Yaremchuk [7, 10, 12].

However, today there are still a number of unresolved practical issues that require scientific approaches to their solution for the successful development of the livestock industry.

One of the unsolved problems of hygienic science and practice today is the study of the mechanisms of adaptation of highly productive animals to new conditions of keeping, feeding, care and operation, as well as the study of issues related to optimizing the terms of their productive use. The implementation of the current standards for the technological design of agricultural animals in production requires adjustments that must be made to the conditions of production through the technologies for obtaining livestock products, taking into account the recommendations developed in the countries of the European Union, namely: it is necessary to establish a clear, permanent control over compliance by producers with the standards, veterinary and sanitary requirements for creating optimal conditions for obtaining a safe product under the conditions of compliance with sanitary and hygienic parameters.



Thus, prevention today requires the introduction at enterprises for the production and processing of livestock products of aspects of controlling the sanitary and hygienic conditions of keeping animals, especially on farms of small capacity, where hygienic parameters are often violated [4].

It should be noted that the practice of veterinary specialists is dominated by the trend of mass use of drugs, which contradicts the definition of optimal living conditions for animals that prevent diseases and the harmful effects of environmental factors on health and productivity [7].

The purpose and objectives of the study. Show the need to provide clear information about the conditions of keeping age groups of animals in scientific and production conditions of farms of different ownership.

Research methodology. The work was performed according to the plan of research work of the Department of Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise of Vinnytsia National Agrarian University within the scientific topic: "Optimization of sanitary and hygienic conditions for obtaining calves by industrial technology" (State registration number 0120U104437).

The methodological approach in this work was the analysis of available scientific periodicals of textbooks, manuals, methodological instructions, magazines and web resources. The research period from 2005 to 2022 was obtained in Ukraine and publications in Poland, the Czech Republic, Slovakia and Germany.

The methodical approach and research material was the analysis of scientific data on the development and substantiation of zoohygiene standards and sanitary regimes that ensure increased resistance, productivity and prevention of animal diseases, as well as conceptual provisions formulated by prof. O.S. Yaremchuk [9, 10].

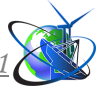
The search for ways to increase the efficiency of animal husbandry in the modern conditions of production of cattle, pig, poultry, sheep, horse, goat, rabbit, and beekeeping products must necessarily include the issue of creating comfortable conditions for keeping, providing livestock with high-quality feed and feed additives, drinking water, stress avoidance and animal health protection.

The issue of hygienic evaluation of new feed additives, especially of foreign production, contamination of feed with heavy metals, mycotoxins, plant protection agents against microorganisms and pests in different natural and climatic zones should also not be overlooked.

The creation of genotypes of animals with high productivity potential and their wide use in modern technologies for the production of livestock products is often accompanied by a decrease in the body's resistance, which implies further searches for effective natural stimulators of the body's immunobiological reactivity.

Research on solving environmental problems related to the processing of waste from poultry farms, pig farms and modern milk production enterprises is important today. Theoretical aspects of biofermentation processes, improvement of existing and creation of new methods and technologies for processing solid and liquid livestock waste are relevant in this regard.

It is necessary to continue research on the creation and study of the effectiveness of the use of new means of disinfection, disinsection and deratization of livestock



facilities, as well as on other scientific problems that solve the issue of health protection of agricultural animals.

Research results. Of course, intensive animal husbandry, if it closes its production cycle with ecologically improved technological options, will be able to develop successfully only taking into account its three main requirements: well-established selection, organization of production or uninterrupted supply of feed, which will make it possible to balance the diet and, by making the right choice and conducting proper implementation of technology that would ensure the use of the most optimal systems, methods and methods of keeping animals. An important role will be played by proper equipment of production facilities with modern equipment that will ensure smooth, high-quality and normalized work of all links of the technological process.

The most important prerequisite for the successful management of the entire technological process is prevention. The occurrence of diseases testified to the lack of an appropriate level of animal welfare at the facility and the impossibility of achieving profitability. Therefore, as an initial stage of establishing well-being, sanitary-hygienic and veterinary-technological monitoring, we proposed the implementation of a general prevention plan.

This measure precedes and prepares for the possibility of introducing GMP, GHP and HACCP into production, as mandatory prerequisites for obtaining licensed products.

Therefore, in our opinion, researchers still, as a rule, do not pay due attention to the evaluation of the effect of man-made factors of the environment, which significantly affect the state of health (productivity) of animals. This led to the need to develop and implement a point-based assessment of animal housing conditions based on a mathematical model (spreadsheet) for calculating the compliance of housing conditions and its impact on productivity, growth and development of animals. Data registration and evaluation can be performed both continuously and periodically. They can simply be taken into account and evaluated according to a 5-point system.

Zoohygiene, as a science, was created primarily for the prevention of diseases of the entire herd. Thus, the following data testify to the high morbidity of young animals: 40-50% are ill with signs of gastrointestinal disorders, 30-40% - respiratory disorders, 10-20% - metabolic disorders and 10-20% - impressions of the limbs, which are due to violations of the rules hygiene and sanitation, production technology, and on this basis - a significant departure of it reaches approximately 25%. In animal husbandry, losses from non-communicable diseases are not only due to a decrease in productivity, but also a decrease in the quality of the obtained products under the influence of certain stress factors. Ultimately, large sums of money are spent on therapeutic rather than preventive measures.

It was established that the health of 55% of animals is determined by microclimate and feeding, 20% by genetic factors, and 25% by sanitary and hygienic factors. However, disease prevention rules and measures are fully available to every household, such as providing drinking water that would meet sanitary requirements for animals.



The increased content of ammonia, carbon dioxide, and hydrogen sulfide in the air of livestock premises causes the development of hypoxia and this leads to immunodeficiency and a decrease in the body's resistance.

Keeping calves in unheated sections is an important way to reduce energy consumption. In individual houses, located on an open site, with a litter thickness of at least 50 cm and a moisture content of no more than 25%, calves' general biotone increases, the length and density of the hair coat increases, and neurovascular regulation improves. With this method of keeping calves, the cost of electricity is reduced by 34%, the capital investment for one cattle place is reduced by 20-25%, and the equipment is reduced by 18-20%. On the other hand, the connection between the macroorganism and the microflora is interrupted, and morbidity and mortality are reduced by 15-20%.

It is known that any medicine, no matter how beneficial it may be, has a negative effect, as it gradually decreases in the body, and later the body stops producing a suitable antidote to the medicine, that is, the sick animal becomes completely dependent on it. The belief that the better we treat the sick, the healthier the animals will be is increasingly being questioned. Any achievements of science and practice that could increase the effectiveness of treatment or improve the internal indicators of the health of animals, increase their productivity without ensuring normative zoohygienic indicators and a high sanitary condition, will have negative consequences. Learn about animal health from animal product technologists and veterinarians who are practitioners, not just theorists.

With the development of farms of various forms of ownership (state, collective, joint-stock, farm, own, auxiliary), the construction of complexes and automated enterprises, especially poultry and pig farms, remains a priority direction in production technology in Ukraine. It should be pointed out some negative elements that are characteristic of these giant enterprises - these are, first of all, a high percentage of concentrates in the diet of animals, larger sizes of the technological group and frequent regrouping, high burden on the environment, adynamia and hypodynamia.

The system of fixed no-walking sow maintenance throughout the reproductive cycle, which is recommended by foreign companies, needs justification. As practice shows, the period of use of animals does not exceed 3-4 farrowings, and the annual repair of the herd (40%) leads to a sharp increase in costs for repair young animals.

Currently, the main attention is paid to the regulation of environmental factors, substantiation of MPC of harmful gases, dust and microorganisms. However, this orientation of preventive measures determined the limited effectiveness of the measures and, as a result, the increasing nature of gastrointestinal and respiratory diseases, since more than 50% of harmful substances from the environment enter the body through the respiratory organs, which do not have their own chemical barrier. Therefore, the body of animals is much more sensitive to harmful substances entering it through the lungs than the gastrointestinal tract. And this means that in order to prevent respiratory and gastrointestinal diseases, it is necessary not only to reduce the concentration of harmful gases to the MPC, but also, most importantly, to reduce the population of microbes, the amount of xenobiotics, and dust in the environment of



animals - due to sanitation and compliance with sanitation rules. In animal husbandry, the mass use of a large number of antibiotics is not effective enough. Against the background of an unsatisfactory microclimate, poor feeding, this leads to damage to the gene pool of the population operated in this livestock enterprise. So, it is obvious that it is possible to stop the destruction of the environment, and, therefore, to reduce the environmental burden on animals, by changing the economy and production, and for this both means and time are needed.

The training of veterinary medicine doctors and technologists in the concept of prevention of animal diseases allows us to declare the prevention of "endo-ecological diseases", which are a consequence not only of atmospheric pollution, but also of pollution of the internal environment of the body.

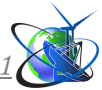
Being unforgivably late with ensuring a high sanitary and hygienic condition in livestock enterprises, and, therefore, with the protection of nature, we are criminally late with disease prevention, which should be active in form and transformative in content, that is, one that foresees the possibility of the occurrence of extreme factors of the external environment and eliminating them before the appearance of diseases. With the development of animal husbandry complexes, which are characterized by a little changing microclimate, adynamia, lack of solar insolation, new diseases that are not inherent in the traditional system of animal husbandry have been noted.

It should be noted that there is not a single research institution in Ukraine that could systematically develop and coordinate hygienic research. The urgent tasks of animal hygiene and veterinary sanitation are not even defined in environmental documents.

For farms, regardless of the forms of ownership, the main principles should become: the best "vaccine" is full and balanced feeding and optimization of hygienic conditions. The implementation of this principle will allow intensifying the livestock industry and increasing the body's natural resistance when solving the following problems:

- in the conditions of small-scale production (farms, own farms, subsidiary farms) of animal husbandry products - this is hygienic and technological support (optimal microclimate, complete feeding, free access to water, sanitation of premises, compliance with the principle "everything is empty - everything is busy"), especially for reproductive livestock;
- introduction of energy-saving technologies for growing young animals without heating on deep unchanging bedding, exercise, feeding juicy and green fodder;
- thorough sanitation of livestock premises and environmental greening in order to prevent stress caused by regrouping, moving animals, changing feed;
- the use of BAR (probiotics, prebiotics, vitamins, microelements, etc.) not only with the mandatory provision of a regulatory microclimate and good sanitary regime in the premises;
- planned and timely implementation of special preventive treatments, taking into account the epizootic state of the region.

Therefore, the direction of zoohygiene research, which involves the development of intensive technologies aimed at reducing stress loads on the animal body and realizing productive genetic qualities, is quite relevant.



Today, specialists have proven that an alternative to tethered systems can be untethered keeping of cows and rearing of young animals. Due to the fact that with untethered systems there is no such factor as hypodynamia, animals can have constant access to a walk, a warm, dry bed on straw bedding in a stall or in a combibox, and in a completely satisfactory microclimate in all seasons of the year. In such animals, the functional state of all major organs and systems remains normal. It is only necessary to strictly follow the technological requirements and the norms of veterinary prevention included in them.

Calves are very sensitive to deficiencies in both feeding and maintenance. Therefore, the application in the conditions of intensively used herds, the introduction of a flow or simply workshop system, which has been tested in a number of farms in Lviv region and other regions of the region, deserves a positive assessment, and the acquired experience and scientific justification are laid out in a number of recommendations developed by us, in manuals and textbooks.

Keeping animals in regions whose land is contaminated with radionuclides is often accompanied by industrial waste, including insufficiently adjusted conditions of keeping and feeding animals. The combination of a number of powerful negative influencing factors, including radionuclides, led to a number of shifts in metabolic processes in the body of cows and the calves obtained from them. At the same time, systemic disorders of protein and mineral metabolism developed, including the maturation of trace element diseases. Significant changes were observed in hematopoiesis with the subsequent development of a number of forms of anemia. In addition to significant barrenness in cows and a negative effect on calves, the development of pathological manifestations in the functioning of the reproductive organs of both bulls and boars was established.

One of the important reasons for these pathologies was the violation of a number of requirements stipulated by the system of keeping, in particular, bulls and boars.

Zoohygienic evaluation of pork production technologies used in farms and systems of keeping sows on reproductive farms of industrial complexes. Research on the prevention of stress in pigs practically coincided with the data obtained on cattle. Both for the development of dystrophic processes in the myocardium and heart failure, and for the reduction of the duration of the effective use of animals in non-walking systems. This term was shortened by two times, the multifertility of sows decreased by 3.7%, and the large fertility by 7.3%. Morbidity of piglets was higher with a 7% lower survival rate of young.

The studies devoted to the study of the functional state of the main organs and systems of the body of cows, calves and young animals under different production technologies (super intensive, intensive and integrated) deserve special attention. Peculiarities of influence of complexes of technological factors, formed in different systems, ways and methods of keeping cows and rearing calves and young animals, have been studied. They were given a zoohygienic (normative) and then a biological (ethological) and welfare (biotic) assessment. It was established how significantly negative (stressful) technological factors affect the functional state of the main organs and systems, and in particular those that occur when animals are tied or too tight without walking in rooms with industrial ultra-intensive technologies. Therefore,



stall-walking, leashed, untethered, including on deep bedding, in boxes, using pastures, was chosen. For raising calves - in cages-prophylactics, sections of which are placed in the open air, including with transfer at an early age to semi-open calf pens. The previously worked out and improved methods of researching the functional state of the cow's body made it possible to choose the technological options for production that are most suitable for climatic and economic conditions. The obtained materials made it possible to evaluate premises (cow sheds, calf sheds), their equipment and to propose the necessary options for animal keeping systems, including small breeding farms. The summarization of the data made it possible to develop a number of recommendations and propose refined zoohygienic standards and veterinary and sanitary requirements to supplement the existing VNTP - APC - 01.05. Individual details of improved systems, ways and methods of keeping cows and raising young animals were laid out in the form of recommendations for biotechnologists and doctors of veterinary medicine of farms. Theoretical justifications made it possible to draw a conclusion about the expediency of using the most physiologically based approaches in breeding farm technologies, and their hygienic assessment made it possible to work out the ethological, welfare, zoohygienic and veterinary sanitary bases for the prevention of certain non-contagious and infectious diseases of calves, young animals and cows (tuberculosis, infectious rhinotracheitis, especially young animals, calf diarrhea), eliminate a number of factors that constantly contribute to the occurrence and development of mastitis, metritis and limb diseases, including hooves, in cows.

Implementation of the developed recommendations into production allowed breeding cows on breeding farms, which were used for effective selection work with the herd. From them, it was always possible to choose both recipients and donors, which were used in biotechnological attempts aimed at accelerating the effectiveness of breeding activities.

Thus, in dairy farming, a stall-pasture system for keeping cows with untethered and tethered methods should be provided. In pig breeding, the development of microclimate parameters, taking into account the breed affiliation and features of the genetic potential, in the free-range system of keeping pigs in machines of 10-12 heads on farms with a capacity of 3-24 thousand heads/year with a completed production cycle, remains a promising direction. Equally promising in animal hygiene are studies on the evaluation of energy-saving and energy-saving technologies in animal husbandry (cattle breeding, pig breeding, poultry farming, etc.), as well as on the use of biological heat, by-products for biogas, and building polymer materials.

Basics of preventive prevention for pig breeding enterprises and canine centers, allows a comprehensive scoring of the microclimate for livestock farms, to intensify work on the implementation of EU legislation in Ukraine. This contributes to the training of specialists in the animal husbandry profile of a preventive outlook on animal health protection in agricultural universities.

In modern conditions, the perspective of the development of zoohygienic science is the integration of scientists in the fields of nutrition, physiology, biochemistry, genetics, and ecology for the development of the following priority



studies:

- the role of natural environmental factors in the preservation of animals without mass uncontrolled use of medicines;
- reduction of energy costs for ensuring optimal parameters of the microclimate in the premises for animals, ventilation modes, use of lighting equipment;
- low-energy technology on farms, own yards, farms and the use of non-traditional energy resources (summer camp, pasture and stable maintenance, solar energy, biomass energy, water energy, etc.);
- development of hygienic and ecological control systems for animal health and product quality at all stages of the technological cycle: soil - water - fodder - animal products - people;
- interrelationships between environmental factors and animals, especially breeding ones for faster adaptation and improvement of immune status;
- issues of hygiene and sanitation in farms of various forms of ownership (complexes, small farms, farms, outbuildings, etc.);
- selection of animals resistant to stressful effects of environmental factors;
- increasing resistance and prevention of immunodeficiency) of productive animals in conditions of ecological well-being;
- carrying out comprehensive studies on animal hygiene and sanitation with evaluation environment, product quality and prevention of anthroozoonous diseases.

Discussion.

The priority direction of the further development of zoohygiene science remains the conceptual justification of the principles of animal disease prevention, increasing resistance and their productivity.

Conclusions.

The presence in the methodology of the work (article) of at least minimally necessary data on issues of real assessment of the conditions of keeping experimental and control groups of animals makes the results obtained by the author available for taking into account the significance of at least the main factors of the environment and the duration of their influence.

From here, the digital data and conclusions presented in the work can be compared with similar data obtained by other researchers and interpreted.

The methodology of zoohygiene is the provision on the unity of the animal organism and the external environment.

It forms among specialists a global view on preserving the health of animals through preventive guidance, rather than treatment.

References

1. Demchuk M. V., Kozenko O. V., Jeneczek W., Buchko O. M. (2011). Stan dotrymanna hiiienichnykh, etolohichnykh, dobrobutnykh norm i veterynarno-sanitarnykh vymoh v praktytsi provedennia naukovo-vyrobnychykh doslidiv na produktyvnykh tvarynakh [The state of compliance with hygienic, ethological, welfare standards and veterinary and sanitary requirements in the practice of research and production experiments on productive animals]. *Zbirnyk naukovykh prats*



Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Vinnytsia. Vyp. 8 (48). S. 104-108. (in Ukrainian).

2. Kaletnyk H.M., Kulyk M.F., Petrychenko V.F. (2007). *Osnovy perspektyvnykh tekhnolohii vyrobnytstva produktsii tvarynnystva* [Fundamentals of advanced technologies for livestock production]. Vinnytsia: "Enozis". 584 s (in Ukrainian).

3. Patrov V.S., Nedvyha M.M., Pavliv B.A. (2000). *Osnovy variatsiinoi statystyky. Biometriia* [Fundamentals of variation statistics. Biometrics]: Posibnyk z henetyky silskohospodarskykh tvaryn. Dnipropetrovsk: Sich. 193 s (in Ukrainian).

4. Polishchuk T.V. (2011). *Vidtvorna zdatsnist koriv u zalezhnosti vid systemy utrymannia ta chasu otelu* [Reproductive capacity of cows depending on the system of keeping and time of calving]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU*. Vinnytsia. Vypusk 8(48). S. 222-226 (in Ukrainian).

5. Polovyi L.V., Kazmiruk L.V. (2017). *Efektivnist vykorystannia vyhulno-hodivelnykh maidanchykyv ta kulturnykh pasovyshch pry vyrobnytstvi moloka vid koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody* [Efficiency of use of feeding and feeding grounds and cultural pastures in the production of milk from cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed]. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii*. Vinnytsia. Vyp. 4(98). S. 185-189 (in Ukrainian).

6. Polovyi L.V., Polishchuk T.V. (2016). *Enerhetychna tsinnist ta efektyvnist vyrobnytstva moloka koriv ukrainskoi chorno-riaboi ta ukrainskoi chervono-riaboi molochnykh porid* [Energy value and efficiency of milk production of Ukrainian black-spotted and Ukrainian red-spotted dairy breeds]. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii*. Vinnytsia. Vyp. 3(94). S. 142-149 (in Ukrainian).

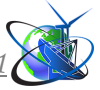
7. Vasylchenko O.M. (2008). *Rozvytok molochnoho skotarstva v konteksti intehtatsii Ukrainy u svitovu ekonomiku* [Development of dairy farming in the context of Ukraine's integration into the world economy]. *Ekonomika APK: Mizhnarodnyi naukovo-vyrobnychy zhurnal*. № 2(160). S. 34-36 (in Ukrainian).

8. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia*. (2005). *Skotarski pidpriemstva (kompleksy, fermi, mali fermi)* [Livestock enterprises (complexes, farms, small farms)]. VNTP-APK-01.05. K. Ministerstvo ahrarnoi polityky Ukrainy. 111 s (in Ukrainian).

9. Yaremchuk O.S., Lotka H.I., Polishchuk T.V. (2019). *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u veterynarnii hihiieni, sanitarii ta ekspertyzi* [Methodology and organization of scientific research in veterinary hygiene, sanitation and examination]: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia. 300 s (in Ukrainian).

10. Yaremchuk O.S., Varpikhovskiy R.L. (2017). *Vplyv umov utrymannia koriv na parametry mikroklimatu povitria u tvarynnytskykh prymishchenniakh ta otrymannia dodatkovykh enerhonosiiv* [Influence of cows housing conditions on air microclimate parameters in livestock premises and production of additional energy sources]. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii*. Vinnytsia. Vyp. 2(96). S. 259-267 (in Ukrainian).

11. Zakharenko M.O., Poliakovskiy V.M., Shevchenko L.V., Yaremchuk O.S. *Systemy utrymannia tvaryn* [Animal housing systems]. Navchalnyi posibnyk. K.: «Tsentr uchbovoi literatury», 2016. 424 s (in Ukrainian).



12. Zakharenko M.O., Shevchenko L.V., Poliakovskiy V.M. Metodichnyi posibnyk do provedennia laboratornykh zaniat z dystsypliny «Veterynarna sanitariia ta hiiiena» [Methodical manual for laboratory classes in the discipline "Veterinary Sanitation and Hygiene"]. Napriam pidhotovky 6.110101 «Veterynarna medytsyna». K. 2014. 217 s (in Ukrainian).



UDC: 636.083:636.2

**MICROCLIMATE PARAMETERS AT DIFFERENT WAYS OF KEEPING
FATTENING YOUNG STOCK****ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ УТРИМАННЯ
ВІДГОДІВЕЛЬНОГО МОЛОДНЯКУ****Pikula O.A. / Пікула О.А.**

ORCID: 0000-0001-8950-6099

*candidate of agricultural sciences / кандидат сільськогосподарських наук
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)*

The microclimate in the livestock building plays a significant role in the maintenance of farm animals. The data on growing and fattening of young cattle are disclosed in detail, where among the factors that affect beef production are zoohygienic conditions, feeding level and genetic potential of animals. But at the same time, there is not enough information on optimizing the conditions of keeping over repair young Ukrainian black-and-white dairy cattle in the stall period on small farms. Especially needs to be studied the sanitary and hygienic condition of the microclimate in the premises at different systems of keeping young animals. Namely, constant monitoring of the level in the air environment of the premises for fattening young cattle in the stall period: temperature, relative humidity, concentration of carbon dioxide, ammonia and microbial contamination, heat balance and providing standard feeding conditions, which will significantly improve the efficiency of using overhauled young cattle.

Thus, at the age of 14 months for fattening young bulls, it turned out to be promising to keep bulls in group cages without ties in terms of air temperature in the premises is 14.6 ° C. This temperature regime for keeping bulls at the age of 14 months is close to the level of optimal neutrality technology.

In the stall period, when keeping bulls of the Ukrainian black-and-white dairy breed in group cages from 12 to 14 months of age, better conditions for air humidity are created than in tethered housing.

Bulls in group cages were kept with a lower level of air carbon dioxide concentration than bulls on a tether. The difference is significant ($P < 0.05$ - $P < 0.001$) depending on the time of research, and the time of sampling and age of bulls.

Studies on the concentration of ammonia in different days of specific age periods of bulls of the Ukrainian black-and-white dairy breed and the time of year showed that, regardless of the age of the bulls and the determination of the concentration of ammonia in the air of the premises, less of it accumulates where the bulls were kept untethered.

The search for improvement of microbial contamination after 12 months of age of bulls, regardless of the way they are kept, requires new approaches. Comprehensive assessments of the appropriate number of factors affecting the air environment in bull housing at different ages may be necessary. This is especially important in small farms where optimization of housing conditions is essential.

More heat is received from young stock at this age period (14 months) than at the total cost of 5058 kcal/h or the cost was less by 15 percent. At the same time, the situation changed when young animals were kept in group cages. Thus, more young animals released free thermal energy into the air and more of it was spent on heating the air. Therefore, the heat balance was negative with a difference of 2433 kcal/h or 94.6% to zero balance. But, such excess heat consumption over the supply is included in the established parameters of the norms of technological design of premises for cattle.

Keywords: microclimate, young cattle, housing, fattening, carbon dioxide, air environment, ammonia concentration, microbial contamination, heat balance.



According to the recommendations on livestock production technology, beef production should be ensured mainly by intensive rearing of young cattle from the day of birth to 16-18 months of age, as well as by culling adult cattle for meat.

The development and improvement of beef production technologies on an industrial basis, preservation of animal health, creation of optimal conditions of keeping, reduction of the period of growing young cattle to 14-16 months of age is the strategic basis for providing cattle with comfortable living conditions (Kaletnik G.M. et al., 2007; Botvina N.O., 2009).

And among the factors that need attention, first of all, there should be a full feeding, which should be transferred to the current automated lines with minimal labor costs and hygienic conditions of detention (M.V. Zubec, et al., 2005; Shulga L.V., 2015). And among the systems of keeping - tetherless with different methods: on deep unchanged litter, on dense litter or in boxes.

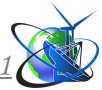
Studies on the comparative study of tethered and untethered keeping of young animals have established that the tethered system of keeping animals has a number of advantages that lead to feed savings. When taking into account sex and age groups, it is possible to better organize feeding depending on the level of meat productivity, to identify individual characteristics of animals. However, compared to free-range housing, it requires more labor costs for production. In a general comparison of tethered and free-stall bulls, the advantage of tethered bulls is only in feed saving, and zoohygienic conditions of tethered bulls are much worse for the development of young animals than free-stall bulls, so the efficiency of beef production is more attractive (M.V. Demchuk et al., 2010; Yaremchuk O.S. 2010).

The total cost of feed in free-stall cattle is somewhat higher than the cost of their productivity in case of violations of zoohygienic conditions of cattle keeping on a tether. This issue is debatable, because the conditions of the enterprise are not taken into account (Demchuk M.V., 2002; Shust P. 2018).

Livestock production technologies are always accompanied by the restructuring of the productive type of animals, the need for further improvement of livestock breeds and methods of breeding work with them (L.V. Polovij, et al., 2002; Bashenka M., 1999; Starostenko I.S., 1998; Petkova L.O., 2014). In addition, the concentration of production reduces the possibility of an individual approach to animals, their maintenance and use. This caused the need to increase the homogeneity of the livestock not only in terms of productivity, but also in terms of behavior, eating standard diets and keeping in conditions of high concentration of animals and their adaptability to stress factors (Melnichuk M.D., et al., 2008).

Growing and fattening of young cattle by intensive technologies is aimed at the fact that during this period animals are able to eat a large amount of feed (Shablya V.P., Admin O.Ye., Hramcova O.M., 2008). During this period, young animals are fed silage, haylage, hay, green fodder and mixed fodder in the form of complete mixtures or in the form of granules and briquettes. Such feeds can be distributed to young animals in stationary or mobile feeders. The amount of feed and its nutritional value is regulated by the feeding front (width of stalls or combine boxes) (Kulik M.F., Ponomarenko M.M., Dudko M.F., 1991).

The technology of feeding young cattle is one of the technological processes of



providing them with adequate nutrition. Thus, the preparation of a large amount of quality feed for animals is a laborious process (Kalashnikova A.P. et al., 2013). Grinding feed is important because it facilitates the process of preparing feed for feeding. Mechanization of feed distribution requires grinding hay, root and tuber crops and other feeds, which are mostly poorly transportable.

According to the daily routine, there are problems with the order of feeding according to the ration. In most cases, in one feeding the animals receive an excessive amount of feed, and in the second - not enough. This leads to irrational use of feed, and a large set of feed again complicates the uniformity of feeding them during the day. Depending on the natural and economic conditions and the forages available on the farm, the following types of feeding are used for feeding over-repair young stock during the growing and fattening of livestock for meat: silage and pulp, silage and root crop, silage and pulp; in summer - on green forages or on pastures (Pivtorak Ya.I., et al., 2018).

The microclimate in the premises where overhauled young cattle are kept depends on the creation of comfortable conditions for their maintenance. This results in animal health, high productivity and better quality and cost-effective management of the livestock industry (Chuprina O.P., 2002).

Thus, the ethological characteristics of animals did not correspond to free-stall housing. There were problems with the completion of technological groups by types of nervous activity. This leads to the revision of technologies of keeping and feeding animals (Cvigun A.T., et al., 1999). There were designs of special grids that fixed animals near the feeders, which limited the movement of young animals in the group cage during their feeding (Cvigun A.T., et al. 2001). And during the period of puberty, bulls were provided with special equipment for tethered or untethered keeping - electrically stimulating sexual reflexes.

The conditions of keeping animals by many indicators did not always satisfy the biological needs of young cattle. Thus, after the development of production capacities of the enterprise for the production of beef complex, animal diseases arise, productivity decreases, the enterprise loses the achieved indicators of profitability. Industrial technologies very often limit some natural needs of animals. Intensive exploitation of animals leads to stressful situations, increases the sensitivity of animals to deterioration of microclimate, to changes in feeding, to constant regrouping of animals, etc. (Fedoruk R.S., et al., 2002). This is due to the fact that the industrial technology of production processes provides for the cyclicity of processes and constant management of animals (veterinary treatments, weighing, placement in different age periods, etc.), and all this is a prerequisite for the reproduction of microorganisms and the development of stress. Therefore, systematic cleaning of livestock premises and disinfection is mandatory to maintain proper sanitary conditions of the enterprise and reduce the frequency of regrouping of young animals during the period of their maintenance from birth to sale or allocation to separate specially equipped group cages (Admin Ye.I., et al., 2000).

Often animals are not prepared to function under the conditions of industrial technology. There is a complex problem of animal communication with machine technology. For cattle the most progressive way of keeping is untethered. But it is



advisable to continue development to improve the technology of free housing. Thus, they should be mainly aimed at bringing animals closer to natural conditions and creating positive effects on their vital activity (Polovij L.V., et al., 2010).

Thus, in the period of reforming the agricultural sector of Ukraine, questions have arisen that need to be addressed regarding the feasibility of industrialization of small-scale enterprises for the production of milk and beef.

On beef farms, mainly four such tasks are solved:

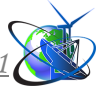
1. Creation of normal sanitary and hygienic conditions, in which animals can stay the whole stall period without the use of walking grounds.
2. Increasing labor productivity at least 2 times on the basis of scientifically based modern technologies and systems of keeping animals (especially free-range) and related measures for labor organization.
3. Ensuring a balanced and complete feeding of animals in such a way that the feed rations fully meet the needs of the animal body and taking into account the productivity of age and conditions of detention.
4. Rational use of waste to obtain alternative energy sources.

Zoohygienic conditions of keeping animals together with the use of intensive, and even better integrated technologies in the work of fattening enterprises and the use of biologically complete feeds, taking into account the age and condition of animals, can increase the efficiency of livestock production by 10 percent or more.

In the modern conditions of beef cattle breeding from over-repairing young cattle, first of all, it is necessary to create optimal conditions for growing and fattening young cattle, including Ukrainian black-and-white dairy breeds. The issue of providing standardized feeding can, as literature sources show, be successfully implemented in 1 year, and in order to create zoohygienic conditions, in addition to high qualification, funds for reconstruction, it is necessary to have regulatory documents, which are not enough (Zotko M.O., et al., 2011). Therefore, there is a need for urgent scientific research of various systems of keeping suckler cattle on small farms, which will accelerate the implementation of the Presidential Decree "On urgent measures to accelerate the reform of the agricultural sector of the economy".

Thus, it can be seen that the data on growing and fattening young cattle are presented in detail, where among the factors that affect the production of beef are zoohygienic conditions, feeding level and genetic potential of animals. At the same time, there is insufficient information on optimizing the conditions of keeping over repairing young Ukrainian black-and-white dairy cattle in the stall period on small farms. Especially the sanitary and hygienic condition of the microclimate in the premises under different systems of keeping young animals needs to be studied.

The *temperature* of the air environment in the premises for keeping bulls in tethered and free-range housing. The temperature of the air environment can positively or negatively affect the thermoregulation of the animal body. When the air temperature in the cattle house decreases, there is a need for additional feed energy. This increases the cost of feed, and if not compensated, it leads to a decrease in productivity. In production conditions, it is not always possible to make timely adjustments to the rations of animals depending on the parameters of lowering air temperature. Therefore, in the stall period, where the external air environment is



below zero on most days, then the technology of keeping animals indoors and the operation of ventilation systems should provide optimal air temperatures.

In most agricultural enterprises, bulls are kept tethered, and some are kept untethered in group cages. The study of zoohygienic conditions of the air environment in the premises for fattening of overhauled young stock according to the assessment methodology was carried out on two adjacent days (5-6, 15-16, 25-26). The air temperature in the room was determined at 10 and 20 hours in four places. Determination of the air temperature at 10 o'clock compared to 20 o'clock in the premises where bulls were kept tethered and untethered showed that in most cases at 20 o'clock the air temperature was higher by 3.3 °C (tethered) and 3.2 °C (untethered). This can be explained by the fact that the outside air is warmer during the day than at night. Therefore, at night more heat is lost through the building envelope and ventilation system than during the day.

Studies have shown that bulls release heat energy into the air, which as a result increases to 20 hours compared to 10 hours at the age of 12 months. The following parameters of air temperature were established: from 13.7 to 17.2 °C (tethered housing) at 10 o'clock and from 14.2 to 18.2 °C (untethered housing), and at 20 o'clock, respectively, from 15.5 to 17.7 °C and from 15.0 to 18.2 °C.

Comparing with each other tethered and untethered keeping it is possible to note the following:

- more heat was preserved in the room at 10 and 20 hours, where bulls were kept tethered, and in comparison with untethered, a significant difference was found at $P < 0.05$ and $P < 0.01$; (number of samples 3; 4)
- more heat was preserved in the room where bulls were kept untethered in group cages (study at 10 hours). The difference is significant at $P < 0.05$ (number of samples 5; 6);

Thus, the formation of the temperature regime in the premises for keeping bulls is influenced by the age of the animals, their energy released into the air and the ambient temperature. Under appropriate environmental conditions, the advantage is on the side of tethered housing, and under other conditions - on the side of free-range.

When determining the air temperature at the age of 14 months of bulls, it was found that at the beginning of the month the air temperature in the room was 12.5 °C (tethered) and 13.2 °C (free-range) (at 10 o'clock) and 16.3 °C and 16.7 °C at 20 o'clock, respectively. At the end of the month, at 10 o'clock, the temperature was 14.5°C and 17.5°C for tethered and at 20 o'clock - 16.2°C and 18.2°C, respectively.

These data show that again the formation of indoor temperature is influenced by the external environment, and only then by the conditions of keeping bulls. But at the same temperature conditions of the environment in the premises where the bulls were kept in group cages, it is possible that more heat was released by the animals and the average air temperature on some days was higher compared to the tethered one at $P < 0.005$ and at $P < 0.001$.

It was found that there is a tendency of advantage of free-range housing in terms of indoor air temperature in relation to tethered housing and with age this advantage increases.

So, at the age of 14 months for fattening young bulls, the untethered keeping of



bulls in group cages in terms of air temperature in the premises is 14.6 ° C was promising. This temperature regime for keeping bulls at the age of 14 months is close to the level of optimal neutrality technology.

The accumulation of *moisture* in the air of the premises at different ways of keeping bulls in the stall period. Increased air humidity in livestock buildings is a good environment not only for the reproduction of microbes, but also leads to heat loss through the skin of the body of animals.

Most moisture enters the air when it evaporates from the floor, manure grooves, drinkers. Moisture can enter the room, as well as with the outside air, especially at low temperatures.

Therefore, timely removal of moisture from the air is an important hygienic measure. In such premises, due to specially equipped natural ventilation, the moisture in the air of the premises for animals is reduced, which is maintained in the air in the parameters of 50-75%.

In the context of the reconstruction of existing livestock buildings in each case, it is necessary to make technological decisions that can positively affect the normalization of humidity in the air of the animal premises. Assessment of air humidity in the stall period in the premises with different ways of keeping bulls allows to determine the optimal level of moisture accumulation.

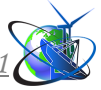
Thus, the study of air humidity conducted simultaneously with the determination of other air parameters in the sections for keeping bulls tethered (control) and untethered in group cages of 10 bulls showed that the air was assessed twice a day (at 10 and 20 o'clock in four places of the section and in the center of the group cages at a height of 50 cm from the floor).

It was found that the air humidity at the age of 12 months was in different sections for keeping bulls of Ukrainian black-and-white dairy breed when kept in a group cage of 10 bulls, where the air humidity parameters at 10 o'clock was within 71%, and at tethered - 85%.

The accumulation of high humidity in the air of the premises where the bulls are kept on a tether is felt even without determination by special devices. Thus, about 1/3 of the wooden plank floor constantly accumulates moisture. In addition, in the cracks between the boards there is moisture that evaporates into the air. In some cases, urine and feces fall almost on the entire floor. At the same time, the group cage has clearly defined feeding and resting areas. The use of wood flooring leads to the accumulation of urine under the floor.

Continued studies of air humidity in the premises for keeping bulls at the age of 14 months showed low efficiency of reducing humidity in the air, while observing the norms of technological design of stalls in width and length for bulls of this age do not allow to reduce the accumulation of moisture in the air. Thus, the relative air humidity on all days of research at 10 and 20 hours was higher than 70-89.5%.

In addition to the reasons for the increase in the amount of moisture in the air, which were in tethered housing at 12 and 14 months, the following were added: feeding more feed and watering; excretion of more urine and feces; excretion of more moisture through the skin and lungs, etc. In free-range housing, such changes did not



significantly affect the increase in moisture in the rooms where the bulls were kept.

Thus, it was found that in the stall period, when bulls of Ukrainian black-and-white dairy breed were kept in group cages from 12 to 14 months of age, better conditions for air humidity were created than in tethered housing.

Concentration of carbon dioxide in the air of the premises with tethered and free-range bulls. In livestock buildings carbon dioxide in the optimal amount plays a significant role in the life of animals and is a physiological irritant of respiratory centers. Increasing the concentration of carbon dioxide in the indoor air reduces oxidative processes, lowers body temperature, increases the acidity of tissues and enhances other metabolic processes undesirable for animal health. Increased concentration of carbon dioxide has a negative effect on animals. Their productivity and resistance to diseases decreases.

Therefore, it is important to equip ventilation systems that would provide an optimal level of carbon dioxide. We set the goal to conduct a comparative assessment of the concentration of carbon dioxide in the premises where bulls are kept on a tether and in group cages at different ages (12 and 14 months) and compare it with the permissible concentration of carbon dioxide (0.2%).

The study of CO_2 concentration in the air of the premises was carried out simultaneously with the determination of other air parameters when bulls were kept tethered and untethered in group cages of 10 bulls from 12 to 14 months of age.

Assessment of CO_2 concentration was carried out 6 times in four points of the premises at 10 and 20 hours. The concentration of carbon dioxide was determined with 0.005 normal solution of caustic barium.

It was found that at 12 months of age, the concentration of carbon dioxide increased to 0.26-0.32% with tethered keeping, and much less to 0.17-0.23% (at 10 o'clock) with untethered keeping.

Analyzing the concentration of carbon dioxide, it should be noted that at 20 o'clock, its parameters were as follows: with tethered keeping - 0.23-0.26%, with untethered keeping - 0.15-0.22%. On average per day, the concentration of carbon dioxide in the air where bulls were kept in group cages was found to be lower on all days of the study.

At the age of 14 months, the concentration of carbon dioxide in tethered cages was in the range of 0.23-0.31%, and in untethered cages 0.14-0.17% (at 10 o'clock). The difference is significant at $P < 0.001$. At 20 o'clock, the parameters of carbon dioxide concentration decreased compared to the estimate at 10 o'clock.

This decrease in the concentration of carbon dioxide from 10 to 20 hours can be explained by the fact that during the day more outside air enters the room, in which the concentration of carbon dioxide is much lower than in the room and ventilation is better. In the room where the bulls are kept in group cages, the concentration of carbon dioxide is lower than in the premises with tethered keeping. Thus, in addition to carbon dioxide exhaled by bulls, more of it is mixed in the air along with the evaporation of moisture from the floor, stalls, feeders, grooves of manure conveyors, technological equipment and enclosing structures.

Thus, it was found that bulls in group cages were kept with a lower level of air carbon dioxide concentration than bulls on a tether. The difference is significant



($P < 0.05$ - $P < 0.001$) depending on the time of research, and the time of sampling and age of bulls.

Ammonia concentration in the premises during the stall period of Ukrainian black-and-white dairy bulls in tethered and free-range housing. According to the assessment of ammonia concentration in animal premises, the processes of decomposition of nitrogen-containing organic substances: urine, feces, feed, etc. Ammonia dissolves intensively in water. Especially a lot of ammonia accumulates in cold rooms with high humidity. High concentration of ammonia leads to the fact that the animals' health deteriorates, feed is not sufficiently digested, death may occur when the concentration of ammonia in the air increases to 3 mg / l, from pulmonary edema or respiratory paralysis.

Therefore, the search for reducing the concentration of ammonia in the premises for animals is relevant and necessary in the conditions of reconstruction of existing livestock buildings, where the conditions of detention and equipment of ventilation systems do not always allow for minimal accumulation of ammonia in the air.

In this regard, the assessment in different months of the stall period, at different times of sampling, with different methods of keeping, where animals were raised and fed for meat, the level of ammonia concentration in the premises in accordance with the standards is not the same.

Studies of the ammonia concentration in the air of the premises where bulls were kept at the age of 12 months showed that in the free-range bulls the ammonia concentration was respectively lower by 43, 28, 37, 29, 63, 59 percent compared to the tethered one with a significant difference $P < 0.001$. These data show the advantage of untethered bulls over tethered ones.

Perhaps, in addition to the ways of keeping bulls and premises, there are factors that affect the accumulation of ammonia concentration in the air. But the tendency of preference for untethered bulls in group cages remained at 14 months of age. Similar data were obtained when comparing the concentration of ammonia in the air of premises with tethered and untethered methods of keeping bulls at 14 months of age. Again, with a significant difference, a lower accumulation of ammonia in the air was obtained in the room with free-range bulls ($P < 0.001$).

Studies on the concentration of ammonia in different days of specific age periods of bulls of the Ukrainian black-and-white dairy breed and the time of year showed that regardless of the age of bulls and the determination of the concentration of ammonia in the air of the premises, less of it accumulates where the bulls were kept free.

Optimization of the conditions of keeping young cattle in beef production through the use of the proposed modules of group cages for different technological periods leads to the conclusion that the more adapted to fattening of overhauled young cattle on small farms of reformed agricultural enterprises in terms of ammonia concentration in the air of the premises is the keeping of young cattle without tethering.

The fact that the deterioration of the air environment due to the accumulation of ammonia in the tethered keeping of bulls of the Ukrainian black-and-white dairy breed at 12-14 months can lead to a decrease in live weight gain was found in further



studies of the growth rate of experimental bulls.

Total microbial contamination of air in the premises for keeping bulls in tethered and free-range housing. The number of microorganisms in the indoor air is 50-100 and more times higher than in the outdoor air. Microorganisms in the air can be from several tens to hundreds of thousands in one cubic meter. Therefore, among the indicators that are included in the assessment of the microclimate in the premises for animals is the total microbial contamination of the air.

Depending on the *number of microorganisms* in the air, hygienic measures are taken to reduce them. Such measures include regular cleaning of stalls, cages, passages, feeders, equipment, etc. according to the daily schedule.

A special role is played by the amount of moisture and dust in the air of the room in the accumulation of microorganisms. Moisture in the air is a good environment for the development of microorganisms, which in dry and warm rooms practically do not develop and do not multiply, thereby not harming the health of animals. Therefore, in livestock buildings, the task is to constantly reduce moisture through the equipment of automatic waterers, timely removal of urine and feces from the premises and constant operation of the ventilation system.

In our research, we studied the total microbial contamination of the air in tethered and untethered bulls of the Ukrainian red-and-white dairy breed at 12 and 14 months of age.

Studies of total microbial air pollution at 12 months of age have changed the advantages of tetherless housing over tethered housing.

On average, at the age of 12 months, the total microbial contamination of the air in the premises was 1.9, 2.9, 4.1, 2.3, 2.2, 2.8 times lower in the free-stall bulls compared to the tethered ones. The difference is significant at $P < 0.001$. The obtained results of air in the premises for keeping bulls at 14 months show that with increasing age, regardless of the method of keeping, the conditions of the air environment deteriorate. Thus, the total microbial contamination of the air in tethered housing was from 48.5 to 152.5 thousand/m³, and in untethered housing - 46.2-91.5 thousand/m³. The difference between the methods of keeping is significant ($P < 0.001$).

Beef producers can be convinced that tethered housing of bulls worsens the air environment, where the total microbial contamination of the air is much higher than in free-stall housing.

The search for improvement of microbial contamination after 12 months of age of bulls, regardless of the way they are kept, requires new approaches. Comprehensive assessments of the appropriate number of factors affecting the air environment in bull housing at different ages may be necessary. This is especially important in small farms where optimization of housing conditions is essential.

Heat balance in sections for keeping over-repairing young stock during the stall period. The heat balance in the premises for animals is determined by the normative indicators of air temperature and taking into account the average monthly temperature and humidity in January. In this case, the ratio between the supply and consumption of heat should be equal to zero. A deviation of $\pm 10.0\%$ in the heat balance is allowed. It is known that not only animal productivity, but also hygiene and health depends on the microclimate in livestock buildings. In winter conditions, it is desirable not to



cool animals indoors, as this leads to significant losses in livestock production. During the stall period, the air in the premises is heated by the heat released by the animals. Therefore, air exchange depends on the thermal characteristics of the building envelope. The total area of the section for keeping young animals in different periods with tethered and free-range housing was 345 m² or 4.31 m² per head, the total area of the outer walls was 162 m², 2.02 m² per head in both sections and the volume of the room (air volume) was 931.5 m³. Calculations of the hourly ventilation volume were different both by technology and by the way of keeping young animals. As a result, the volume of ventilation per head was less in tethered housing (fattening 88.0 m³/h) compared to free-range housing (97.4 m³/h). The air exchange rate was found to be lower in tethered housing than in free-range housing. Thus, the air exchange rate in the section with tethered housing was 7.4 and 9.3 m³/h during the fattening period with tethering and without tethering. Thus, with equal characteristics of the premises (sections) for tethered and untethered housing, different indicators were obtained for hourly air volume, ventilation volume and air exchange rate. It depends on the conditions of keeping young stock and the technological period.

Higher rates in untethered keeping of young animals are explained by the fact that in group cages the young animals move more, so they consume more air, which is normalized by the flow of outside air into the room. To determine the heat balance, the data of studying the microclimate in the sections for keeping young animals in group cages and tethered during the stall period were used.

The heat balance in the premises depends on three interrelated factors: the amount of air inhaled and exhaled by animals; the amount of moisture in the air of the premises and the difference in air temperature between the outside and inside. The study of the heat balance in different ways of keeping bulls in the stall period can not be carried out on a small number of groups-analogues, which are sufficient to assess the growth of live weight, slaughter qualities, behavior, etc. Therefore, the experimental bulls are kept together in a room where they were kept tethered and untethered (80 heads each), this number of bulls is enough to fill all the livestock. The table presents data on the heat balance in the sections for keeping overhauled young cattle during the stall period.

Heat loss through the fencing in the section with free-range housing was 9.4% less than in the tethered section, because less moisture enters the air in group cages than in tethered stalls. Due to the smaller area that is constantly moistened with water from drinking bowls, urea and feces. This is confirmed by the fact that 58.1% of the floor is constantly moistened in the group cage: 12.9x7=20.3 m²; 1.2x5=6.0 m²; 2x2.9=5.8 m²; 6+5.8=11.8 m² of wetted floor. With tethered maintenance 72% of the floor is wet: 1,8x7=12,6 m² (wet floor), 2,5x7=17,5 m². Therefore, the absolute humidity of the air was 6.79 g/m³ at tethered keeping, and 6.27 g/m³ at untethered keeping.

The study of the heat balance in the premises for keeping young animals during the growing period (8-12 months) showed that the heat input from the animals reaches 32448 kcal/h (tethered housing) and 35920 (free-range housing). This heat is spent on heating the air that enters the room (1530 kcal/h), on heat loss through the fence (706 kcal/h), on unforeseen heat losses (81 kcal/h) and heat loss for moisture evaporation



(3213 kcal/h). In total, the heat consumption reached 29922 kcal/h, which is 8.4 percent less than the supply. Therefore, the maximum temperature in the room can be at the tethered keeping of young animals at the age of 12 months in the stall period 15.8 ° C or the difference between the outside and inside temperatures is 15.8 ° C. During the maintenance of overhauled young cattle in the stall period during the untethered period, 35920 kcal / h of heat was received, and the total costs were higher (39933 kcal / h), which reduces the zero heat balance in the room by 10%. Up to 10% increase or decrease of heat balance indicators in relation to zero is allowed.

Feeding of young animals is aimed at making the most of the genetic capabilities of animals at a young age, where, in addition to a high level of feeding, it is important to create standardized conditions for them, especially to maintain a zero balance of heat input and output or deviations of no more than ± 10 ° C. So, at the age of 12-16 months, young animals in the amount of 80 heads at the tethered content of free thermal energy allocated 38696 kcal/hour.

Heat consumption for air heating during tethered keeping reached 2038 kcal/h, for heat loss through the fence - 706 kcal/h, heat consumption for moisture evaporation - 3728 kcal/h. Total heat consumption reached 33638 kcal/h.

More heat is received from young animals in this age period (14 months) than at the total cost of 5058 kcal/h or the cost was less by 15 percent. At the same time, the situation changed when young animals were kept in group cages. Thus, more young animals released free heat energy into the air and more of it was spent on heating the air. Therefore, the heat balance was negative with a difference of 2433 kcal/h or 94.6% to zero balance. But, such excess heat consumption over the supply is included in the established parameters of the norms of technological design of premises for cattle.

The results obtained indicate that with greater movement of animals in group cages, feed energy consumption increased, but thermal heat losses during the stall period allow maintaining the temperature regime during untethered keeping within the established limits for young cattle.

Conclusions:

1. The ecological situation of the cattle breeding site according to the assessment of air, soil and water monitoring is positive and ensures the cultivation of environmentally friendly fodder and the creation of an external environment for animals in accordance with VNTP-APK-01.05.

2. Zoohygienic assessments of the air environment in the premises for keeping bulls for fattening in tethered and free-range housing have shown that more comfortable conditions are created in free-range housing, which is confirmed by a more normalized air temperature compared to tethered from $P < 0.05$ to $P < 0.001$ (at different times of the day); the accumulation of high moisture in tethered housing is explained by an increase in the area of the wetted floor (1/3 of the parts), and when kept untethered in a group cage, a significant part of the moisture is absorbed by the litter; concentrations of carbon dioxide and ammonia, also, in untethered bulls had a significant positive probable difference from $P < 0.05$ to 0.001.

3. Studies of total microbial contamination have shown that regardless of the method of keeping bulls on fattening with age, the conditions of the air environment



deteriorate, where the total microbial contamination of the air at tethered keeping from 12 to 14 months of age was at the level of 48.5 to 152.5 thousand / m³, and at untethered 46.2 to 91.5 thousand / m³ (at $P < 0.001$). Therefore, improving the microbial contamination of the air environment in the premises for fattening young animals requires new technological solutions for ventilation systems.

4. It was found that with tethered bulls, the heat balance was positive by 5058 kcal / h or 15%, and with untethered - less by 2433 kcal / h or 94.6% to zero balance, but such a negative heat balance is within the permissible parameters of 5%. But this situation can be corrected by equipping the ventilation system with a heat exchanger.

Literature

1. Botvina, N.O. (2009). Directions of competitiveness of Ukrainian agro-industrial complex on the European food market [Business navigator]. №1. (in Ukrainian).

2. Galanec, V.G. (2010) Signs of revival of competitive agricultural enterprises as a priority form of management [Bulletin of Lviv NAU. Economy of agro-industrial complex] № 17 (2). (in Ukrainian).

3. Pucentejlo, P.R. (2011) Prospects for the development of production potential of beef cattle breeding in Ukraine [Sustainable development of the economy]. №1. (in Ukrainian).

4. Novostavska, A.V. & Svistula, O.V. (2009). World trends in animal development [Scientific Bulletin "Askania Nova"]. №2. (in Ukrainian)

5. Yaremchuk, O.S. Zaharenko, M.O. Kurbatova, I.M. (2010). Environmental and sanitary aspects of monitoring of livestock enterprises [Scientific collection of papers of VNAU]. Vinnicya: Vip.5 (45). (in Ukrainian)

6. Cherven, I.I. & Shebanina, O.V. (2017). The main directions of optimization of production volumes of domestic agricultural products [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region]. Vip.2. (in Ukrainian)

7. Barilo, V.M. (2011). Economic efficiency of agricultural production [N Scientific Bulletin of LTSNU and BT named after S.Z. Grzycki]. Lviv: – Tom 13. - №4 (50). Ch.5. (in Ukrainian)

8. Shust, P. & Kebko, V. (2018) Ways to increase beef production with low-cost technology [Proposal]. (in Ukrainian)

9. Petkova, L.O. (2014). Methodological principles of analysis of the use of the potential of the regions of Ukraine for economic growth [Collection of scientific works of Cherkasy State Technological University. Series: Economic science]. Cherkasi: №12. (in Ukrainian)

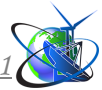
10. Shulga, L.V. (2015). Energy assessment of technological processes in animals [Scientific works of Poltava State Agrarian Academy. Economic sciences]. Poltava. Tom 3 (22). (in Ukrainian).

11. Burkovskij, I.D. (2007). Efficiency of use of fixed assets in the agrarian sector [Economy of agro-industrial complex]. №4. (in Ukrainian).

12. Baranovskij, D.I. (2010). Our perspective is the technologization of the livestock industry [Collection of scientific works of KhDZVA]. Harkiv, Vip.21. Ch.1. (in Ukrainian).



13. Kaletnik, G.M., Kulik, M.F., Petrichenko, V.F. et al. (2007). The basis of promising technologies of livestock production. Vinnicya: «Enozis», (in Ukrainian).
14. Zubec, M.V., Guzyeva, I.V. et al. (2005). Strategy of beef cattle breeding development in Ukraine in the context of national food security / K.: Agrarna nauka, (in Ukrainian).
15. Demchuk, M.V. Kozenko, O.V., Knishuk P.V. (2010) To the method of studying the influence of a complex of environmental factors on the functional state of the organism or herd of animals [Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Grzyskoho]. Lviv. T.12. №1 (43). Ch.4.- (in Ukrainian).
16. Demchuk M.V. (2002) Modern requirements for promising technologies of livestock production [Scientific Bulletin of LDAVM] Lviv.-T.4.(2). (in Ukrainian).
17. Polovij, L.V., Yaremchuk, O.S. (2002). Livestock breeding technologies in reformed agricultural enterprises of Vinnytsia region. Vinnicya: Kniga-Vega,. (in Ukrainian).
18. Bashenka, M. (1999). System of breeding records and genetic evaluation of cattle. Animals of Ukraine. № 3-4 (in Ukrainian).
19. Starostenko I.S. (1998) Comparative evaluation of bulls of different breeds by reproductive traits [Bulletin of BDAU]. Vip.4. Bila Cerkva. (in Ukrainian).
20. Melnichuk, M.D. Novak, N.B., Oblap, R.V. (2008). Features of the genetic structure of Ukrainian black and white cattle [Bulletin of Agrarian Science]. №3.- (in Ukrainian).
21. Kotendzhi G.P. Rubcov I.O. (2005). Productive qualities of newly created breeds and types of cattle in today's conditions. [scientific works of VSAU..] Vinnicya. Vip.22. Ch.1 (in Ukrainian).
22. Chujko N.V. (2006). Increasing the productivity of cattle as a reserve of resource saving increasing the productivity of farm animals: [scientific works of Kharkiv State Veterinary Academy]. T.16. (in Ukrainian).
23. Omelkovich S.P. (2009). Economic and useful traits of Ukrainian black-and-white dairy cows of different genotypes and their correspondence to the parameters of dairy animals. [Scientific works of Kamianets-Podilskyi State Agrarian and Technical University] Kamyanec-Podilskij.Vip.17. (in Ukrainian).
24. Kashenko, M., Sotnichenko, Yu., (2011.) Advanced technologies in dairy farming [Animals of Ukraine] №1-2. (in Ukrainian).
25. Shablya, V.P., Admin, O.Ye., Hramcova, O.M. (2008). State book of breeding animals of cattle of Ukrainian black-and-white dairy breed. K.: PC "Foliant". (in Ukrainian).
26. Kalashnikov, A.P., Rasinin, V.I., Sheglova, V.V, Klejmenova, N.I. (2003). Norms and rations of feeding of agricultural animals: a reference manual 3e.izd.pererob.i dopovn. (in Ukrainian).
27. Pivtorak Ya.I., Gordijchuk N.M. (2008). High-productive dairy cows and technology of keeping. Farmer.- №3 -4. (in Ukrainian)
28. Chuprina O.P. (2002). Patterns of meat productivity formation in animals of different genotypes of black-and-white cattle in Polissya [Animals of Ukraine]. №3. (in Ukrainian).



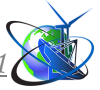
29. Cvigun A.T., Povochnikov M.G., Blyusyuk S.M., Melnik Yu.F., Lukash V.P., Zubec M.V., Ibatulin I.I. (1999). Organization of normalized feeding of cattle of beef breeds and types (Recommendations) Kiyiv, (in Ukrainian).
30. Cvigun A.T., Povochnikov M.G., Blyusyuk S.M., Zubec M.V., Bogdanov, Kandiba V.M., Shkurin G.T., Melnik Yu.F., Ibatulin I.I. (2001). [Norms and rations of feeding young cattle of meat breeds and types] Kamyanec-Podilskij: Abetka, (in Ukrainian).
31. Fedoruk, R.S. Tretevich, V.I. (2002). Adaptability of cows of different ages and productivity under conditions of industrial technology of milk production [Physiological journal]. T.48, №2. (in Ukrainian).
32. Admin, Ye.I., Borsh, O.V. (2000). Scientific concept and program of transition of Ukrainian farms to resource and energy saving technologies of milk production [Agrarian news] №2. (in Ukrainian).
33. Polovij, L.V, Romanenko, O.V. (2010). Improvement of technological parameters of tetherless cow housing [Scientific collection of papers of VNAU]-Vinnicya.-Vip.5(46). (in Ukrainian).
34. Polovij L.V., Shevchuk. O.Yu. (2010). Hygienic assessment of the microclimate in calf houses for growing heifers with different technologies of keeping [Scientific collection of papers of VNAU]. Vinnicya, Vip.5 (45). (in Ukrainian).
35. Yasevin S.Ye., (2010). Technology of milk production under conditions of tetherless cow keeping [Zootechnical science of Podillya: history, problems, prospects] Kam'yanec-Podilskij: PP Zvolejko D.G. (in Ukrainian).
36. Zotko, M.O., Gucol, N.V, Vishnevskij, L.V. (2011). Reproduction of cattle in Vinnytsia region [Collection of scientific works of VNAU.] Vinnicya Vip.8 (48). (in Ukrainian).

Анотація. Мікроклімат у тваринницькому приміщенні відіграє неабияку роль в утриманні сільськогосподарських тварин. Детально розкриті дані по вирощуванню та відгодівлі молодняку великої рогатої худоби, де серед чинників, які впливають на виробництво яловичини, є зоогігієнічні умови, рівень годівлі та генетичні задатки тварин. Але разом з тим, недостатньо інформації по оптимізації умов утримання над ремонтного молодняку української чорно-рябої молочної породи в стійловий період на малих фермах. Особливо потребує вивчення санітарно-гігієнічний стан мікроклімату в приміщеннях при різних системах утримання молодняку. А саме постійний контроль за рівнем у повітряному середовищі приміщень для відгодівлі молодняку великої рогатої худоби у стійловий період: температури, відносної вологості, концентрації вуглекислого газу, аміаку та мікробну забрудненість, теплового балансу та забезпечування нормативними умовами годівлі, що дозволить суттєво покращити ефективність використання надремонтного молодняку.

Так, у 14-місячному віці для відгодівлі молодняку перспективним виявилось безприв'язне утримання бичків у групових клітках за показниками температури повітряного середовища у приміщеннях складає 14,6°C. Такий температурний режим для утримання бичків у 14-місячному віці наближений до рівня оптимальної технології нейтральності.

У стійловий період при утриманні бичків української чорно-рябої молочної породи в групових клітках від 12 до 14-місячного віку створені кращі умови щодо вологості повітря ніж при прив'язному утриманні.

Бичків у групових клітках утримували з меншим рівнем концентрації вуглекислого газу повітря, ніж бичків на прив'язі. Різниця вірогідна ($P < 0,05$ – $P < 0,001$) у залежності від часу



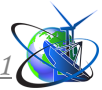
досліджень, і часу взяття проб та віку бичків.

Проведені дослідження за концентрацією аміаку в різні дні конкретних вікових періодів бичків української чорно-рябої молочної породи та пори року показали, що незалежно від віку бичків та визначення концентрації аміаку в повітрі приміщень менше його накопичується там, де бички утримувались безприв'язно.

Пошуки покращення мікробної забрудненості після 12-місячного віку бичків незалежно від способу їх утримання потребують нових підходів. Можливо, необхідними комплексні оцінки відповідної кількості факторів, які впливають на стан повітряного середовища в приміщеннях для бичків у різні вікові періоди. Особливо це важливо в умовах невеликих ферм, де оптимізація умов утримання має суттєве значення.

Більше надходить тепла від молодняку в даному віковому періоді (14 місяців) ніж при загальних витратах на 5058 ккал/год або витрат було менше на 15 відсотків. У той же час при безприв'язному утриманні молодняку в групових клітках ситуація змінилась. Так, більше молодняк виділив вільної теплової енергії в повітря і більше його було витрачено на обігрів повітря. Тому, тепловий баланс був негативним з різницею 2433 ккал/год або 94,6% до нульового балансу. Але, такі перевитрати тепла над надходженням входять у встановлені параметри норм технологічного проектування приміщень для великої рогатої худоби.

Ключові слова: мікроклімат, молодняк, утримання, відгодівля, вуглекислий газ, повітряне середовище, концентрація аміаку, мікробна забрудненість, тепловий баланс



УДК 635.21:631.5

**FORMATION OF THE LEAVE'S SURFACE SQUARE
IF SEEDING POTATO OF DIFFERENT GROUPS OF RIPENESS
DEPENDING ON CONDITIONS OF GROWING**
**ФОРМУВАННЯ ПЛОЩІ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ НАСІННЕВОЇ КАРТОПЛІ
СОРТІВ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ**

Sokolovska I. M. / Соколовська І. М.*s. agricultural s., docent / к. с.-г. н., доцент,**Kherson State agrarian and economic University**Kropyvnytskyi, Universitetskyi 5/2 avenue**Херсонський державний аграрно-економічний університет,**Кропивницький, просп. Університетський, 5/2*

Анотація. Основним органом фотосинтезу рослин є зелені листки, тому основну увагу при вирощуванні картоплі слід приділяти формуванню оптимальної площі листкової поверхні.

Потенціал сортів картоплі різних груп стиглості щодо формування площі листкової поверхні в умовах північного Степу України вивчено недостатньо, до того ж природно-кліматичні умови, що різко змінюються, впливають не лише на формування продуктивної поверхні, але й визначають у певній мірі урожайність і якість насінневої картоплі. У досліді використовується насінневий матеріал класу еліта.

Більшу площу листкової поверхні в умовах північного Степу України формували сорти ранньої та середньоранньої груп стиглості. Максимально свій потенціал сорти використовували на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$, формуючи 20,55-25,30 тис. $m^2/га$ листкової поверхні.

В першій половині вегетації картоплі біологічні особливості сортів, підсилені дією добрив, внесених під посіви, визначали показники площі листкової поверхні посівів картоплі високих категорій (частка впливу 63,7%). Впродовж другої половини вегетації біологічний потенціал сортів забезпечував формування фотосинтетичної поверхні посівів на 61,1-44,8 %.

Середні показники площі листкової поверхні посівів картоплі різних груп стиглості, які досліджувалися, у 2,5 рази були нижче за ті, що встановлені в районах традиційного вирощування картоплі. Прогнозована врожайність бульб картоплі високих категорій 13-19,5 т/га.

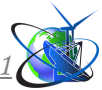
Ключові слова: площа листкової поверхні, сорти картоплі різних груп стиглості, північний Степ України, насіннева картопля.

Вступ.

Основним органом фотосинтезу рослин є зелені листки, тому основну увагу при вирощуванні картоплі слід приділяти формуванню оптимальної площі листкової поверхні [1].

В районах традиційного вирощування картоплі встановлено, що оптимальною площею листків є 40-45 тис. $m^2/га$. Подальше збільшення її не тільки не сприяло зростанню продуктивності насаджень, а й навпаки, призводило до недобору врожаю, внаслідок сильнішого пригнічення таких посівів ґрунтовою і повітряною посухою [2].

Численними дослідженнями встановлено, що площа листкової поверхні рослин картоплі багато в чому залежить від агротехнічних заходів. Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур формується в процесі



фотосинтезу, коли в зелених рослинах утворюється органічна речовина з оксиду вуглецю, води та мінеральних речовин. При цьому сонячна енергія переходить в енергію біомаси рослин. Ефективність цього процесу і в кінцевому підсумку рівень урожайності залежать від функціонування листової поверхні посіву культури як фотосинтетичної системи. Продуктивність же фотосинтезу, в свою чергу, залежить від факторів зовнішнього середовища, технології вирощування культури, інших факторів і визначається двома основними складовими: сумарною площею асиміляційної поверхні рослин та чистою продуктивністю фотосинтезу [3]

Суша речовина картоплі складається з 95 % органічних сполук, що утворюються у процесі фотосинтезу, та 5 % мінеральних солей, поглинутих кореневою системою з ґрунту. Фотосинтетична діяльність визначає продуктивність рослини. При високих рівнях урожайності бульб (40-45 т/га) картопля засвоює за добу до 300 кг/га вуглекислого газу, а чиста продуктивність фотосинтезу складає, в середньому, 3,8-7,0 г/м² сухої речовини [4].

За природно-кліматичними показниками північний Степ України не повною мірою відповідає біологічним особливостям та потребам рослин картоплі, насамперед, щодо умов зволоження і температурного режиму вегетаційного періоду. Найбільш сприятливі умови для росту і розвитку рослин картоплі складаються при гідротермічному коефіцієнті 1,5-2,0.

Враховуючи, що основним органом фотосинтезу рослин є зелені листки, основну увагу при вирощуванні картоплі необхідно приділяти формуванню оптимальної площі асиміляційного апарату листової поверхні.

Потенціал сортів картоплі різних груп стиглості щодо формування площі листової поверхні в умовах північного Степу України вивчено недостатньо, до того ж природно-кліматичні умови, що різко змінюються (ГТК років дослідження – 0,7-1,2), впливають не лише на формування продуктивної поверхні, але й визначають у певній мірі урожайність і якість насінневої картоплі. У досліді використовується насіннєвий матеріал класу еліта.

Таким чином, дослідження процесу формування площі листової поверхні сортів картоплі різних груп стиглості є актуальним й обґрунтованим, результати досліджень нададуть можливість визначити потенціал сортів в умовах північного Степу України та розробити елементи агротехніки щодо підвищення врожайності та якості насінневої картоплі високої категорії.

Основний текст.

За результатами наших досліджень було встановлено, що в умовах північного Степу України, сорти картоплі різних груп стиглості, відрізнялися площею листової поверхні й до того ж формували продуктивну зелену масу на різних фонах мінерального живлення не однаково. Погодно-кліматичні умови років дослідження впливали на розвиток фотосинтезуючої поверхні культури (таблиця 1).

А саме, на початку вегетації більш активно площа листової поверхні формувалася у надраннього сорту Радомисль та середньораннього Межирічка (4,45 тис. м²/га та 4,75 тис. м²/га). Слід зазначити, що у сорту Радомисль цей



показник визначався кількістю листків (коефіцієнт облистяності 5,7), тоді як у сорту Межирічка – кількістю продуктивних столонів – 4,1 шт., кожен з яких мав в середньому по 1,3 листка. Більш інтенсивно фотосинтетичний апарат всіх сортів картоплі, які досліджувалися, збільшувався на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 4,86 тис. $m^2/га$.

Таблиця 1 – Динаміка формування площі листкової поверхні сортів картоплі різної групи стиглості, тис. $m^2/га$, 2018-2020 рр.

Фон живлення (фактор А)	Сорти (фактор В)	Фази розвитку					
		сходи	утворення бокових пагонів	початок цвітіння	цвітіння	кінець цвітіння	зав'ядання рослин
Контроль $N_{30}P_{30}K_{30}$	Радомисль	6,03	9,82	11,13	12,49	13,00	7,75
	Щедрик	3,31	15,33	16,91	17,48	18,19	10,15
	Межирічка	1,52	11,99	14,19	15,82	16,46	11,42
	Партнер	3,92	10,67	12,38	16,44	17,10	11,69
$N_{45}P_{45}K_{45}$	Радомисль	1,25	6,24	8,92	11,95	12,44	7,84
	Щедрик	3,82	8,22	15,69	16,18	16,83	9,99
	Межирічка	3,81	14,40	18,01	22,85	23,78	17,25
	Партнер	2,22	8,52	17,33	20,62	21,45	15,38
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Радомисль	6,48	10,13	12,53	13,60	14,08	9,37
	Щедрик	0,98	11,41	22,34	24,32	25,30	17,10
	Межирічка	5,96	11,30	15,58	19,75	20,55	16,91
	Партнер	1,59	7,95	15,82	19,02	19,78	16,59
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Радомисль	4,02	7,52	10,70	10,89	11,34	7,54
	Щедрик	1,64	15,54	16,58	19,66	20,45	16,80
	Межирічка	7,70	13,14	16,42	18,24	23,18	16,82
	Партнер	6,09	14,09	14,83	16,39	20,93	25,05

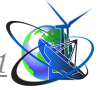
Авторська розробка

Ранньостиглий сорт Щедрик у фазі сходів мав найменшу площу листкової поверхні – 2,44 тис. $m^2/га$, коефіцієнт облистяності не перевищував 1,5 за кількістю продуктивних столонів у кущі – 3,0 шт.

За подальшого розвитку рослин збільшення площі листкової поверхні активніше відбувалося також на фоні мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$, 13,32 тис. $m^2/га$, але лідером серед сортів був сорт Щедрик, який у фазі утворення бокових пагонів сформував 13,37 тис. $m^2/га$ листової поверхні. Слід зазначити, що починаючи з цієї фази змінилася реакція сортів на комплекс умов вирощування. Так, сорти Радомисль, який активно формувал листкову поверхню у фазі сходів, уповільнював цей процес при подальшому розвитку, мав нижчі серед сортів показники – 8,43 тис. $m^2/га$ листкової поверхні у фазі утворення бокових пагонів та 11,13 тис. $m^2/га$. – на початку цвітіння.

Вищими показниками площі фотосинтетичного апарату на початку цвітіння характеризувалися посіви картоплі, які формувалися на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 16,57 тис. $m^2/га$, до того ж, сорт Щедрик зберігав лідерство, 17,88 тис. $m^2/га$. Сорт Межирічка дещо поступався сорту Щедрик – 16,05 тис. $m^2/га$.

Максимальну площу листкової поверхні формували посіви насінневої картоплі сорти на час завершення цвітіння. Вищим показником



характеризувався середньоранній сорт Межирічка – 20,99 тис. м²/га, трохи поступився йому ранній сорт Щедрик – 20,19 тис. м²/га. Сорт Партнер середньої групи стиглості формував фотосинтетичний апарат на рівні 19,82 тис. м²/га, нижчий показник був у надраннього сорту Радомисль – 12,71 тис. м²/га.

Більшу площу листової поверхні формували всі сорти картоплі, які досліджувалися, на фоні мінерального живлення N₆₀P₆₀K₆₀ – 19,93 тис. м²/га, що забезпечувало приріст до контролю 3,74 тис. м²/га (18,8 %).

Найбільш інтенсивно збільшення площі листків відбувалося на початку вегетації, від сходів до утворення бокових пагонів.. Додаткові елементи живлення у ґрунті також прискорювали інтенсивність збільшення площі листків. Так, більш інтенсивно площа листової поверхні сортів картоплі, які досліджувалися, збільшувалася від сходів до утворення бокових пагонів, найбільший приріст листової поверхні спостерігався на фоні N₉₀P₉₀K₉₀ – +8,46 тис. м²/га. Сорт Щедрик активніше використовував комплекс сприятливих умов, забезпечивши приріст за міжфазний період 10,94 тис. м²/га.

За подальшого розвитку рослин та формування посівів інтенсивність збільшення площі фотосинтетичного апарату знижувалася, до того ж спостерігалася зворотна дія фонів мінерального живлення: на фоні N₉₀P₉₀K₉₀ приріст асиміляційної площі складав лише 1,31 тис. м²/га.

Під час цвітіння картоплі інтенсивність збільшення площі листової поверхні прискорювалася, відбувався цей процес за рахунок активного росту листків та незначного збільшення їх кількості на рослині. Максимальний приріст вказаного показника відмічався на фоні N₉₀P₉₀K₉₀ – +3,40 тис. м²/га, але більша загальна площа листової поверхні посівів картоплі була на фоні N₆₀P₆₀K₆₀ завдяки активному її збільшенню на попередніх етапах розвитку посівів.

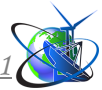
Через 10-14 діб після завершення цвітіння рослини картоплі починали швидко підсихати, втрачаючи асиміляційну площу. Швидше підсихали листки у рослин, які розвивалися на фоні N₄₅P₄₅K₄₅ (-6,01 тис. м²/га) до того ж першим й найактивніше почав втрачати листки ранній сорт Щедрик (-6,68 тис. м²/га).

Частка впливу факторів формування площі листової поверхні значно відрізняється по фазах розвитку рослин.

Сумісна дія двох факторів – біологічні особливості сорту і внесення добрив – у фазі формування сходів мала найбільший вплив на ріст площі листової поверхні у сортів картоплі різних груп стиглості – 63,7 %.

В процесі подальшого розвитку рослин картоплі вплив добрив на процес формування фотосинтетичного апарату посівів зменшувався – 23,3 %, тоді як біологічний потенціал сортів на 38,1 % забезпечував кількість листків у куці та їх розмір. Максимально цей потенціал (61,1 %) рослини використали у фазі початку цвітіння, коли вплив дії добрив був мінімальним – 9,4 %.

Під час цвітіння та подальшого розвитку рослин картоплі частка впливу біологічного потенціалу сортів зменшувалася (44,8 %, 43,7 %). На цей час підсилювалася дія інших факторів – несприятливі погодні умови північного Степу України другої половини вегетації культури підсилювали дію цих факторів.



За роками досліджень в умовах 2018 р. вищу площу листової поверхні сформували сорти картоплі різних груп стиглості на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 12,4 тис. $m^2/га$, до того ж найкраще свій потенціал використав ранньостиглий сорт Щедрик – 15,9 тис. $m^2/га$. Зменшення або підвищення кількості поживних речовин вдвічі призводило до зниження наростання листової поверхні рослин в посівах на 18-20 %. Слід зазначити, що погодно-кліматичні умови 2018 р. були критично несприятливими для картоплі, формування площі листової поверхні рослин, їх фотосинтетичного потенціалу відбувалися в стресових для культури умовах, які в результаті й визначили рівень врожайності та якості бульб.

Надранній сорт Радомисль кращий показник площі листової поверхні мав на фоні $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 11,945 тис. $m^2/га$, збільшення кількості мінеральних добрив у ґрунті за умов недостатньої зволоженості року знижувало інтенсивність наростання вегетативної маси рослин даного сорту.

На фоні мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ найбільшу площу листової поверхні сформував середньостиглий сорт Партнер – 13,7 тис. $m^2/га$.

На початку вегетації картоплі у 2019 р. найбільш активно формувалася площа листової поверхні у надраннього сорту Радомисль. Цей сорт мав найбільшу кількість пагонів, які проросли з материнської бульби, швидше за інші формували листки і у фазі сходів мав найбільшу їх площу – 7,14 тис. $m^2/га$. В середньому по всіх варіантах, на фоні мінерального живлення $N_{45}P_{45}K_{45}$ цей показник був найвищий – 13,52 тис. $m^2/га$. Середньоранній сорт Межирічка трохи поступалася попередньому сорту за площею листової поверхні – 5,16 тис. $m^2/га$, цьому сорту також притаманне утворення значної кількості пагонів з великим коефіцієнтом облистяності, але найвище значення він мав на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 9,11 тис. $m^2/га$.

Починаючи з фази утворення генеративних органів кращі умови для формування площі листової поверхні були на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 0,69 тис. $m^2/га$. Дощі в перший критичний період розвитку культури та на початку бутонізації достатньо забезпечили рослини вологою. Серед сортів картоплі лідерство мав середньоранній сорт Межирічка – 21,13 тис. $m^2/га$ та, трохи поступався йому надранній сорт Радомисль, середньостиглий – Партнер мав найнижчі показники – 15,92 тис. $m^2/га$ та.

Після завершення цвітіння максимальні показники площі листової поверхні були відмічені на фоні мінерального живлення $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 29,01 тис. $m^2/га$ та, серед сортів лідерство тримав сорт Межирічка – 28,21 тис. $m^2/га$.

Найбільш інтенсивно збільшення площі листків відбувалося від сходів до початку цвітіння рослин. Даний процес залежав від дії додаткових елементів живлення у ґрунті. У раннього і середньораннього сортів картоплі Щедрик і Межирічка швидше листки росли на початкових фазах розвитку, до цвітіння. Тоді як у надраннього сорту Радомисль і середньостиглого Партнер активніше листки збільшувалися під час цвітіння. Максимальний приріст площі листової поверхні мав сорт Щедрик після сходів – 9,84 тис. $m^2/га$.

В умовах 2018 р. основним фактором, який визначав показники площі листової поверхні посівів картоплі був сорт (частка впливу 43,1-54,3 %), лише



після сході, коли пройшли дощі, 14,2 % впливу мали добрива.

В умовах помірно зволоженого 2019 р. у фазі сходів основним фактором, який визначав розвиток листової поверхні у сортів картоплі різних груп стиглості був сорт – частка впливу 46,4 %. В процесі подальшого розвитку рослин картоплі дія добрив підсилювалась і максимально цей фактор впливав на формування фотосинтетичної поверхні під час повного цвітіння рослин, навіть за відсутності на цей момент опадів і під впливом високих температур в цей період.

В умовах 2020 р. в першій половині вегетації картоплі біологічні особливості сортів, підсилені дією добрив, внесених під посіви, визначали показники площі листової поверхні посівів картоплі високих категорій (частка впливу 63,7%). Впродовж другої половини вегетації біологічний потенціал сортів забезпечував формування фотосинтетичного потенціалу посівів на 44,8-61,1%.

Висновки.

Таким чином, більшу площу листової поверхні в умовах північного Степу України формували сорт Щедрик ранньої та Межирічка середньоранньої групи стиглості. Максимально свій потенціал ці сорти використовували на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$, формуючи 25,30 тис. $m^2/га$ та 20,55 тис. $m^2/га$ листової поверхні відповідно.

В першій половині вегетації картоплі біологічні особливості сортів, підсилені дією добрив, внесених під посіви, визначали показники площі листової поверхні посівів картоплі високих категорій (частка впливу 63,7%). Впродовж другої половини вегетації біологічний потенціал сортів забезпечував формування фотосинтетичної поверхні посівів на 44,8-61,1 %.

Більшу площу листової поверхні формували сорти картоплі різних груп стиглості в умовах 2019 р. (у критичні для культури періоди погоднокліматичні умови були наближені до оптимальних) – 24,72-28,2 тис. $m^2/га$ та, до того ж внесення під посіви мінерального добрива нормою $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечувало максимальний показник – 29,02 тис. $m^2/га$ та.

Середні показники площі листової поверхні посівів картоплі різних груп стиглості у 2,5 рази були нижче за ті, що встановлені в районах традиційного вирощування картоплі – 40-45 тис. $m^2/га$. Прогнозована врожайні бульб картоплі високих категорій 13-19,5 т/га.

Література:

1. Бикін А. В., Кіщак В. М. Вплив добрив на показники фотосинтетичної діяльності посівів картоплі столової для насіннєвих цілей. *Наукові доповіді НУБіП України* (1). К., 2010. URL <http://elibrary.nubip.edu.ua>
2. *Картопля*: за ред. В. В. Кононученка, М. Я. Молоцького. Київ, 2002. Т. 1. С. 4–42.
3. *Картопля*: за ред. В. В. Кононученка, М. Я. Молоцького. Київ, 2002. Т. 3. С. 192–195.
4. Кучко А. А., Мицько В. М. Фізіологічні основи формування врожаю і якості картоплі. К.: Довіра, 1997. 126 с.



Abstract. Green leaves are main parts of the plants for photosynthesis, that's why while growing potatoes main attention should be paid to the optimal formation of leaf's square.

The potential of sorts of different groups of ripeness about leaf's square formation in the conditions of North steppe of Ukraine is not discovered well, also the climatic conditions which are changing rapidly influence not only on formation of productivity of the surface but also marks the productivity and the quality of potato crops. The seeding material of class elite is used in this experiment.

Most part of the leaf's surface square in the conditions of North steppe of Ukraine formed the sorts of early and mid-ripeness groups. The maximum potential sorts used on the background of mineral nutrition $N_{60}P_{60}K_{60}$, forming 20.55-25.30 thousand per square meter of leaf's surface.

In the first half of potatoes vegetation biological peculiarities of sorts, strengthened by fertilizers, marked the indicators of the leaf's surface square of high potatoes categories (part of effect 63.7%). During the second half of vegetation, biological potential of the sorts provided formation of photosynthesis surface of the crops 61,1-44,8 %.

Middle indicators of the leaf's surface square of the crops of the different sorts of ripeness's, which were discovered, were lower for 2.5 times then it's marked within traditional potato growing. Prognostic productivity of potato tubers of high categories 13-19,5 tons per hectare.

Key words: leaf's surface square, potato sorts of different groups of ripeness, North steppe of Ukraine. seeding potato.

Стаття відправлена: 17.12.2022 г.

© Соколовська І. М.



CONTENTS

Mechanical engineering and machinery

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-022> 3

SPECIFIC METHODS FOR THE DEVELOPMENT AND CONDUCT
OF AUDITORIUM LESSONS IN ROBOTIC DISCIPLINES

Alekseyenko S.V., Kadylnikova T.M., Dudnikov V.S.

Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-019> 11

OVERVIEW OF THE PROBLEMS OF REGULATORY PROVISION
FOR THE USE OF HYDROGEN AND HYDROGEN-NATURAL
GAS BLENDS IN INDUSTRY

Soroka N.-A. Yu. , Karpash M. O.

Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-013> 28

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY GASES IN HIGH VOLTAGE
ELECTRICAL INSTALLATIONS

Kyryk V.V., Vovchynskyi D.O.

Mining engineering. Metallurgy

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-029> 34

BRIEF DESCRIPTION OF RADIO-THERMAL IMAGING
TECHNOLOGIES IN GEOLOGY ON THE EXAMPLE OF OIL
AND GAS CONDENSATE FIELDS

Stepchenko V.N., Rodna V.A., Bagryantsev V.A., Shel V.A.

Animal products. Cereals and grain. Milling industry

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-011> 41

YOUTH NUTRITION KNOWLEDGE AND FOOD SECURITY

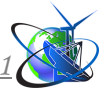
Piddubniy V. A., Tarasiuk H. M., Chahaida A. O.

Industrial engineering. Management engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-025> 47

MATHEMATICAL SIMULATION OF FUELS PRODUCTION
PROCESSES BASED ON WATER-OIL EMULSION BY
HYDRODYNAMIC CAVITATION METHOD

*Obodovych O.M., Ivanytsky G.K., Tselen B. Ya
Radchenko N.L., Nedbailo A.Y., Shulyak V.V.*



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-026> 56

IDENTIFYING FACTORS INFLUENCING FALLS FROM HEIGHTS

Mircea SĂRĂCUȚ, Gabriela MARINOAICA, Nicolae ILIAȘ

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-035> 66

CONSTRUCTING LINEARIZED EQUATIONS AND CALCULATING THEIR COEFFICIENTS ON THE EXAMPLE OF A GAS TURBINE ENGINE AS A PART OF ELECTRIC GENERATOR DRIVE

Sytnik O.O., Protasov S.Yu., Klyuchka K.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-036> 73

STRUCTURE OF THE CONTROL SYSTEM OF AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT OF VARIABLE CONFIGURATION

Ashchepkova N.S., Koshevoy N.D.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-037> 81

CONSTRUCTION FEATURES OF HARDWARE AND SOFTWARE FOR THE PROTECTION OF THE PHYSICAL PERIMETER OF THE ROOM

Ostapets Y.D., Dzuba V.V.

Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-009> 87

THE AIRPORT AS A TECHNOLOGICAL CLUSTER FOR THE FORMATION OF TRANSPORT SERVICES

*Lyamzin A. , Ukrainskyi Y., Bahrii M.
Chaika N. , Ukrainska T.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-027> 91

MANAGEMENT OF EXPORT FLOWS IN CONDITIONS OF INCREASED RISK

Kirkin O.P., Kirkina T.Y., Kirilchenko S.M., Kotlyarov O.O.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-028> 95

MULTIMODAL TRANSPORTATION IN CONDITIONS OF STOCHASTIC INFLUENCE OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT

Kirkin O.P., Kirkina T.Y., Lenskiy I.A., Cincin S.O.

Innovations in agriculture, biology

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-003> 99

THE SIGNIFICANCE OF VETERINARY SANITATION AND THE EFFECT OF PREVENTIVE MEASURES ON THE HEALTH OF FARM ANIMALS

Yaremchuk O.S., Varpikhovskyi R. L.



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-005>

110

MICROCLIMATE PARAMETERS AT DIFFERENT WAYS OF
KEEPING FATTENING YOUNG STOCK

Pikula O.A.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit24-01-015>

125

FORMATION OF THE LEAVE'S SURFACE SQUARE IF SEEDING
POTATO OF DIFFERENT GROUPS OF RIPENESS DEPENDING ON
CONDITIONS OF GROWING

Sokolovska I. M.



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 87.25)

Issue №24
Part 1
December 2022

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: December 30, 2022

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

Articles published in the author's edition





www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de