



PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Collective monograph

ISBN 979-8-88862-820-1

DOI 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1

BOSTON(USA)-2023

ISBN – 979-8-88862-820-1

DOI – 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1

*Prospective directions of scientific
research in engineering and
agriculture*

Collective monograph

Boston 2023

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN – 979-8-88862-820-1

DOI – 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1

Authors – Hladyshev D., Hnat H., Lemeshev M., Bereziuk O., Stadnijschuk M., Василенко О., Єрмакова С., Танірвердієв А., Вовк Л., Денисова А., Вечірко В., Нікульшин В., Височин В., Андрющенко А., Altukhova T., Kuzmin D., Tkachenko M., Nikolaienko A., Сачанюк-Кавецька Н., Кириченко О.С., Hlovyn N., Pavliv O., Saiko V., Narytnyk T., Kryvolarov Y., Ковшар В., Калюжний М., Задонський О., Галкин С., Үмбетова М., Үмбетов Ә., Бернацький А., Сіора О., Лукашенко В., Шамсутдінова Н., Сіора І., Пімонов І., Шевченко В., Fialko N., Navrodska R., Shevchuk S., Gnedash G., Kovalenko T., Matiko H., Рубель А., Кураєва А., Вискуб Р., Вінюков О., Бондарева О., Коробова О., Чугрій Г., Завгородній М., Дерев'янку Н., Кобець О., Яковлева-Носарь С., Бойко Т., Котовська Ю., Kuzmin O., Stukalska N., Fomenko A., Raiskyi M., Dudarev I., Shevchenko O., Khareba V., Khareba O., Kuzmin O., Pavliuchenko O. Vatrengo O., Kyrylov V., Gavva O. Гончарова І., Хохлов А.

REVIEWER

Ivan Katerynychuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Worker of Education of Ukraine, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Professor of the Department of Telecommunication and Information Systems of Bohdan Khmelnytskyi National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine.

Kostiantyn Dolia – Doctor of Engineering, Department of automobile and transport infrastructure, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”.

Published by Primedia eLaunch

<https://primediaelance.com/>

Text Copyright © 2023 by the International Science Group(isg-konf.com) and authors.

Illustrations © 2023 by the International Science Group and authors.

Cover design: International Science Group(isg-konf.com). ©

Cover art: International Science Group(isg-konf.com). ©

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe and Ukraine. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science.

The recommended citation for this publication is:

Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture: collective monograph / Hladyshev D., Hnat H. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2023. 464 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

TABLE OF CONTENTS

1. ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION		
1.1	Hladyshev D. ¹ , Hnat H. ¹ RECONSTRUCTION OF THE INDUSTRIAL BUILDING UNDER THE BOILER HOUSE ¹ Department of architectural design and engineering, Lviv Polytechnic National University	10
1.2	Lemeshev M. ¹ , Bereziuk O. ² , Stadnijtschuk M. ¹ USE OF INDUSTRIAL WASTE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY ¹ Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University ² Department Security of Life and Pedagogic of Security, Vinnytsia National Technical University	19
1.3	Василенко О. ¹ , Єрмакова С. ² , Танірвердієв А. ¹ СИНЕРГЕТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ СВІТЛОВИХ ЗАСОБІВ ¹ Кафедра дизайну архітектурного середовища, Одеської державної академії будівництва та архітектури, ² Кафедра філософії, Одеської державної академії будівництва та архітектури	25
1.4	Вовк Л. ¹ ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІНИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ТА ВПЛИВ НА НИХ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВОГО СТОКУ ¹ Національний університет «Львівська політехніка», кафедра гідротехніки та водної інженерії	36
2. CHEMICAL TECHNOLOGIES		
2.1	Денисова А. ¹ , Вечірко В. ¹ , Нікульшин В. ¹ , Височин В. ¹ , Андрющенко А. ¹ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ¹ Theoretical, general and nonconventional power engineering department, Notational University «Odesa Polytechnic», Odesa, Ukraine	46
3. COMPUTER SCIENCE		
3.1	Altukhova T. ¹ COMPUTER MODELING OF THE SYSTEM OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ELECTRIC MOTORS WITH THE USE OF PETRI NETS ¹ Department of Applied Mathematics and Informatics, State Higher Educational Establishment "Donetsk National Technical University", Lutsk, Ukraine	54

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

3.2	<p>Kuzmin D.¹, Tkachenko M.², Nikolaienko A.²</p> <p>VISUALIZATION AND ANALYSIS OF SORTING ALGORITHMS</p> <p>¹ Faculty of Information Technology, Taras Shevchenko National University of Kyiv</p> <p>² Department of Software Systems and Technologies, Taras Shevchenko National University of Kyiv</p>	74
3.3	<p>Martsenyuk V.¹, Sverstyuk A.², Andrushchak I.³, Matviiv Y.³, Rechun O.³</p> <p>ENSURING INFORMATION SECURITY BASIC COMPONENTS OF ACCESS CONTROL</p> <p>¹ University of Bielsko-Biala</p> <p>² I. Horbachevsky Ternopil National Medical University</p> <p>³ Lutsk National Technical University</p>	82
3.4	<p>Сачанюк-Кавецька Н.¹</p> <p>ЧАСОВА ЗМІННА В ЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЯХ</p> <p>¹ кафедра вищої математики, Вінницький національний технічний університет</p>	91
4.	ELECTRICAL ENGINEERING	
4.1	<p>Кириченко О.С.¹</p> <p>ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ МОДУЛІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ</p> <p>¹ Кафедра електрообладнання та автоматики водного транспорту, Київський інститут водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій</p>	121
5.	GENERAL AGRICULTURE	
5.1	<p>Hlovyn N.¹, Pavliv O.¹</p> <p>ECOLOGICAL ASPECTS OF THE ANALYSIS OF THE ACTIVITY OF THE ORGANIC FORM ENTERPRISE OF THE EASTERN OPILLIA</p> <p>¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine “Berezhany Agrotechnical Institute”</p>	164
6.	INNOVATIVE TECHNOLOGIES	
6.1	<p>Saiko V.¹, Narytnyk T.², Kryvolapov Y.¹</p> <p>METHOD AND ALGORITHMS OF CONSTRUCTION OF HIGH-RELIABILITY TERAHERTZ CHANNEL INFRASTRUCTURE FOR 5G MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS</p> <p>¹ Dept. of Applied Information Systems, Taras Shevchenko National University of Kyiv</p> <p>² Institute of Electronics and Communication of the Ukrainian Academy of Sciences</p>	175

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

6.2	Ковшар В. ¹ , Калюжний М. ¹ , Задонський О. ¹ , Галкин С. ¹ РОЗРОБКА ПРОСТОРОВО-ЧАСТОТНО-ЧАСОВОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ РЕГІОНАЛЬНИМИ ПІДСИСТЕМАМИ ¹ Харківський національний університету радіоелектроніки	188
6.2.1	ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ РЕГІОНАЛЬНИМИ ПІДСИСТЕМАМИ І ЗАСОБАМИ РАДІОКОНТРОЛЮ	189
6.2.2	РОЗРОБКА ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ПІДСИСТЕМ	202
6.3	Росінський Я.А., Неміріч О.В., Ройко О.М., Ястреба С.П., Подобій О.В. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПАСТОПОДІБНОГО НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ СУШЕНОЇ ТВАРИННОЇ І РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	215
6.4	Үмбетова М. ¹ , Үмбетов Ө. ² БІРЛЕСІП ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ БАСТАУЫШ СЫНЫП МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ СЫНДАРЛЫ ДАҒДЫЛАРЫН ДАМЫТУ ҚҰРЫЛЫМЫ ¹ Астана Халықаралық университетінің Педагогика және психология факультеті ² Арқалық педагогикалық институтының жаратылыстану және ақпараттандыру факультеті	231
7.	MECHANICAL ENGINEERING	
7.1	Бернацький А. ¹ , Сіора О. ¹ , Лукашенко В. ¹ , Шамсутдінова Н. ¹ , Сіора І. ² ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЛЕГУВАННЯ ПОВЕРХНІ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ ¹ Відділ «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України ² Відділ біомедичних проблем поверхні, Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка, Національної академії наук України	239
7.2	Пімонов І. ¹ , Шевченко В. ¹ ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ДОВГОВІЧНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ БУДІВЕЛЬНИХ І ДОРОЖНІХ МАШИН ¹ Кафедра будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно- дорожній університет	245

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

8.	METALLURGY AND ENERGY	
8.1	<p>Fialko N.¹, Navrodska R.¹, Shevchuk S.¹, Gnedash G.¹</p> <p>EFFICIENCY OF AIR HEAT-RECOVERY EQUIPMENT FOR GLASS FURNACES</p> <p>¹ Department of Thermophysics of Energy Efficient Heat Technologies, Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv</p>	256
8.2	<p>Kovalenko T.¹, Matiko H.¹</p> <p>PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF WIND ENERGY IN CARPATHIAN REGION OF UKRAINE IN THE POST-WAR PERIOD</p> <p>¹ Department of Heat Engineering and Thermal and Nuclear Power Plants, Lviv Polytechnic National University</p>	266
8.3	<p>Рубель А.¹, Кураєва А.²</p> <p>ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ РІЗНИХ ТИПІВ КОНСТРУКЦІЙ АРМУВАННЯ СТОВБУРА І ПІДЙОМНИХ ПОСУДИН</p> <p>¹ ДП «ОК «Укрвуглереструктуризація», м. Київ ² ООО «Пфайзер Україна», м. Київ</p>	277
9.	PLANT GROWING	
9.1	<p>Вискуб Р.¹, Вінюков О.¹, Бондарева О.¹, Коробова О.¹, Чугрій Г.¹</p> <p>РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ СВІТОВОЇ КОЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО ХВОРОБ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ</p> <p>¹ Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України</p>	292
9.2	<p>Завгородній М.¹, Дерев'янку Н.¹, Кобець О.¹, Яковлева-Носарь С.¹</p> <p>ДЕКОРАТИВНІ РОСЛИНИ ЗА ДІЇ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН</p> <p>¹ Кафедра садово-паркового господарства, Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія, м. Запоріжжя, Україна</p>	310
9.2.1	РОСТРЕГУЛЯТОРИ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН	310
9.2.1.1	СУЧАСНІ РОСТРЕГУЛЯТОРИ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН	310
9.2.1.1.2	СУЧАСНІ НАПРЯМИ МОДИФІКАЦІЇ НІТРОГЕНВМІСНИХ ГЕТЕРОЦИКЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БІОРЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН	313
9.2.1.1.3	БУРШТИНОВА КИСЛОТА ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН	314

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

9.2.2	МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ НОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН	316
9.2.2.1	МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУВАЛИСЯ В РОБОТІ	316
9.2.2.2	ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН	317
9.2.3	ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН	320
9.2.3.1	ОЦІНКА ВПЛИВУ РОСТРЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ ГЕТЕРИЛКАРБОНОВИХ КИСЛОТ НА РОЗВИТОК КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КВІТІВ	320
9.2.3.2	ОЦІНКА ВПЛИВУ НА РИЗОГЕНЕЗ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН	324
9.2.3.3	ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН РОДУ <i>CROCUS</i> НА ОСНОВІ S-ГЕТЕРИЛСУКЦИНАТУ	332
9.2.3.4	ПОРІВНЯННЯ ДІЇ ТРАДИЦІЙНИХ І СИНТЕЗОВАНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ТА ВЕГЕТАТИВНІ ОРГАНИ ПРОРОСТКІВ <i>IMPATIENS BALSAMINA</i>	334
9.2.3.4.1	ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ БАЛЬЗАМІНУ	334
9.2.3.4.2	ВПЛИВ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ <i>IMPATIENS BALSAMINA</i>	337
9.2.4.1	ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ХІНОЛІН-БУРШТИНОВОЇ КИСЛОТИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ САДОВИХ ФОРМ <i>THUJA OCCIDENTALIS L.</i> ТА <i>PLATYCLADUS ORIENTALIS (L.) FRANCO</i>	339
10. SUBTROPICAL CROPS		
10.1	Бойко Т. ¹ , Котовська Ю. ¹ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ СУБСТРАТУ ДЛЯ УКОРІНЕННЯ ЖИВЦІВ ЦИТРУСОВИХ В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ ¹ Херсонський державний аграрно-економічний університет	346
11. TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS		
11.1	Kuzmin O. ¹ , Stukalska N. ¹ , Fomenko A. ² , Raiskyi M. ² , Dudarev I. ² STUDY OF THE ANTIOXIDANT CAPACITY OF WATER-ALCOHOL INFUSIONS OF COFFEE SUBSTITUTES WITH IMPROVED TECHNOLOGY OF SYRUPS ¹ Department of Technology of Restaurant and Ayurvedic Products, ² Faculty of Hotel-Restaurant and Tourism Business named after Prof. V.F. Dotsenko, National University of Food Technologies	358

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

11.2	Shevchenko O. ¹ , Khareba V. ² , Khareba O. ² , Kuzmin O. ¹ , Pavliuchenko O. ¹ ANTIOXIDANT CHARACTERISTICS OF UNCOMMON TYPES OF VEGETABLE PLANTS FOR RESTAURANT TECHNOLOGY ¹ National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine ² National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine	367
11.3	Vatrenko O. ¹ VACUUM-CAPS MEMBRANES' ¹ Department of Low-Temperature Equipment and Engineering Mechanics, Odesa National University of Technology	376
11.3.1	СТАН СИСТЕМИ ЗАКУПОРЮВАННЯ КОНСЕРВІВ У СКЛЯНІЙ ТАРИ ПІД ЧАС ЇХНЬОГО ЗБЕРІГАННЯ	376
11.3.2	ОСОБЛИВОСТІ ЗАКУПОРЮВАННЯ СКЛЯНОЇ ТАРИ	382
11.3.3	МЕМБРАН КРИШОК КОНСЕРВНОЇ СКЛЯНОЇ ТАРИ. ОБІРУНТУВАННЯ ЇХ РОБОТИ	389
11.3.4	МЕМБРАНИ ВАКУУМНИХ КРИШОК. МОДЕЛЮВАННЯ ЇХ РОБОТИ	396
11.3.5	Vatrenko O. ¹ , Kyrylov V. ¹ , Gavva O. ² VACUUM-CAPS MEMBRANES' EQUILIBRIUM STATE FORMS BASED ON THE ENERGY CRITERION ¹ Odesa National Academy of Food Technologies, Odesa, Ukraine ² National University of Food Technolog, Kyiv, Ukraine	407
12.	ZOOTECHNICS	
12.1	Гончарова І. ¹ , Хохлов А. ¹ ВИРОЩУВАННЯ РЕМОНТНИХ ТЕЛИЦЬ М'ЯСНИХ ПОРІД ¹ Державний біотехнологічний університет	421
	REFERENCES	430

SECTION 1. ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.1.1

1.1 Reconstruction of the industrial building under the boiler house

In recent years and in the near future, the main directions of structural reorganization of industrial construction are the expansion and reconstruction of existing industrial facilities [1, 2, 3]. Also, in connection with the modern trend of technical re-equipment of industrial enterprises, there is a need to reconstruct the buildings and structures in which they are located. Reconstruction involves rebuilding a building with the aim of partially or completely changing its functional purpose. Reconstruction of existing buildings is associated with improvement of production, improvement of operating conditions, change of basic technical and economic indicators, etc., which is accompanied by strengthening of structural elements of these buildings.

This study examines one of these buildings - an industrial building located on the territory of the former house-building plant #2 in the village of Murovane of the Lviv region. The building under investigation is attached to the existing building of warehouses and is located in a complex that is to be reconstructed into a logistics center (Fig. 1). The new functional purpose of the investigated building is a boiler house.

According to the structural scheme, the investigated building belongs to buildings with a mixed frame with hanging wall panels (Fig. 2, 3). The main step of the columns along the axis "G" is 6.0 m. Along the axis "D/1" between the axes "17/1-20" the step of the columns is 6.0+3.0 m, between the axes "13-17/1" - a brick wall with a thickness of 380 mm with pilasters located at a step of 6.0 m. The span of the building is 18.0 m. The building is one-story with dimensions in the axes of 38.52×18.0 m. The height to the bottom of the covering slabs is 4.46 m.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

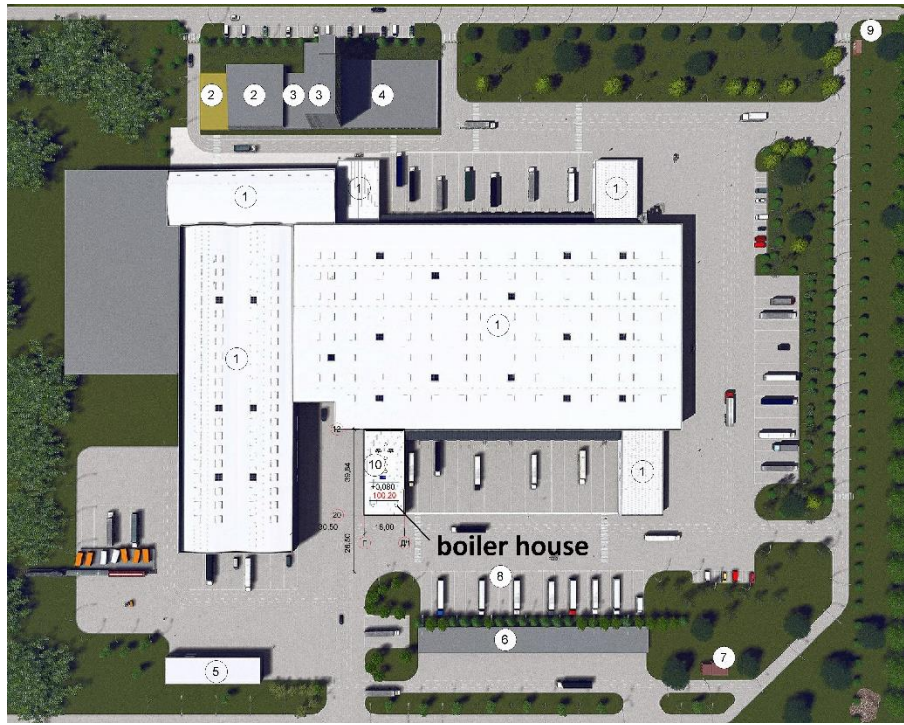


Figure 1. Scheme of the master plan of the logistics center



Figure 2. View of the facades of the existing building



Figure 3. View of the existing building from the inside

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

The existing columns in axes "13-20" along axis "G" are solid reinforced concrete, with a section of 300×400 mm. The columns in the axes "17/1-20" along the axis "D/1" are solid reinforced concrete, with a section of 400×400 mm. In the axes "13-17/1" along the axis "D/1" instead of columns, there is a brick wall with pilasters, which are made with a step of 6.0 m. Reinforced concrete beams with a section of 250×600 mm rest on the columns and pilasters. In the axes "19-20" along the "G" axis and "17-17/1", "18/1-20" along the "D/1" axis, metal beams 60B1 are installed instead of reinforced concrete beams. Pre-tensioned 1ПГ18-2AyT slabs, 3.0×18.0 m in plan size, were used as a covering. The external walls are made of hinged expanded clay concrete wall panels with a thickness of 240 mm.

In order to make a decision on the possibility of reconstruction, a technical inspection of the building was carried out in accordance with regulatory requirements [4]. Reconstruction according to the new functional purpose [5] involves the re-planning of the premises using new equipment, the installation of new equipment with the arrangement of foundations for it, the arrangement of floors, the replacement of windows and doors, the insulation of external walls (Figs. 4, 5, 6).

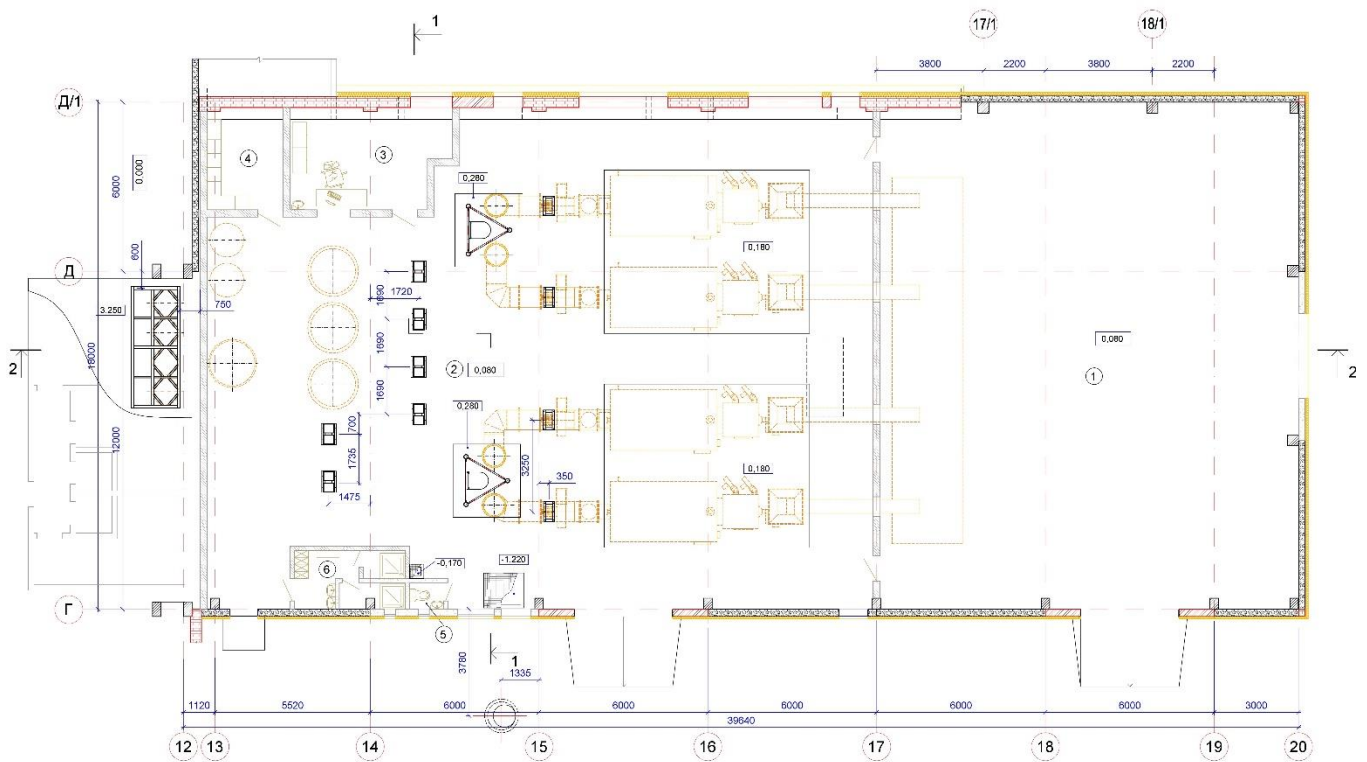


Figure 4. Plan of the boiler house after reconstruction

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

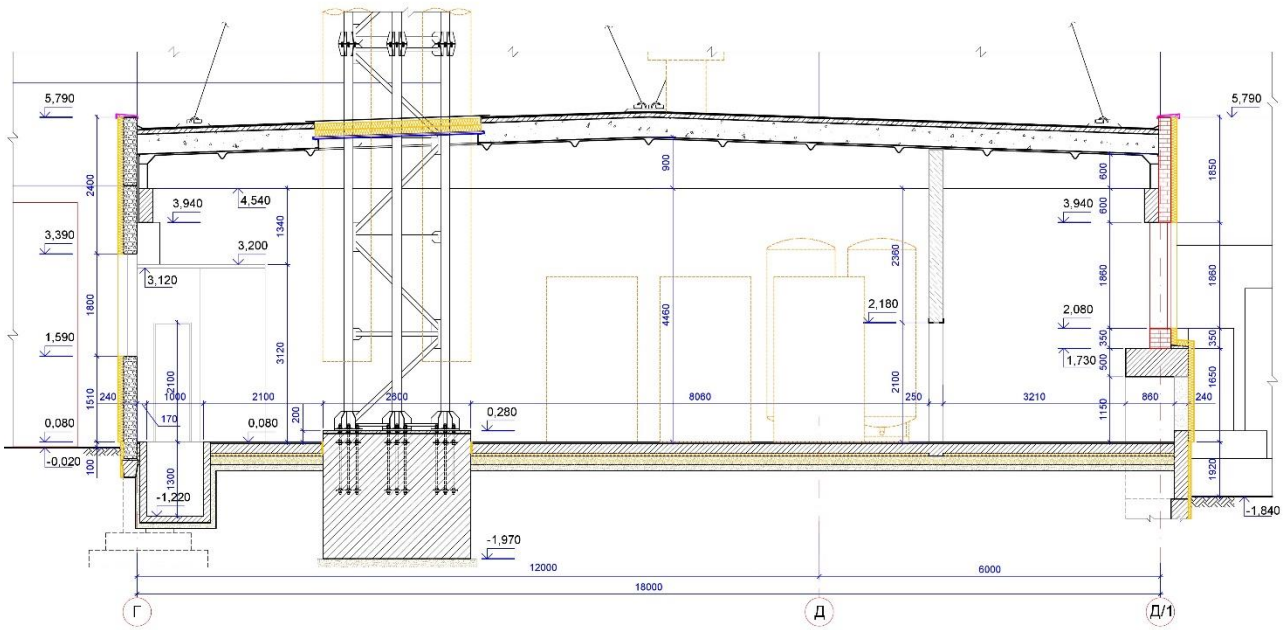


Figure 5. Cross-section of the building after reconstruction "1-1"

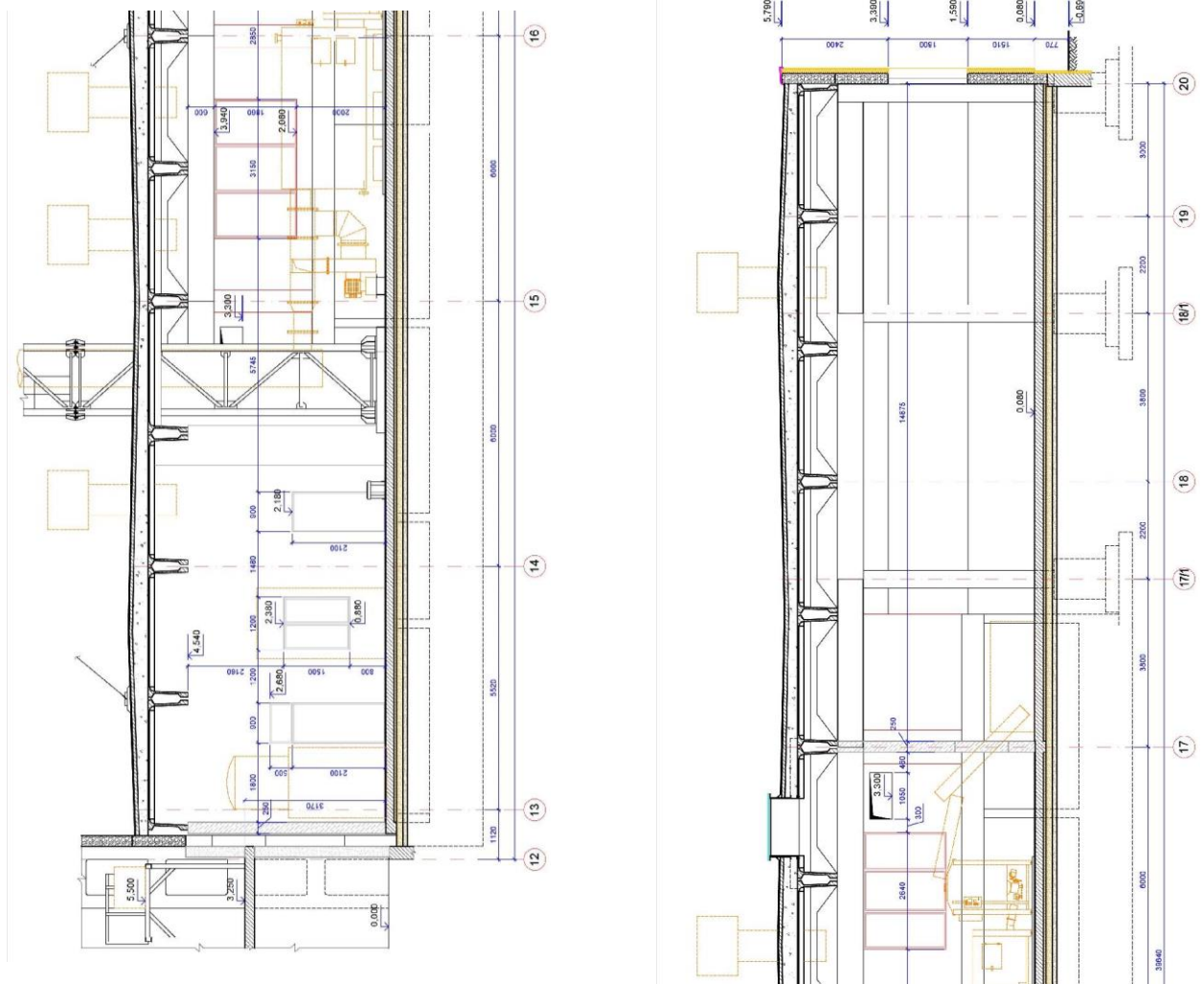


Figure 6. Longitudinal section of the building after reconstruction "2-2"

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

In the process of re-planning, the following rooms are provided: boiler room, wood chip warehouse, operator's boiler room, technical room of the boiler room, a bathroom and a shower room with a changing room.

The reconstruction envisages the installation of four solid fuel boilers with a capacity of 1.5 MW each. For them, two slab reinforced concrete foundations have been designed, the size of which is 5800×7300 mm and the thickness is 500 mm.

To remove combustion products from the boilers, four (one per boiler) insulated smoke pipes with an outer diameter of $D=800$ mm and a height of $H=21.0$ m are provided. It was decided to use a truss type of pipe arrangement. For this purpose, two three-dimensional spatial lattice towers (Fig. 7) were designed, which rest on designed columnar foundations, with a plan size of 2400×2600 mm and a height of 2200 mm (taking into account the large layer of loose soil). One lattice tower is provided for two smoke pipes.

Taking into account the manufacturing, transportation and installation technology, the tower is designed from three sections, each 6800 mm high, which are connected to each other with high-strength bolts (Fig. 8). The tower belts are made of seamless pipe $\varnothing 159 \times 8$ for the lower section, $\varnothing 159 \times 6$ for the middle and upper sections. The braces are made of closed welded rectangular (80×60×5) and square (50×50×5) profiles. In the middle and upper sections, service ladders are provided, which are placed inside the triangular tower. The spatial lattice tower is connected to the designed foundation using anchor bolts $\varnothing 30$ mm (Fig. 10, 11). To reduce the horizontal movements of the towers, rope tensioners are designed (three tensioners per tower), which are fixed to the ribs of the covering slabs (Fig. 9).

For the passage of smoke pipes and spatial lattice towers, holes of 1.85×2.8 m are made in the covering plates. Also, a 1.3×2.8 m hole was made in one slab for the installation of an anti-aircraft smoke removal lantern. These holes are reinforced with metal frames, which are located on top of the covering plates and rest on their edges (Fig. 12).

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

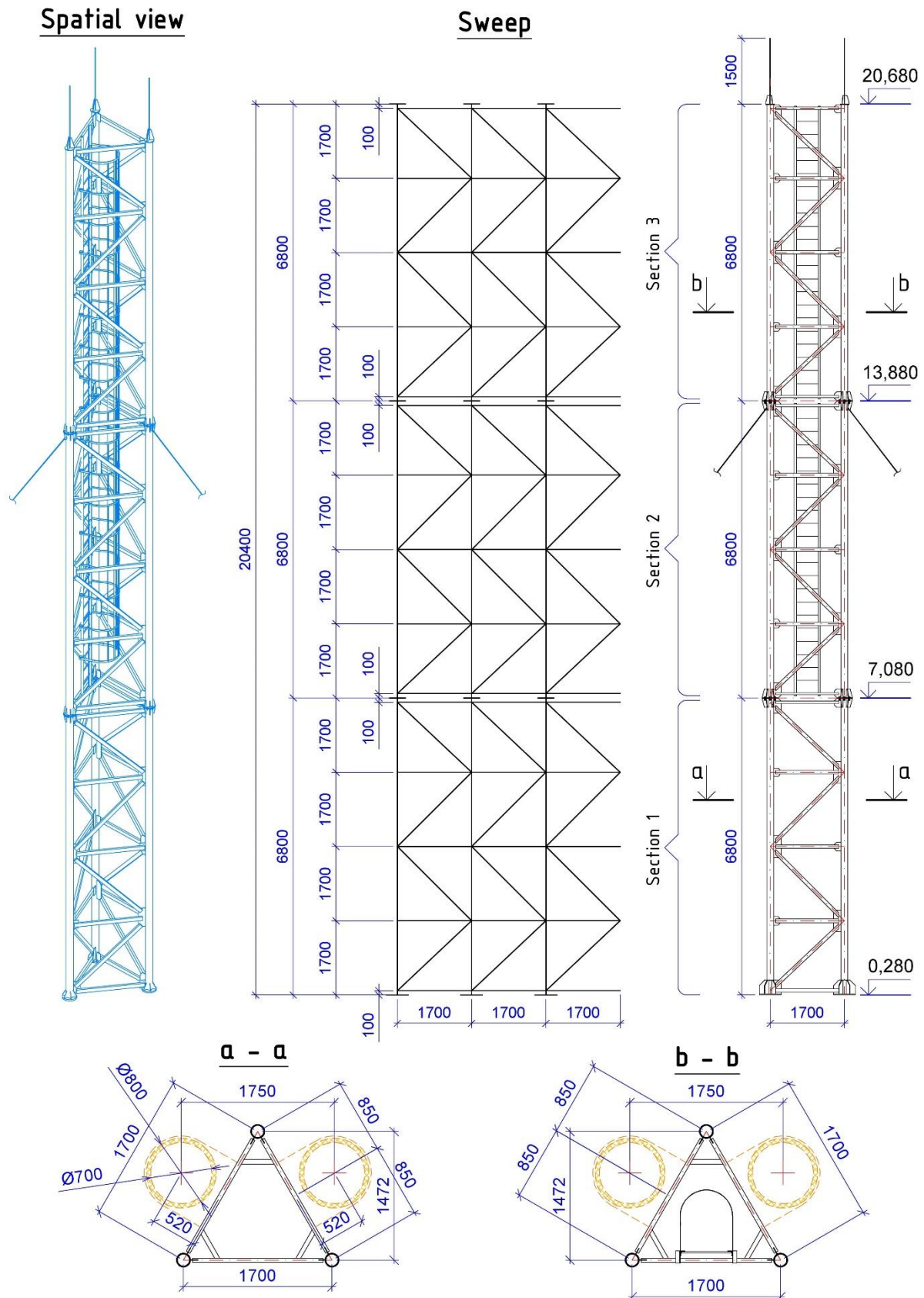


Figure 7. Spatial lattice tower for pipes

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

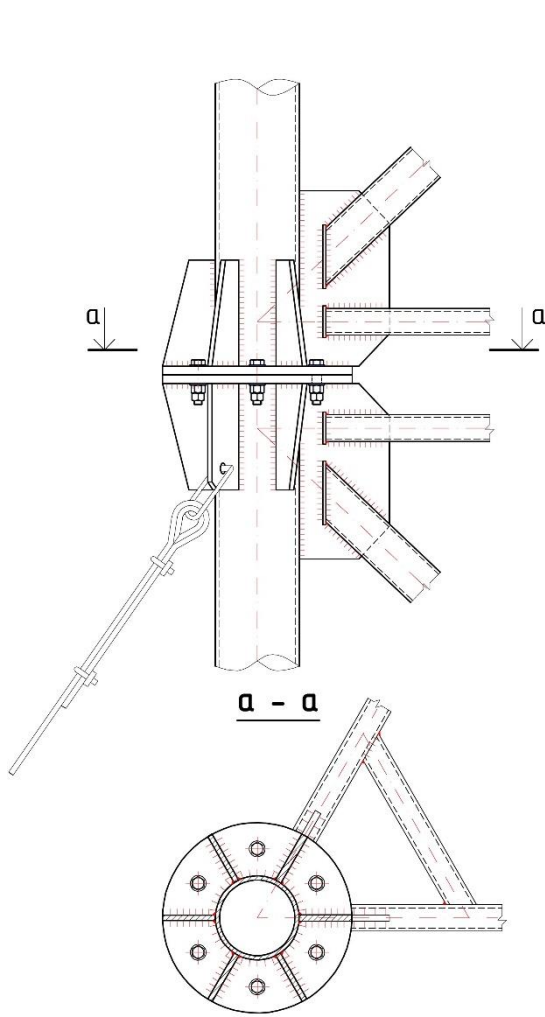


Figure 8. The node of the combination of sections of the lattice tower

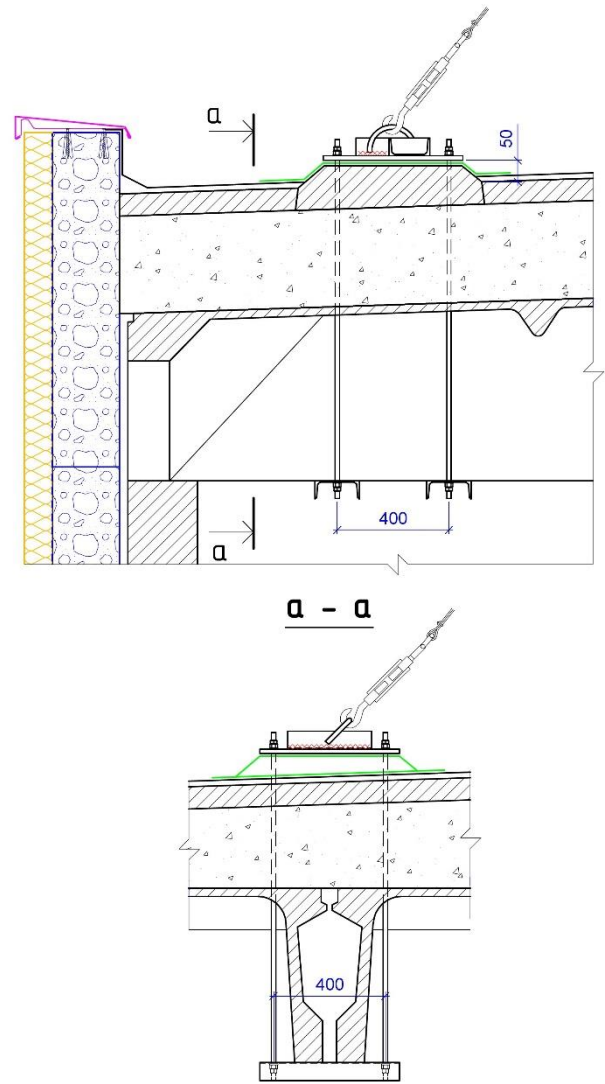


Figure 9. The unit for fastening the braces to the covering plates

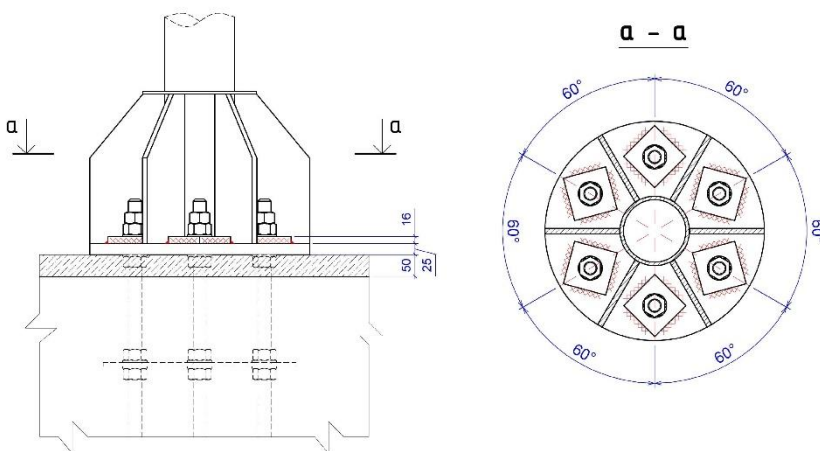


Figure 10. The junction of the tower section to the foundation

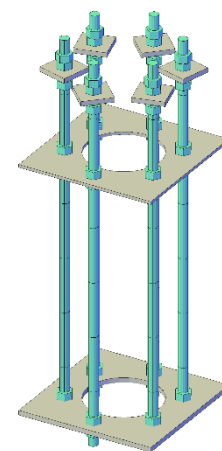


Figure 11. Block of anchor bolts

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

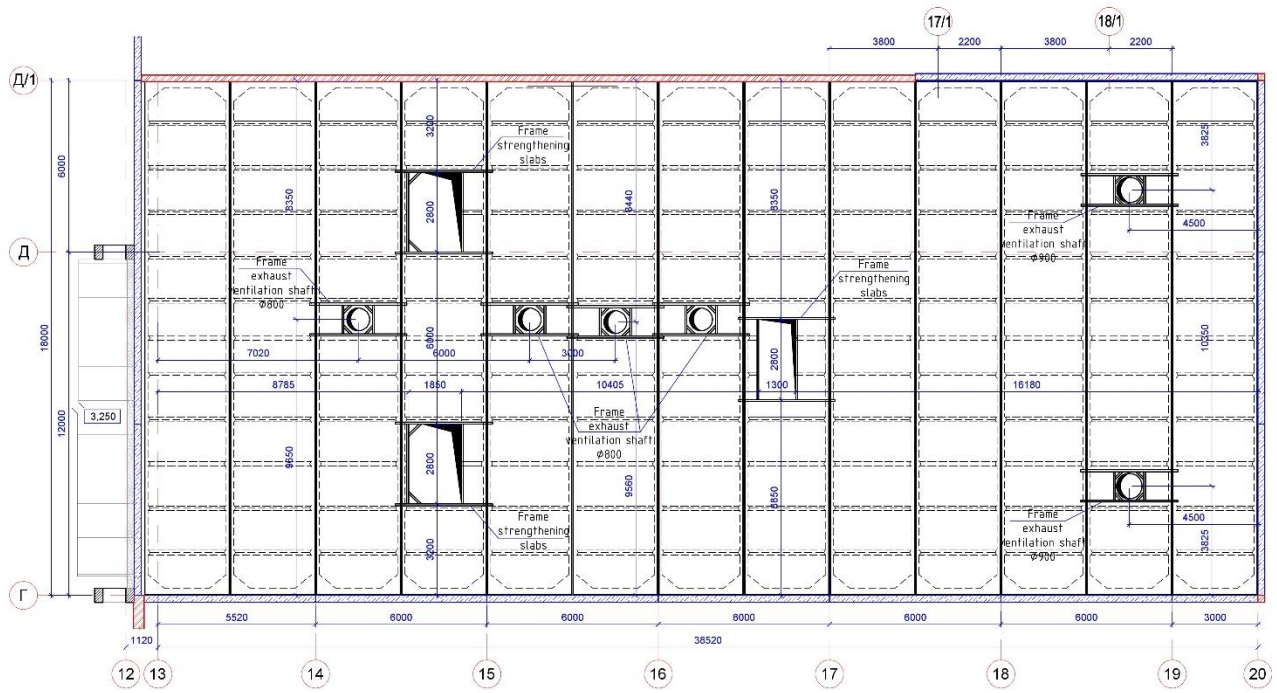


Figure 12. Scheme of the location of holes in the covering plates and their reinforcement elements

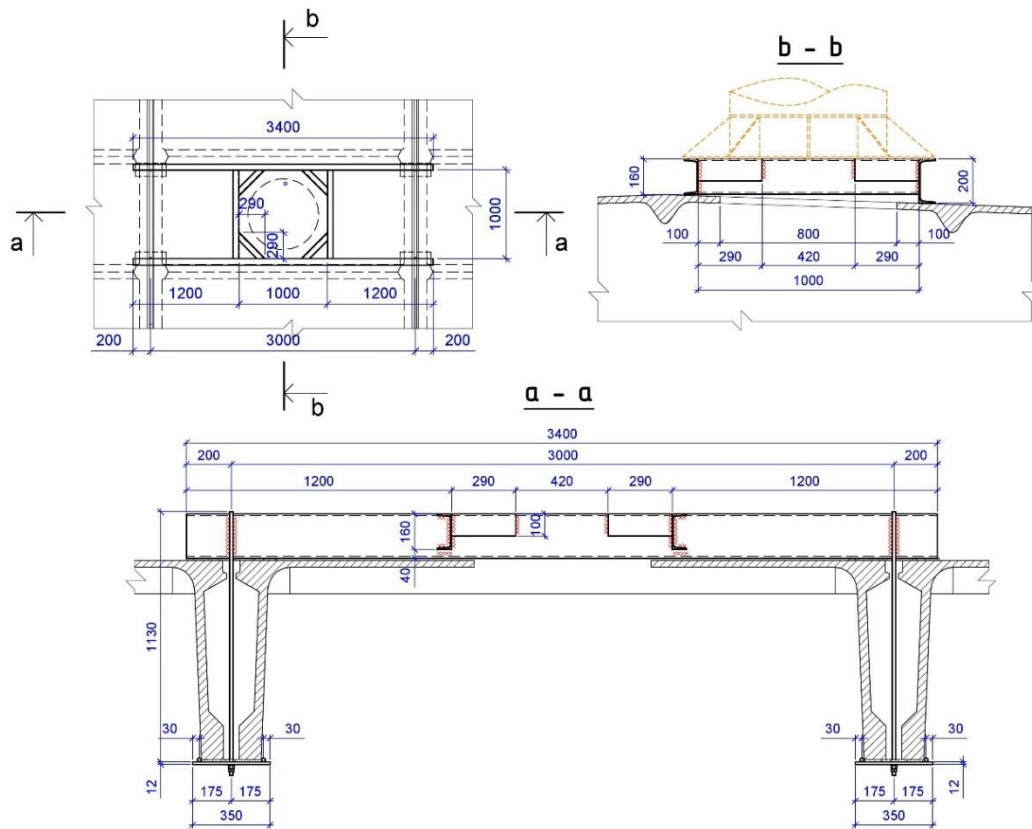
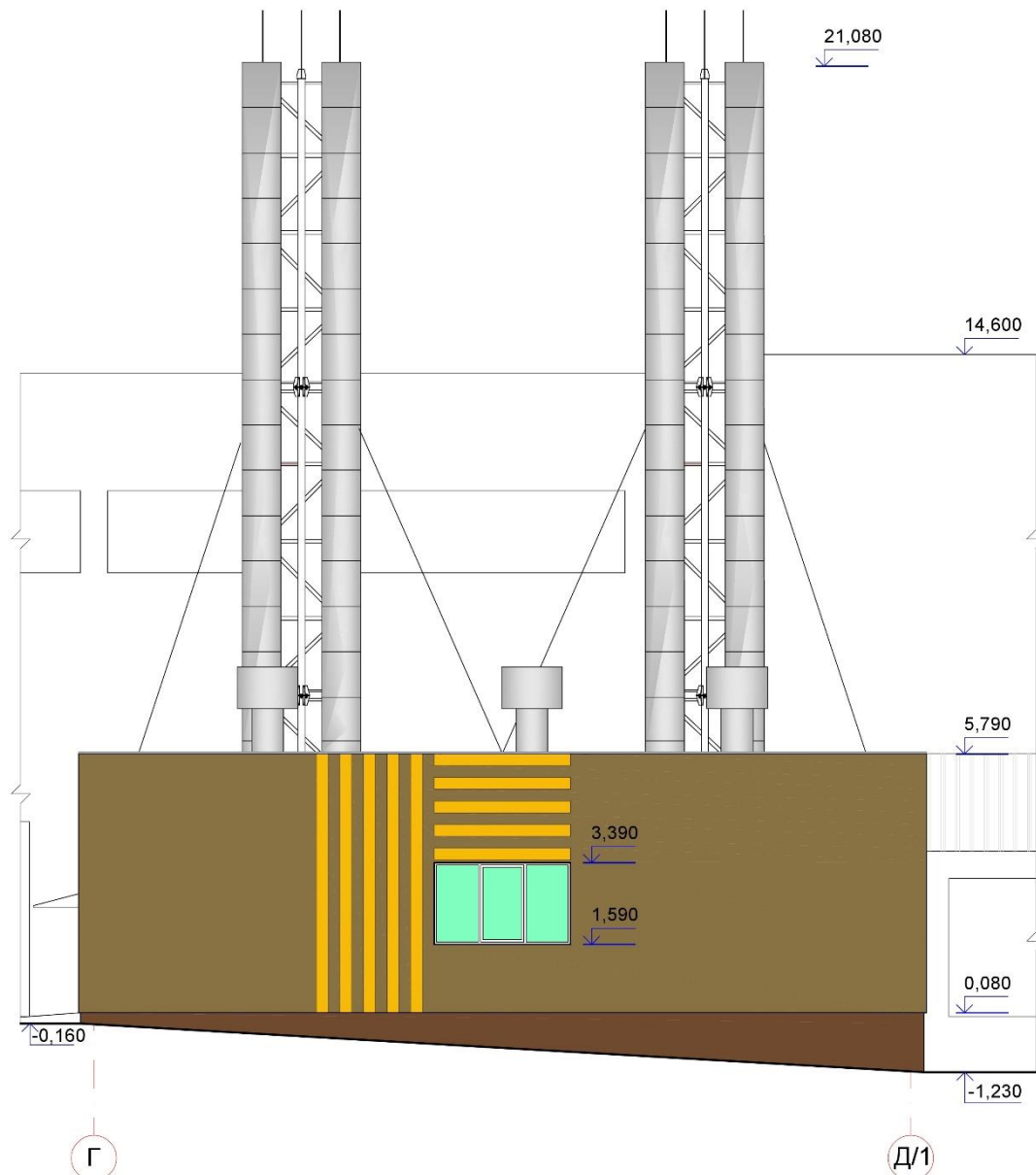


Figure 13. Frame for supporting ventilation shafts

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

For the passage of exhaust ventilation shafts, holes of $\varnothing 800$ mm and $\varnothing 900$ mm are made in the covering plates (between the transverse ribs). Additional frames are designed to support the exhaust shafts, which are located on top of the covering plates and rest and are fixed on their ribs (Fig. 12, 13).

Also, within the framework of the reconstruction, a full range of works, provided for such buildings, was performed. The proposed and implemented version of the reconstruction of the industrial building (Fig. 14) met all the requirements and can be used in the reconstruction of similar buildings.



1.2 Use of industrial waste in the construction industry

According to the latest data from environmentalists, Ukraine leads Europe in terms of waste accumulation. Indicators of waste generation and accumulation in Ukraine testify to the threatening environmental situation in the state. According to the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, about 35-36 billion tons of waste have been accumulated in our country, which occupy approximately 7% of the territory. Of these 35-36 billion tons, about 2.6 billion tons are highly toxic waste. It should be noted that each Ukrainian now accounts for more than 750 tons of waste. Every year in Ukraine, from 670 to 770 million tons are generated, while only 30% of industrial and 4% of household waste are utilized [6-10].

Industrial waste and household waste are one of the most significant factors of environmental pollution and the negative impact on virtually all of its components. Infiltration of household and man-caused industrial waste disposal sites, burning waste heaps, dust formation, and other factors that cause the migration of toxic substances lead to pollution of ground and surface waters, deterioration of atmospheric air, land resources, etc. [11-14].

Future prospects for the development of enterprises in the building materials industry are at the stage of a radical reassessment due to the acute shortage of energy resources. To solve the problems of reducing the cost of the final product of construction and reducing the cost of raw materials, fuel and energy and other resources, a special role is given to expanding the use of both industrial and household waste [15-17].

The problems of formation and rational use of waste, as a component of resource saving and greening of production, are devoted to many scientific works. However, the lack of research on this issue causes a number of problems in the use of industrial and municipal solid waste and necessitates further research in this direction.

The "Laboratory of resource-saving technologies and special concretes" of Vinnitsa National Technical University (VNTU) conducts research on the integrated processing of phosphogypsum waste, fly ash, red bauxite and metal helmets, as well as

municipal solid waste. The purpose of these studies is to develop a new waste-free technology for processing industrial waste with the subsequent production of an effective low-clinker binder and special-purpose building materials.

The task of increasing the strength of building products can be solved by effective traditional technological methods - through the use of complex chemical and active mineral additives. But if the use of active natural mineral additives in the composition of raw mixtures requires additional costs for their production, then 12 thermal power plants operated in Ukraine annually send 10 million tons of fly ash to dumps. The proportion of the use of such raw materials of technogenic origin by domestic enterprises of building materials is 5-8 times less than in foreign countries [18-19].

Fly ash is a finely dispersed material, consisting, as a rule, of particles ranging in size from a fraction of a micron to 0.14 mm. 100 μm [20].

In works [20-21], the authors found that the main components of ash - SiO_2 , Al_2O_3 are predominantly in the form of vitreous phases. As a result of the research, it was found that the activity of ash increases with an increase in the content of vitreous phases.

One of the promising research areas of VNTU is the activation of ash and slag waste for their further use in the production of building materials. In our opinion, the chemical activation of fly ash with acidic phosphogypsum residues or alkaline red mud is the least energy-intensive, efficient and environmentally friendly technology for industrial waste processing.

A complex method of mechano-chemical activation of fly ash involves the destruction of the surface of the vitreous shell of particles by using acid residues from phosphogypsum or its dissolution in the alkaline environment of red mud with simultaneous mixing of the mixture. The use of mechanical mixing of ash-slime and ash-phosphogypsum mixtures contributes to a more complete activation of the charge [22-23].

Phosphogypsum waste is a by-product in the production of phosphoric acid by the extraction method. The chemical composition of phosphogypsum of Vinnitsa PO

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

"Khimprom" is as follows: CaO 7.42–12.8%; SO₃ 2.41–6.25%; F 3.55–5.81%; P₂O₅ 14.49–21.18%; RH 13.21–15.78%; H₂O 9.76–16.07%, hydrochloric acid residue 6.66–17.7% [24].

Differential thermal analyzes (DTA) of cement stone with different amounts of ash, conventional and treated with acid effluents of phosphogypsum, as well as a control sample without the addition of fly ash, show that the following thermal effects are recorded on the DTA curves: a bifurcated endothermic effect in the temperature range of 100 - 120 °C with maxima at 105 - 150 and 180 °C, indicating the removal of adsorption water from hydrate neoplasms. A sharp endoeffect with a maximum at 500 - 520 °C is associated with the dehydration of calcium hydroxide - Ca(OH)₂. A diffuse exothermic effect at 880 - 905 °C indicates the presence of low-basic calcium hydrosilicates, most likely a hydrosilicate gel. In samples with activated ash, a deeper endoeffect can be seen on the DTA curve than in a sample with non-activated ash, confirming the presence of a significantly greater number of hydrate neoplasms.

Studies of cement and ash-cement samples (Fig. 1) indicate the presence in their composition of non-hydrated clinker minerals C3S - lines with interplanar distances $d/n = 3.02; 2.77; 2.75; 2.18; 1.76; 1.45$ A; C2S - lines with $d/n = 2.77; 2.18; 1.97; 1.76; 1.45$ A; Ca (OH)₂ - lines with $d/n = 4.90; 3.10; 2.62; 1.92$ A; CaCO₃ - lines with $d/n = 1.82$ A; quartz - lines $d/n = 3.34$ A. In addition, there are lines characteristic of hydrate neoplasms - low-basic calcium hydrosilicates (CH) - $d/n = 3.08$ A.

In ash-cement samples with the addition of activated ash (sample 3), complex aluminum-iron-hydrosulfonic calcium compounds appear, which are characterized by lines with $d/n = 2.45; 3.07; 4.22; 7.62$ A. The presence of such neoplasms in the composition of ash-cement samples can be explained by the fact that aluminum and iron sulfates are formed during the chemical activation of fly ash. X-ray diffraction patterns and DTA confirm the presence of such salts and the possibility of their participation in the processes of binder hardening.

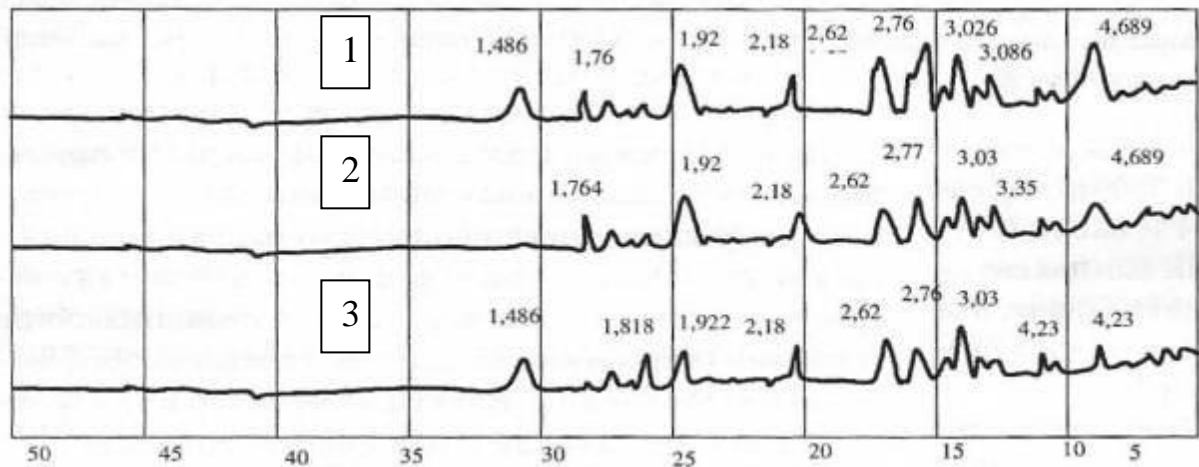


Fig. 1. Radiographs of prototypes: 1 - cement sample; 2 - cement sample with the addition of 30% non-activated ash; 3 - cement sample with the addition of 30% chemically activated ash.

Red bauxite mud has a fairly high alkaline environment. Therefore, the use of red mud for the chemical activation of fly ash also leads to the destruction of the glassy surface of the ash waste, which makes it possible to save a highly energy-intensive component of the building mixture - cement. The authors in [25-26] proved that the addition of bauxite sludge to the composition of the ash-cement mixture ensures the intensification of the processes of neoformations of the mineral-phase composition and ensures the economy of the mineral binder.

In modern materials science, the direction of creating clinker-free metal phosphate systems as an alternative to composite heat-resistant building materials is relatively new. Among the varieties of such materials, ferrophosphate cements were obtained, capable of withstanding high temperature loads, which was proved by scientists in the conducted studies [27-28]. Metal phosphate cement is widely used in the production of heat-resistant concrete. Iron-containing industrial waste is used as an oxidized component of such a binder [29]. In their research, the authors used pyrite cinders, consisting of 70-75% Fe_2O_3 , 5-6% FeO , about 14% quartz and 1-1.5% sulfates. Research has established that it is possible to change the physical and mechanical properties of the material by varying the acid concentration in the metal phosphate binder [30-31].

The use of a clinker-free binder based on metal phosphates and the addition of fly ash made it possible to create a new building material with a complex of multifunctional properties. The resulting composite material can be compared with structural building materials in terms of its physical and mechanical characteristics. The studies of the samples in works [32-33] showed that with a content of metal filler in the range of 30-70% by mass. as part of the mixture, their compressive strength was 6.5 - 8.4 MPa with an average density of 1780–2160 kg/m³.

The preliminary analysis showed that samples of metal-saturated composite material have good electrophysical properties along with high physical and mechanical characteristics. The results of the research of a number of scientists show that when the content of the mixture of metal filler changes in the range of 10-60% by mass. the value of the specific resistance of the material varies from $10.4 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot \text{m}$ to $2.3 \Omega \cdot \text{m}$ [34-35].

In [25], it was shown that the main direction of red mud utilization in the production of building materials is its use as a modifying additive to the ash-cement binder, the introduction of bauxite sludge significantly affects the change in the new formations of the ash-cement stone.

It should be taken into account that industrial waste can be widely used to obtain special building materials [36]. Special materials developed at VNTU include composite concrete with protective properties against electromagnetic radiation [37], static electricity [38], anode ground electrodes for protecting underground engineering structures [39].

It was confirmed in [40-41] that the use of Betel-m with a cellular, variotropic and dense structure makes it possible to reduce the level of electromagnetic radiation, and cellular electrically conductive composite metal-saturated concrete is an effective radio-absorbing material. As an electrically conductive component, it is advisable to use metal sludge from ball bearing production. Such sludge is not subject to further processing, since on its surface it contains a large amount of coolant, which consists of an oil emulsion [42].

In the article [43], it was found that by changing the type of electric current, its magnitude and duration of flow, it is possible to control the physicochemical processes during the hardening of composite metal-conducting concrete, and, consequently, the electric characteristics of Betel in the right direction.

In [43-44], the expediency of using finely dispersed powders of SHX-15 steel sludge for the manufacture of a special protective coating is substantiated. In [45-46], it was proposed to use a coating from electrically conductive concrete to combat static electricity charges, the manufacturing technology of which is quite simple and does not require expensive materials and special equipment. It has been established that in order to obtain an antistatic coating that meets the requirements of electrical conductivity, physical, mechanical and aesthetic requirements, it is necessary to produce coatings on a large dielectric filler.

The authors in [47-48] confirm that Betel-m can be used for the manufacture of electrically conductive elements (anodic ground electrodes) of anti-corrosion cathodic protection systems for underground engineering networks, and the formation of such products must be carried out using simultaneous exposure to the prepared mixture of electromagnetic and mechanical methods. The formation of products in this way provides an improvement in the physical, mechanical and electrophysical properties of the elements of anode ground electrodes.

As a result of the research, it was established:

- the production of building materials is one of the most material-intensive industries, the use of industrial waste as a raw material in the manufacture of building materials can be used to significantly reduce the rate of depletion of natural resources;

- industrial waste can be successfully used to create a clinker-free binder and special-purpose materials.

1.3 Синергетичні методи оцінки факторів впливу на формування комплексу світлових засобів

Загальний досвід рішення наукових і проектних задач в галузі архітектури, містобудівництва і районного планування свідчить про те, що при формуванні і розвитку тих чи інших об'єктів різного рівня ієрархії мова йде про визначення умов оптимальності функціонування цих об'єктів. Завдяки цьому синергетичний підхід, який спочатку перебував у компетенції суто фізики та математики і наразі досить активно став освоюватися в гуманітарних, соціальних та прикладних науках. Ці тенденції не обійшли стороною навіть архітектуру. Відтак, в архітектурі та містобудуванні, за твердженням Д. Є. Фесенка, виділяються як мінімум чотири галузі застосування синергетичної методології: урбаністика, формоутворення в архітектурі та містобудування, психологія архітектурної творчості та історія архітектури [49]. Ці галузі можуть бути доповнені і в архітектурній теорії у контексті методів оцінки факторів впливу на формування комплексів світлових засобів. Це підтверджують дослідження багатьох авторів, які працюють над проблемами великих систем, що саморегулюються. «Коли є складна система з координуючим об'єктом і зовнішнє середовище, в яке ця система занурена, природніше розглядати розвиток останньої з позицій оптимальності, приймаючи умови зовнішнього середовища у якості обмежень» [50]. Очевидно, що у демоекосистемах прийнятні методи оптимального управління. Більшість наукових і проектних задач у містобудуванні зв'язано з мінімізацією (максимізацією) тієї чи іншої функції, яка називається цільовою функцією, або критерієм ефективності.

У загальному сенсі синергетичний підхід є свого роду методом розглядання об'єкта дослідження як складної системи, що самоорганізується, тобто переформулювання певного емпіричного чи теоретичного матеріалу в термінах теорії самоорганізації, внаслідок чого має бути отримано синергетичну модель об'єкта дослідження. Для міждисциплінарного проектування, до якого належить і наше дослідження, однією з найбільш розробленої та послідовних

може вважатися методологія відомого вітчизняного фізика-теоретика та фахівця з філософії науки В. Г. Буданова, яка заснована на семи методологічних принципах, досить універсальних на нашу думку, щоб дати швидкий старт для багатьох досліджень у галузі архітектури. Ці методологічні принципи припускають так зване повноформатне синергетичне моделювання, етапи якого передбачають перехід від синергетики метафоричної до синергетики суворої (формалізованою). Саме методологія В. Г. Буданова використана для побудови синергетичної моделі архітектурної системи, що дозволяє виявити у взаємодії циклів стилів, суперстилів та перехідних між ними періодів деякі загальні еволюційні механізми. Така синергетична модель архітектури надалі може стати основою для моделі прогностичної.

Відтак, при визначенні і формуванні критерію функціонування і розвитку демоекосистем дотримуються умови, що найбільш ефективною системою є та, при якій краще розвиваються творчі і духовні сторони людини, яка забезпечує більш високу ефективність всього затраченого суспільного часу і яка дає можливість краще задовольняти потреби населення. Похибка при виборі критерію і принципу його формування призводить до величезних невиробничих розходів ресурсів, до незручностей, до духовного фізіологічного, естетичного та іншому дискомфорту для багатьох тисяч жителів. «Правильний вибір критерію ефективності по суті є еквівалентним правильному формулюванню задачі. Однак в ряді випадків це дає більше, ніж правильне формулювання задачі» [50].

Науково-теоретичною базою для проведення даного дослідження є положення таких наукових дисциплін як світлотехніка, філософія, теорія інформації, психологія, естетика. Враховуючи *міждисциплінарний* характер досліджуваної проблеми, генеральною стратегією роботи був обраний системний і комплексний підходи.

Серед важливих наукових розробок, які стали підґрунтям для визначення методики даного дослідження, слід виділити монографії М.М. Гусєва, В.Г. Макаревича, М.В. Оболенського, А.Н. Рімши, В.М. Фірсанова, Г.І. Лаврика (Україна), Йозефа Грашки (Словакія), Йозефа Косо (Венгрія), Яхья Вазірі

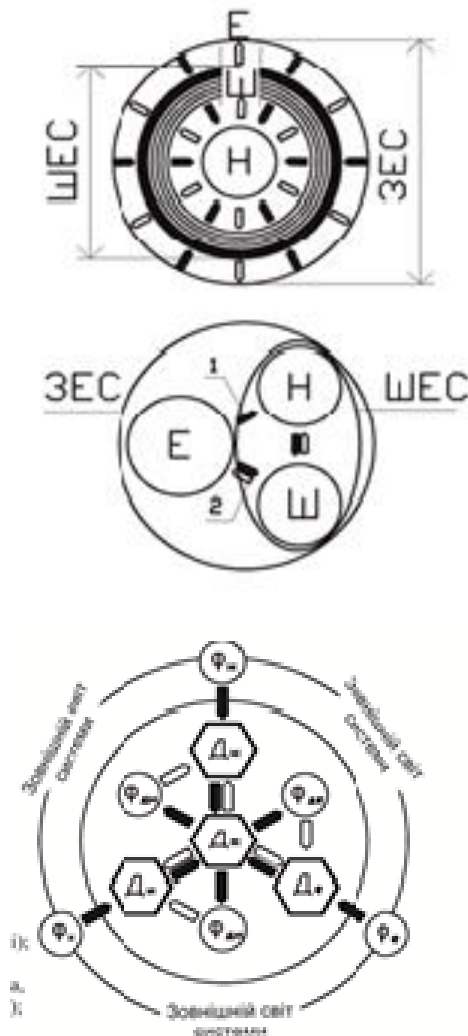
(Єгипет). Так, Йозеф Косо на основі ретельного вивчення європейського досвіду малоповерхового житлового будівництва, реалізованого в період на межі двох тисячоліть, проаналізував об'єкти біоархітектури, так званих «сонячних будинків».

Перш ніж приступити до проведення даного дослідження, необхідно зупинитися на головному питанні – виборі загальної методології дослідження. Це викликало необхідність звернутися до базових джерел у галузі теорії архітектури і робіт, присвячених методологічним проблемам дослідження архітектурних систем, серед яких виділяється докторська дисертація професора Г.І. Лаврика (1980 р.). Його наукова концепція пройшла апробацію в публікаціях і реальних розробках (наприклад, у Казахстані, в генеральному плані м. Києва), була також високо оцінена Держпланом, підтверджена ВАКом.

З позицій екологічного підходу наш об'єкт (архітектурне світлове середовище) є не технічною системою, яка регулюється на основі техніко-економічних критеріїв, а системою взаємодії людини (населення) і оточуючого її матеріального середовища, що забезпечує необхідні умови життєдіяльності людини, і спрямована на задоволення його соціальних і біологічних потреб, – демоекосистемою [50]. Принципова структура демоекосистеми складається з компонентів: Н – населення, Е – природне (натурне) середовище, І – штучне (архітектурне) середовище. Населення впливає на природу і перетворює її тільки за допомогою архітектури, тобто «другої природи». Величезний вплив факторів штучного середовища на природу і населення, на його біологічні та соціальні процеси, відзначається багатьма вченими світу. Архітектори всіх часів визнавали важливу роль штучного середовища в життєдіяльності людського суспільства як «оболонки» для різних процесів, тобто оцінювали середовище тільки з позицій техніко-економічних критеріїв, що є помилковим. У взаємодії з середовищем саме населення визначає поведінку демоекосистеми, а, значить, провідними мають бути «людські», а не технічні критерії оптимальності. При дослідженні архітектурні системи можуть бути розчленовані на компоненти за двома основними ознаками – функціональній і просторовій. Демоекологічний підхід

вимагає розчленування об'єкта на якісно різні функціональні елементи. Елементи демоекосистеми повинні відображати необхідні з функціональної точки зору (системоутворюючі) види діяльності, які характеризують її як цілісну систему, що самоорганізується [51].

Г.І. Лавриком розроблена принципова схема впливу зовнішніх факторів і взаємозв'язку внутрішніх факторів і елементів (підсистем) архітектурних об'єктів [50]. У цій схемі: **Фе** – група факторів «ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ» (кліматичні, топогеологічні, ресурсні); **Фн** – група факторів «Населення» (демографічні, соціальні, економічні параметри життєдіяльності населення); **Фі** – група факторів «ШТУЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ» (сфери виробництва, споживання, науково-технічна сфера). Внутрішні фактори (**Фдн**, **Фді**, **Фде**) визначають функціонування демоекосистеми в рамках обмежень, обумовлених зовнішніми факторами. Фактор (сонце), що досліджується нами, знаходиться у **Фе**. Сонце (**Фе**) як зовнішній фактор впливає на природну складову (**Де**) демоекосистеми. (**Де**) звертається до (**Дм**), а (**Дм**) – це методологія. Таким чином, сонце (**Фе**) обробляє фактор з точки зору демоекосистеми (**Де**) методологією (**Дм**). Методологія говорить, що ланкою – мотиватором системи є населення. Безумовно, сонце нагріває поверхні матеріалів і може їх навіть зруйнувати, від сонця відбувається вигорання кольору різних матеріалів. Але головний вплив сонце робить на людину. Найголовнішим у діяльності архітектора є проектування комфортного середовища для людей. Тому ми повинні проаналізувати сонячне світло (**Фе**) у контексті компонентів: (**Фн**) і (**Фі**). У моїй роботі (**Дм**) аналізує (**Фде**), який є внутрішнім фактором як реакція системи на «директивні» впливи зовнішніх факторів. Далі (відповідно до схеми Г.І. Лаврика) біла стрілка (зворотний зв'язок) від (**Фде**) йде на (**Де**) – результат роботи. Проаналізувавши цю пряму (білу стрілку), можна буде зробити висновок про те, як природна складова демоекосистеми повинна цікавитися сонцем, які повинні враховуватися параметри і вирішуватися завдання, як необхідно відкоригувати нормативну базу, як вона може бути опосередкована конструктивними заходами і людиною (рис.1).



Структурні моделі екологічних систем
«НАСЕЛЕННЯ» - «СЕРЕДОВИЩЕ»
Н – населення;
Е – середовище;
Ш – штучне архітектурне середовище;
ШЕС – штучне екологічне середовище;
ЗЕС – земна (природна та штучна) екологічна
система

Принципова система дії зовнішніх факторів та взаємозв'язку внутрішніх факторів та елементів (підсистем) архітектурних об'єктів.
Ф_н – група факторів «НАСЕЛЕННЯ» (демографічні, соціальні, економічні);
Ф_ш – група факторів «ШТУЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ» (сфера виробництва, науково-технічна сфера);
Ф_п – група факторів «ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ» (кліматичні, геологічні, ресурсні).
Ф_н, Ф_ш, Ф_п – внутрішні фактори, як реакція системи на «директивні» впливи зовнішніх факторів.

Рис. 1. Демоекосистема (за Г.І. Лавриком).

Методологічною основою даного дослідження може бути обраний системний підхід як напрямок, орієнтований на вивчення: специфічних характеристик складно організованих об'єктів і різноманітності зв'язків між елементами, їх різноякісності та супідрядності.

Пізнання об'єкта як системи включає до себе: визначення елементів системи; організацію або системи зв'язків; властивості системи; визначення можливостей створення та тенденцій змін системи.

Порівняно точним визначенням предметно-просторового середовища, яке можна віднести до архітектури, є визначення В.С. Тюхтіна (1972 р.). Він визначає це поняття як множину пов'язаних між собою компонентів той чи іншої природи, упорядкованих за відношеннями, які володіють цілком певними властивостями.

Це множина, яка характеризується єдністю, що виражається в інтегральних властивостях та функціях множини. Відомо визначення: «Структура об'єкта як системи є вид композиції, або вид упорядкованості елементів, який стійкий (інваріантний) відносно визначених його змін, перетворень». При цьому стійкість залишається й при відносній «унікальності» об'єкта.

В.С. Тюхтін підкреслює, що у випадку, якщо нас цікавить геометрична форма, тобто просторова структура унікального об'єкта, споруди, архітектурної пам'ятки, людини, то його проєкції на різні поверхні, які розташовані під різними кутами схилу по відношенням один до одного, можна розглядати як перетворення цієї форми. Інваріант цих перетворень є власною геометричною формою цього об'єкта. В цьому визначенні автор розшифровує поняття «інваріантності» архітектурної форми, а також прямо вказує на зв'язок понять «архітектурна форма», «структура» та «геометрична форма». В.С. Тюхтін стверджує, що «усі три моменти – різні елементи, різні види відносин та порядок елементів по даним відношенням – і створюють поняття структури та є її складовими».

Для архітектурного об'єкта елементами є локалізовані (освітлені) простори, відносинами – їх ієрархічна супідрядність, заснована на функції, порядок елементів по даним відносинам – їх зв'язки у відповідності з функцією.

Б.П Михайлов дає визначення предметно-просторової системи та структури: «Система – комплекс елементів, які взаємозв'язані між собою та створюють певну цілісну єдність. Система складається з елементів, структури та виконує певну функцію. Архітектурні елементи – відносно неподільні частини цілого об'єкта. Архітектурна структура – стійкий закономірний зв'язок між елементами системи. Архітектурна функція – зовнішнє виявлення властивостей об'єкта в системі відносин» [52].

У дослідженнях і проектуванні архітектурних систем застосовуються часткові, локальні критерії, які при необхідності зводяться до одного (так званому комплексного або «синтетичного») критерію за допомогою різних прийомів пропорційності. Багатьма фахівцями, які працюють у галузі

архітектури, відмічається принципова неможливість розробки «генерального» критерію оптимальності для всієї системи. Вони вважають, що архітектурні системи за своєю природою і сутності – полікритеріальні, оскільки складаються з різних за функціями елементів. Така точка зору (за Г.І. Лавриком) походить від розуміння об'єкта архітектурної діяльності не як системи, а як комплексу, тобто довільного об'єднання дослідником або проектувальником складових архітектурного об'єкта, які мають свій персональний критерій якості.

Результати низки досліджень у галузі оптимізації систем дають підставу сьогодні говорити про перспективність пошуку «генерального» критерію оптимальності, наприклад, демоекосистем різного рівня складності. Згідно з монографією Лаврика Г.І., відмінною рисою такого критерію є те, що він – не проста сума характеристик окремих складових системи, а своєрідна реалізація, кількісне відображення одного із законів (принципів) поведінки системи як функціонально-просторової цілісності.

Усі критерії, які відомі сьогодні архітектурній науці і практиці, поділяються на три види: економічні, утилітарні (споживчі) та естетичні. Існує давно відома точка зору, суть якої полягає в тому, що комфорт архітектурного середовища знаходиться в прямій залежності від обсягу витрат, що архітектурно-художня складова не має безпосередньої органічної залежності від споживчої, функціональної якості та економічності. Вважається також, що критерії економічності, споживчої якості та критерії краси знаходяться значною мірою в стані протиріччя, не є розмірними за своєю суттю. Таке розуміння знаходиться в протиріччі з системною природою архітектурних об'єктів, оскільки фундаментальний системний принцип цілісності постулює принципову і необхідну сумісність цих, на перший погляд різних, критеріальних категорій.

У даному дослідженні, предметом якого є формування комплексу світлових засобів в архітектурі житлових і громадських будівель, основна увага зосереджена, насамперед, на утилітарних та естетичних аспектах. Критерій споживчої якості (комфортності) свідчить про рівень відповідності архітектурного середовища встановленим (нормативним) показникам

комфортності – соціальним і біологічним. При вирішенні переважної більшості практичних функціонально-планувальних завдань, що стосуються формування середовища життєдіяльності людини, критерій споживчої якості вступає в протиріччя з техніко-економічним критерієм, так як досягнення більш високого рівня комфорту, як правило, викликає збільшення витрат на будівництво та благоустрій.

Одним з основних показників світлового комфорту в приміщеннях є яскравість світлопрорізу і сонцезахисних пристроїв. Гігієнічно допустима яскравість світлопрорізів становить 1500 нт, а в жарких районах вона досягає 10000 нт і вище. Практичний інтерес набуває застосування сонцезахисних пристроїв, що впливають на зміну освітлення приміщення. Результати лабораторних досліджень, проведених М.В. Оболенським, показали, що рівні освітленості, які отримуються при опроміненні вікон сонцем, обладнаних сонцезахисними засобами, у кілька разів перевищують рівні при дифузному освітленні без сонцезахисних засобів. Це дозволяє в жарких районах значно зменшити (на 25 – 30 %) розміри світлових проїомів [53].

Для задоволення виявлених вимог до сонцезахисту Оболенським М.В. розроблена комплексна система критеріїв оцінки її ефективності, що характеризують показники комфортності середовища в приміщеннях і на територіях (рис.2).

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

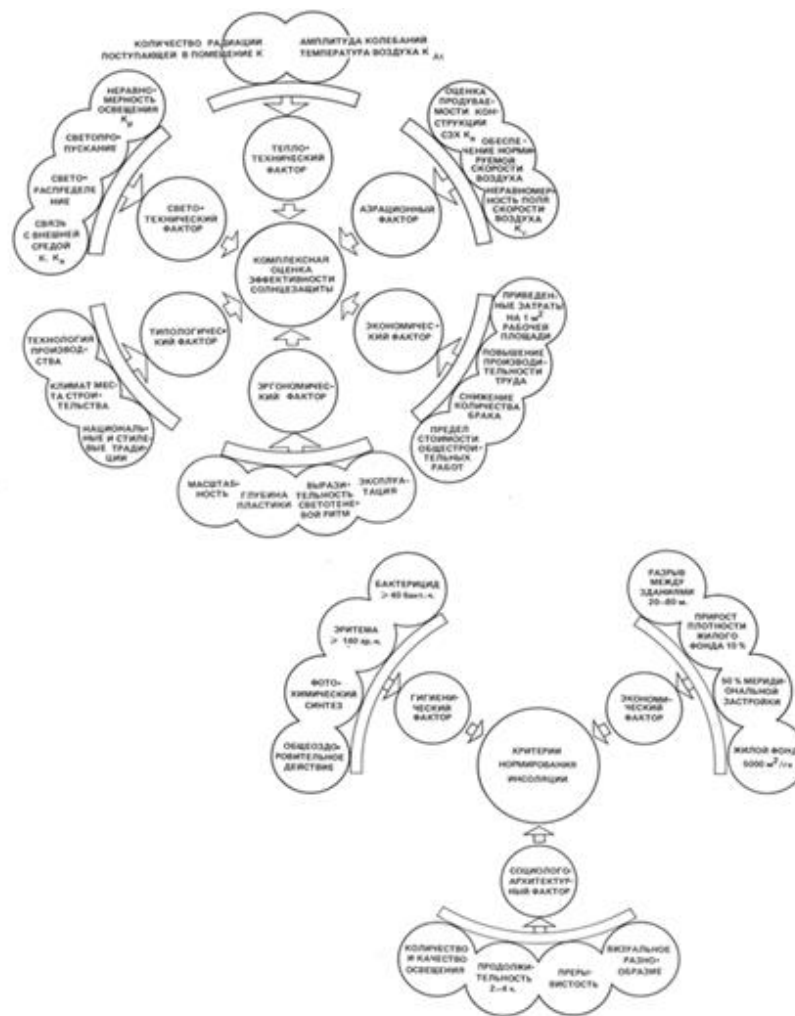


Рис. 2. Багатокритеріальна система оцінки сонцезахисту (за М.В.Оболенським)

До таких критеріїв відносяться наступні кількісні та якісні показники: а) світлотехнічні; б) теплотехнічні; в) аераційні; г) економічні.

У контексті даного дослідження мають сенс, в основному, світлотехнічні і частково теплотехнічні показники.

М.В. Оболенський виділив три головних фактори, на яких може базуватися комплексна (багатокритеріальна) система оцінки інсоляції: 1 – гігієнічний фактор – кількість ефективної сонячної радіації, що приходить у забудову приміщення і забезпечує загально оздоровчий та сануючий мінімум, який для еритемної радіації = 140 ер/год та для бактерицидної радіації = 40 бакт/год; 2 – соціолого-архітектурний фактор – астрономічно можлива тривалість інсоляції протягом доби на рівнодення, яка забезпечує психоемоційний мінімум візуальної фіксації сонячних променів як фактора зв'язку людини з зовнішнім середовищем

і виразності архітектурних просторів і форм в межах 2 – 4 години; 3 – техніко-економічний фактор – щільність забудови, що забезпечує нормативний житловий фонд не менш 5 тис. м²/га, економію міських територій на 8-12% і 50% застосування житлових будинків меридіонального типу [54].

Такий підхід до побудови багатокритеріальної системи оцінки інсоляції дозволив визначити основні вимоги, яким повинні відповідати будівельні норми інсоляції: відповідати сучасним біофізичним уявленням про загальноосвітні оздоровчі впливи сонця на людину та середовище; забезпечити велику свободу у виборі композиційних рішень у масовій забудові і велику маневреність типових будинків (особливо меридіонального типу з широким корпусом), урахування світлового клімату в залежності від ресурсів сонячної радіації і географічної широти, упорядкування розривів між будинками (особливо в північних і південних районах) з урахуванням вимог до природного освітлення приміщень; містити стандартизований метод розрахунку нормативного розміру, заснованого на звичних і зручних для проектувальників графічних операціях.

Рівень освітленості у внутрішньому просторі можна оцінювати за наступними критеріями: - відповідна сила освітленості та світло; - рівномірність; - відсутність ефекту засліплення; - добрий тіньовий ефект.

Основою для оцінки освітленості у внутрішньому просторі завжди слугує сила освітленості при хмарному небі (тобто при дифузному випромінюванні) Сонячне світло, яке проникає крізь вікна на боковій стіні, характеризується за допомогою фактору денної освітленості D , який завжди буде постійним. Сила освітленості внутрішнього простору змінюється одночасно з силою сонячного випромінювання під відкритим небом, а сила сонячного випромінювання під відкритим небом при суцільній хмарності змінюється відповідно часу дня та сезону (між 5000 лк взимку та 20000 лк влітку).

Фактор денної освітленості, характерної до точки (P) вираховується за формулою: $D = (D_H + D_V + D_R) \cdot t \cdot K^1 \cdot K^2 \cdot K^3$, де: D_H – пряме сонячне світло (проникаюче природне світло); D_V – зовнішнє непряме світло (від поверхонь

будівель, що віддзеркалюють); DR – внутрішнє віддзеркалене світло (від поверхонь приміщення).

Понижуючі фактори: t – рівень світло-пропускнуї здібності скла; K^1 – співвідношення віконних конструкцій та поверхонь секцій; K^2 – забрудненість скла; K^3 – фактор кута проникнення природного світла.

Далі визначається кореляційна площина горизонтального освітлення сонячними променями у внутрішньому просторі та сила освітленості (E_p), після чого у вигляді кривих можна зобразити відповідні фактори денної освітленості, які будуть вчислені. Крива лінія дає нам інформацію про горизонтальну освітленість на кореляційній площині (у відповідних точках), по яким можна визначити D_{\min} та D_{\max} . Таким чином, крива інсоляції дає інформацію про розподілення сонячного світла у внутрішньому просторі.

1.4 Тенденції зміни відновлювальних водних ресурсів та вплив на них за рахунок використання дощового стоку

Беззаперечним є факт, що близько 71 % всієї поверхні планети Землі покрито водою. Вода одна із небагатьох хімічних сполук, яка міститься також у всіх глибинах та висотах планети. При цьому варто зауважити, що Земля є закритою системою, тобто дуже мало речовин, включаючи воду, коли-небудь залишає атмосферу планети: вода, яка була тут мільярди років тому, все ще залишається тут. Ідеальний механізм повного гідрологічного циклу на планеті Земля дозволяє очищати та поповнювати запаси води.

Хоча кількість води, яка існує, здається достатньою, доступність води для споживання людиною обмежена. Людина використовує близько 1,22 мільярда кубічних метрів поверхневої води на день. Щодня використовується близько 0,3 мільярдів кубічних метрів підземних вод. [55, 56]. При цьому велика кількість країн страждає від нестачі води. За даними світових організацій використання води людством протягом минулого століття зроста майже у 100 разів. Графік використання питної води населенням планети (рис 1.) відображає темпи зростання споживання води [55]. Максимальні темпи зростання використання питної води спостерігаються у післявоєнні роки минулого століття, що є цілком зрозумілим. Проте використання даного ресурсу не зменшувалось до 2000 р. Починаючи з 1950 р. до 2000 р. використання води збільшилось у 1,7 разів. І лише завдяки значній роботі екозахисних організацій, уже на кінці XX ст та початку XXI ст спостерігається зменшення темпів зростання водокористування природних ресурсів, проте все ще залишаються доволі високими.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

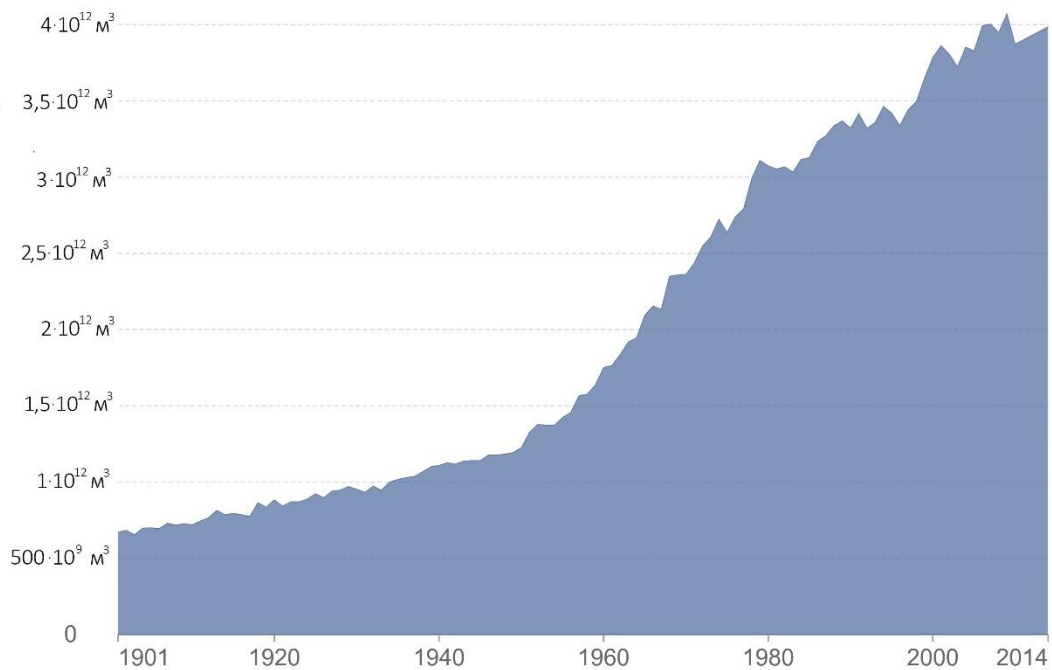


Рис. 1. Використання питної води населенням планети

Щоб підтримувати стабільний рівень водних ресурсів, швидкість забору води повинна бути нижчою за швидкість поповнення прісної води. Відновлювані внутрішні потоки прісної води стосуються внутрішніх відновлюваних водних ресурсів (внутрішніх річкових потоків і підземних вод) у країні в межах її кордонів. Таким чином, поновлювані внутрішні потоки є важливим показником безпеки або дефіциту води. Якщо темпи забору прісної води починають перевищувати поновлювані потоки, ресурси починають скорочуватися. На рисунку 2 показано рівень відновлюваних внутрішніх ресурсів прісної води на одного жителя на 2018 р згідно даних[55].

Відновлювані ресурси на одного жителя залежать від двох факторів: загальної кількості відновлюваних потоків і чисельності населення. Якщо відновлювані ресурси зменшаться — як це часто трапляється в країнах із великою річною мінливістю кількості опадів, наприклад у сезони мусонів — тоді вилучення відновлюваної енергії на душу населення також зменшиться. Подібним чином, якщо загальні відновлювані джерела залишаються незмінними, рівень на душу населення може впасти, якщо населення країни зростає. На рисунку 2 показано рівень відновлюваних внутрішніх ресурсів прісної води на одного жителя на 2018 р згідно даних[55].

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

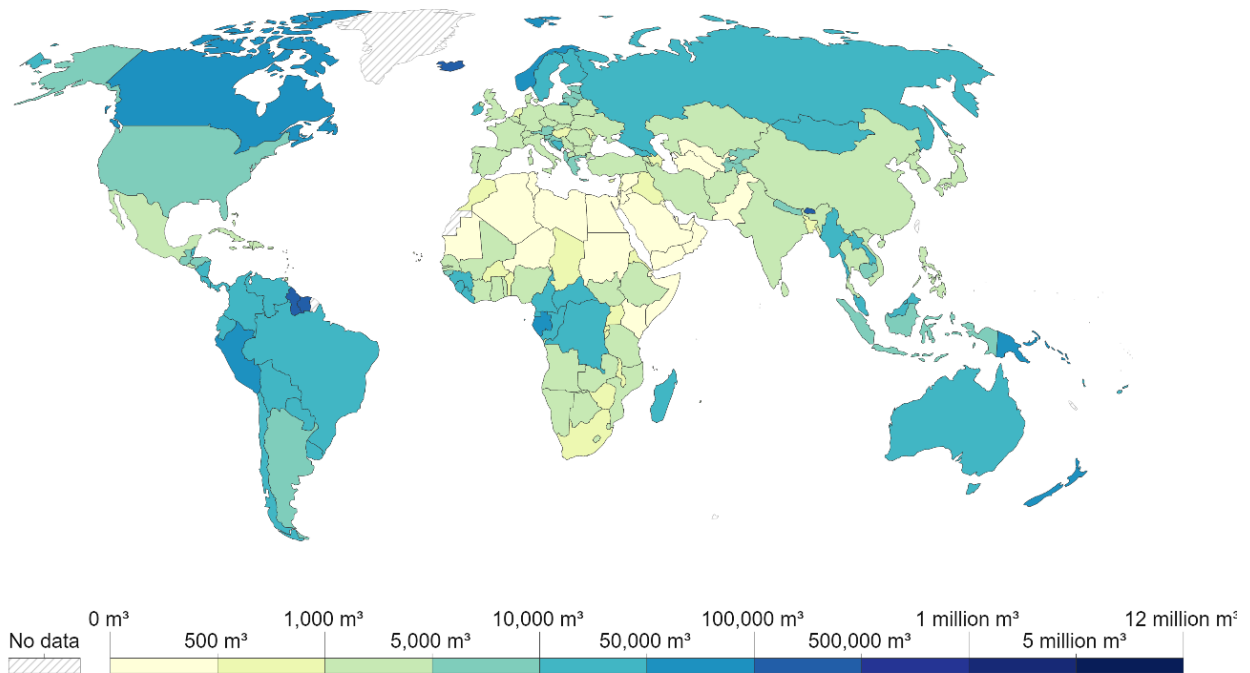


Рис. 2. Рівень відновлюваних внутрішніх ресурсів прісної води на одного жителя на 2018р.

Розглянемо рівень відновлюваних внутрішніх ресурсів прісної води на одного жителя на прикладі декількох держав (рис. 3) [55]. Як ми бачимо, відновлювані ресурси на душу населення скорочуються в багатьох країнах і у світі загалом. Основними причинами цього є збільшення населення та зменшення кількості опадів у певних країнах, у зв'язку зі змінами клімату. Так, наприклад, у Сполучених Штатах Америки населення за період 1962-2018 рр (що представлені на рисунку 3) зросла в 1,83 раз, а кількість поновлювальних водних ресурсів на одного жителя зменшилась в 1,75 раз. У світовому масштабі будемо бачити таку ж тенденцію співвідношень 2,45 та 2,37, відповідно. В деяких країнах спостерігається збільшення відновлюваних внутрішніх ресурсів прісної води на одного жителя протягом останніх років, проте це за рахунок зменшення кількості населення. Так для України спостерігаємо зменшення населення починаючи з 1992 року у 1,16 раз, а зростання показника відновлювальних ресурсів у 1,17 раз.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

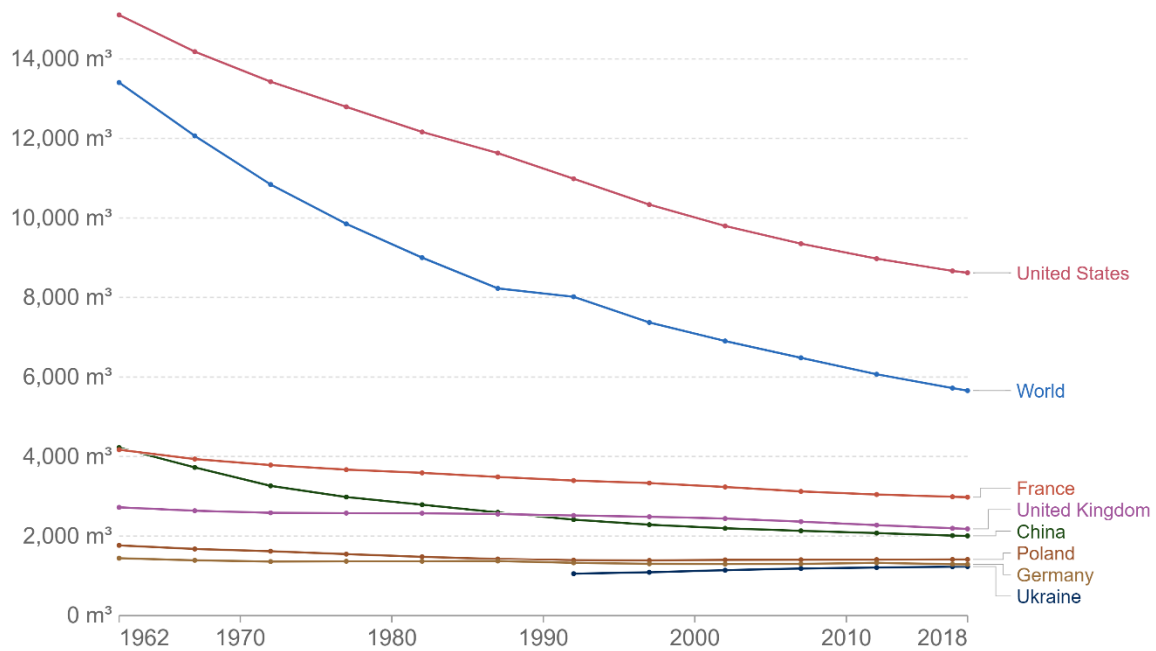


Рис. 3. Рівень відновлюваних внутрішніх ресурсів прісної води на одного жителя за регіонами та загально світові показники

Досліджуючи проблему водоспоживання, важливо також розуміти розподіл води між різними типами споживачів [56, 57, 58].. На рис.4. представлено гістограму споживання природніх водних ресурсів для країн з різним ступенем економічного розвитку, а також у розрізі 1995 року та прогнозу на 2025 рік. Як бачимо з рисунка 4 у всьому світі ми використовуємо приблизно 70 відсотків забору прісної води для сільського господарства.

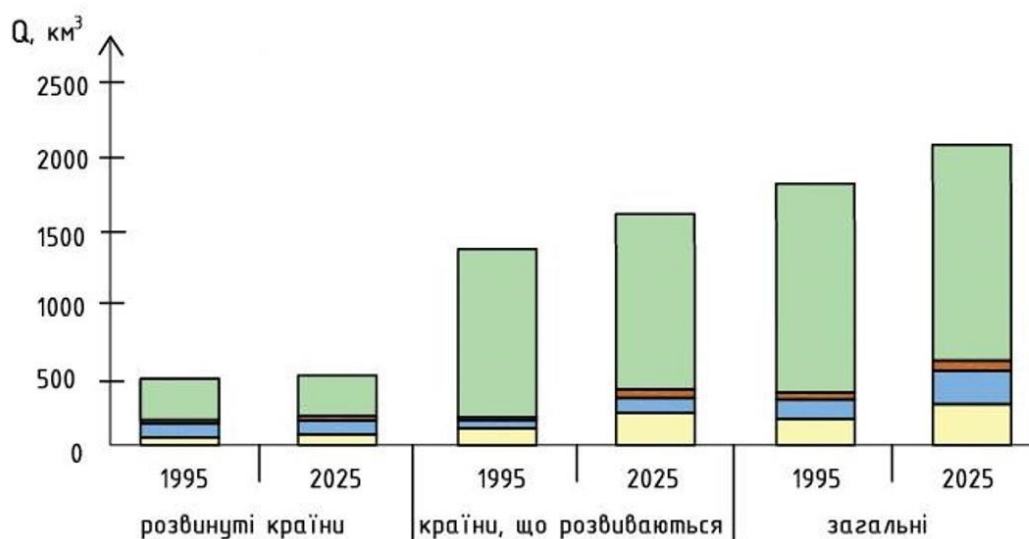


Рис 4. Споживання природніх водних ресурсів різними видами водокористувачів

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Однак ця частка значно відрізняється залежно від країни, як показано на діаграмі, яка вимірює відсоток загального забору прісної води, що використовується для сільського господарства. Тут ми бачимо великі відмінності за географічним положенням і рівнем доходу. Середнє сільськогосподарське використання води в країнах з низьким рівнем доходу становить 90 відсотків і лише 41 відсоток із високим доходом.

Є низка країн у Південній Азії, Африці та Латинській Америці, які використовують понад 90 відсотків забору води для сільського господарства. Найвищий рівень спостерігаємо у Судані – 96 відсотків. Країни глобальної півночі, як правило, використовують набагато меншу частку води для сільського господарства; Німеччина та Нідерланди використовують менше одного відсотка[56, 57, 59].

До заходів ощадливого і раціонального використання водних ресурсів належать:

1. впровадження систем повторного водопостачання та створення умов для безстічного водокористування (із циклом повного очищення відпрацьованих вод);
2. вдосконалення систем зрошення;
3. заміна водяного охолодження агрегатів повітряним;
4. зменшення в структурі господарства частки водоемних виробництв;
5. проведення комплексу заходів щодо охорони поверхневих і підземних вод від забруднення, зокрема стічними водами,
6. збереження якості природних вод тощо.

Ефективне запобігання проблемі дефіциту води задля задоволення поточних і майбутніх потреб спонукає до розроблення і впровадження адекватних заходів із охорони і управління водними ресурсами Найважливішою умовою поліпшення інтегрованого управління водокористуванням є відповідальне споживання, проведення досліджень, впровадження інновацій, а також економічне стимулювання раціонального використання, охорони і відтворення водних ресурсів [60].

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Одним із найбільш перспективних ділянок в цьому напрямку є використання дощового стоку в усіх галузях господарства.

Збір дощової води забезпечує незалежне водопостачання під час регіональних обмежень кількості води, а в розвинених країнах часто використовується як доповнення до основного водопостачання. Дощовий стік забезпечує водою під час посухи сільське господарство, зменшує ймовірність затоплення низинних територій і потреби на будівництво шахтних чи інших типів колодязів, що дозволить підтримувати рівень ґрунтових вод. Поверхнєве водопостачання доступне для різних цілей, що зменшує залежність водопостачання від поверхневих чи підземних вод. Покращує якість ґрунту за рахунок розрідження солонцюватості. Він не забруднює навколишнє середовище і є екологічно чистим. Це економічно вигідно та легко доступно. Це також сприяє забезпеченню питної води, оскільки дощова вода практично не містить солей. Така система окрім переваг для систем водопостачання, також впливає і на системи каналізації, зменшуючи кількість стоку, що утворюється в каналізаційних системах, і зменшує дощові стоки, що забруднюють прісні водойми [61, 62].

Хоча дощова вода сама по собі є чистим джерелом води, часто кращим, ніж поверхнєві джерела [63, 64], процес збору та зберігання часто залишає воду забрудненою та непридатною для пиття. Дощова вода, зібрана з дахів, може містити фекалії тварин і птахів, мохи та лишайники, пил, який переноситься вітром, мінеральні залишки, пестициди, неорганічні іони (Ca , Mg , Na , K , Cl , SO_4) і розчинені гази. Високі рівні пестицидів були виявлені в дощовій воді в Європі, причому найвищі концентрації спостерігаються під час першого дощу відразу після тривалого сухого періоду[64].

Концептуально система водопостачання повинна відповідати якості води кінцевому споживачу. Однак у більшості розвинених країн високоякісна питна вода використовується для всіх кінцевих цілей. Такий підхід призводить до нераціонального витрачання коштів та енергії та завдає неповоротного впливу на навколишнє середовище. Постачання дощової води, яка пройшла попередні

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

заходи фільтрації для використання непитної води, наприклад, змивання туалету, зрошення та прання, може бути важливою частиною стратегії сталого управління водними ресурсами.

Поряд із перевагами даної вище вказаної пропозиції загалом треба розуміти недоліки, що виникатимуть при використанні дощової води у системі водопостачання:

1. потрібне регулярне обслуговування;
2. потрібні певні технічні навички для установки;
3. нерегулярність дії - обмеження та відсутність опадів може обмежити подачу дощової води;
4. якщо не правильно підібрати об'єм і встановити неправильно резервуар, він може привабити комарів та розвиток певних бактерій, що може спровокувати хвороби, які передаються водою;
5. одним із суттєвих недоліків системи збору дощової води є необхідні об'єми та вільний простір для ємності.

Традиційно управління зливовими водами за допомогою резервуарів служило одній меті – накопичення певного об'єму води. Однак оптимізований контроль у режимі реального часу дозволяє цій системі підвищити роль джерела збору дощової води. [58] Так первинний збір великої кількості дощової води зменшує потік у мокру погоду, забезпечуючи при цьому наявність води для подальшого повторного використання. Це покращує якість води, що використовується, і зменшує об'єм води, що утворюється під час комбінованих випадків переповнення каналізації. [59, 60].

Існують декілька способів зберігання та накопичення дощової води [65]. Збір поверхневого стоку – це система, яка збирає дощову воду, яка стікає як поверхневий стік. Стік дощової води вловлюється та використовується для поповнення водоносних горизонтів за допомогою відповідних технологій, в тому числі влаштування штучних ставків накопичувачів чи регуляторів (рис.5.).



Рис. 5. Ставок накопичувач

Збір дощової води з даху – дах стає водозбірником, і дощова вода з будівель і будинків збирається у збірниках чи баках. Розглянемо більш детально останній спосіб, оскільки саме він дає можливість повторного використання дощової води. Системи збору дощової води можуть бути різними за складністю: від систем, які можна встановити з мінімальними навичками, до автоматизованих систем, які потребують розширеного налаштування та встановлення. Існують загальні компоненти, які встановлюються в таких системах, як-от попередні фільтри, дренажі/жолоби, контейнери для зберігання, і залежно від того, чи є система під тиском, також насоси та очисні пристрої, такі як ультрафіолетові лампи, пристрої для хлорування та обладнання для постфільтрації.

Історично перший метод та найпоширеніший – це збирання дощової води у невеликі ємності, бочки. Він передбачає встановлення бочки біля водостічної труби для збору дощової води (рис. 6). До переваг такого способу відносимо: легко впроваджується будь-ким у будь-якому місці; бочки доступні і економічно незатратні у будь-якому кутку планети; бочки не займають багато місця, вони можуть містити будь який вигляд тому їх можна вписати в будь-яке середовище. До недоліків відносимо незначні об'єми та швидке переповнення.



Рис 6. Бочки для збирання дощової води

Більш раціональним є встановлення резервуара великого об'єму. Розрізняють два типи влаштування даних систем: «суха» та «мокра». «Суха система» (рис. 7 а) є різновидом установки дощової бочки але передбачає більший обсяг зберігання. По суті, збірна труба «висихає» після кожного дощу, оскільки вона спорожняється безпосередньо у верхній частині бака. Перевагами такої системи є : більший об'єм зберігання, що є потрібним в умовах інтенсивних дощів, які рідко трапляються; простота влаштування та експлуатації. Недоліком є необхідність розташовувати ємність значного об'єму поруч з будинком.



Рис 7.10. Системи збирання дощової води а) «суха» та б) «мокра»

«Мокра система» (рис. 7 б) - метод передбачає розміщення системи труб з різних жолобів в ґрунті. Дощова вода буде заповнюватиме резервуар великого об'єму пройшовши шлях по трубопроводах. Висота входу в резервуар повинна бути нижче найнижчого жолоба в будинку. До плюсів такої системи віднесемо:

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

можливість збирати дощівку з усієї поверхні забудови; можливість збору з кількох жолобів і водостічних труб; резервуар можна розташувати далеко від будинку. Зазначимо й недоліки: складніший у реалізації та експлуатації ти повинна бути достатня різниця між жолобами та входом в резервуар.

Вода є стратегічним ресурсом економічного розвитку будь-якої соціально-економічної системи. За останні півстоліття поновлюваний запас прісної води на 1 людину зменшився майже на 60% при стійкій тенденції збільшення обсягів водовикористання, обумовленої економічним зростанням, збільшенням населення, покращенням добробуту. Ефективне запобігання проблемі дефіциту води задля задоволення поточних і майбутніх потреб спонукає до розроблення і впровадження адекватних заходів із охорони і управління водними ресурсами. Вода може бути дефіцитним ресурсом, але люди розробили багато способів використовувати її ефективніше — тобто отримувати більше з кожної одиниці води. Одним із способів захисту природного водного ресурсу є використання дощового стоку для потреб різних типів водоспоживання.

Перевагами збору та використання дощової води є: менша вартість, оскільки не потребує значних витрат на забір та очищення; економічна доцільність - допомагає зменшити рахунок за воду для користувачів; зменшує потребу у воді питної якості; сприяє економії води та енергії; покращує якість і кількість підземних вод; зменшує ерозію ґрунту, зливовий стік, затоплення та забруднення поверхневих вод добривами, пестицидами, металами та іншими відкладеннями; технологія відносно проста, проста в установці та експлуатації

Окрім значної кількості переваг, система збору дощової води має кілька недоліків, таких як непередбачувані опади (досить складно ефективно розрахувати об'єм накопичуваної споруди) та при тривалому неналежному зберіганні можливий розвиток хвороботворних бактерій у воді. Одним із суттєвих недоліків системи збору дощової води є необхідність додаткової площі для встановлення збірних резервуарів.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.2.1

2.1 Шляхи використання біоенергетичних технологій

Технологія отримання біогазу є надзвичайно простою: сміття, гній, листя, соломі скидають у бетонну ємність або колодязь довільного об'єму.

Газ, що утворюється під час бродіння, відводиться в приймальну камеру чи безпосередньо до джерела споживання. Такого роду установки працюють у багатьох державах [66-68].

Перші сучасні біогазові установки були створені ще до формування наукових основ щодо метаногенезу. У Бомбеї (Індія) – 1900 рік. У 1918 році аналогічне обладнання з'являється у Німеччині, в 1928 році – в Англії, у 1930 році – у США. В Радянському Союзі перші біореактори запустили в дію у Латвії (1949 р.).

В Україні у 1959 році відбулося запуск першого біореактора у Запоріжжі.

Широкого розповсюдження одержання біогазу набуло в Китаї – у 1978 році там діяло, на той час, понад 7 млн. біогазових установок. Окрім сімейних і громадських установок, у Китаї працює ще близько 600 середніх і великих установок, що працюють на відходах птахівництва та тваринництва, а також виноробного та спиртового виробництва.

Широко поширеним є отримання енергії використовуючи біогазові установки у Данії, Австрії, Великій Британії, Швеції, Італії, Нідерландах. Близько 44 % сучасних біогазових установок знаходиться в Європі, 14 % – у Північній Америці. Біомаса у вигляді джерела енергії може бути використаною під час прямого спалювання соломи, деревини, сапропелю (органічні донні відкладення) та у переробленому виді як газоподібне чи рідке паливо. Перетворення біомаси у енергоносії може проходити за допомогою хімічних, фізичних і біологічних методів; саме останні є найперспективнішими.

Отже, саме біоенергетика є вибором, який володіє глобальною перспективою і домінуючим значенням у подальшому успішному розвитку

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

людства. Подолання наявних, а також запобігання можливим майбутнім екологічним проблемам є не можливо без використання новітніх біотехнологій направлених на отримання біогазу й водню із органічних відходів.

Екобіотехнології носять міждисциплінарний характер, вони утворилися як результат перетину інтересів, методів і підходів прикладних аспектів екологічних наук, класичних і новітніх біотехнологій. Іншими словами це технології, які використовують у своїх процесах живі організми чи їх елементи та направлені на покращення, захист і відновлення природного навколишнього середовища. Перевага використання екобіотехнологій у порівнянні із традиційними хімічними та фізико-хімічними природоохоронними заходами є очевидними.

Біоенергетика є невід'ємною складовою екобіотехнологій. Застосування біоенергетичних методів під час розв'язанні екологічних і енергетичних проблем суспільства є можливим і доцільним.

До найефективніших технологій застосування біомаси у біоенергетиці належать[69-70]: газифікація; піроліз; пряме спалювання; анаеробна ферментація із виділенням метану; виготовлення спиртів та мастил для виробництва моторних палив. Технології застосування біомаси проходять постійне вдосконалення, забезпечуючи, тим самим, одержання енергії у необхідній для використання формі та із максимальною, наскільки це можливо, ефективністю. Загалом, із органічних відходів, енергія одержується хімічним, фізичним або мікробіологічним методом. Основою хімічних методів є застосування процесів газифікації та піролізу. Фізичні методи отримання енергії полягають у спалюванні органічних відходів.

Найбільш розповсюдженими у світі є мікробіологічні методи безвідходного виробництва – одержання біогазу за рахунок анаеробного зброджування. Надзвичайно цінним побічним продуктом при виробництві біогазу є одержання високоякісного органічного добрива.

На рис. 1 показано класифікацію технологій із процесом поетапного перетворення біомаси в енергетичний продукт.

Метод прямого спалювання є одним із найстаріших методів одержання теплової енергії. Але, необхідно зазначити, що є низка проблем в процесі його практичного використання, головною з яких є забезпечення максимально повного спалювання палива, результатом чого є утворення діоксиду вуглецю та води, що наносить шкоду навколишньому середовищу. До устаткування, яке застосовується при прямому спалюванні біомаси, належать камери згоряння, топки, печі. Біомасу можна використовувати для прямого спалювання в енергетичних установках у факелі, киплячому чи ущільненому шарі із наступним одержанням електричної та теплової енергії. Головною промисловою технологією даного методу є пряме спалювання у котлі та генерація електроенергії у паротурбінних установках.

Піроліз – це хімічне трансформація однієї органічної сполуки в іншу за рахунок дії тепла без доступу окиснювачів (повітря, кисню). Піроліз ще називають сухою перегонкою. Розроблена низка технологічних процесів проведення піролізу біомаси, технічні характеристики кожного із них залежать від природи сировини, методів переробки та заданих продуктів виробництва. Характеристики продуктів піролізу залежать від виду сировини та умов за яких проводиться процес. До основних продуктів піролізу належать паливна рідина, вуглиста речовина, паливні гази.

Газифікація біомаси – це трансформація твердих відходів біомаси у горючий газ за рахунок неповного їх окислення окиснювачем (киснем, повітрям, водяною парою) за високої температури. Газифікацію можна проводити практично будь-якого палива, результатом чого є одержання генераторних газів, які володіють значним діапазоном застосування – як палива для одержання теплової енергії, у різних

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE



Рис.1. Класифікація технологій із процесом поетапного перетворення біомаси в енергетичний продукт

технологічних процесах промисловості, в побуті, як паливо для двигунів внутрішнього згорання, у вигляді сировини для одержання аміаку, водню, метилового спирту та синтетичних рідких палив. Хоча, на сьогоднішній день, існує велика кількість методів газифікації, усім їм характерна одна і та ж сама реакція (рис. 2).

Газифікатори відрізняються різною продуктивністю та різним показником енергії у паливних газах. Низькокалорійний газ можна одержати провівши газифікацію різних типів біомаси – відходів лісової промисловості, органічних складових твердих міських відходів, відходів сільськогосподарського виробництва. Найбільш ефективним є застосування газифікаційних установок на парогазових і газотурбінних електростанціях.

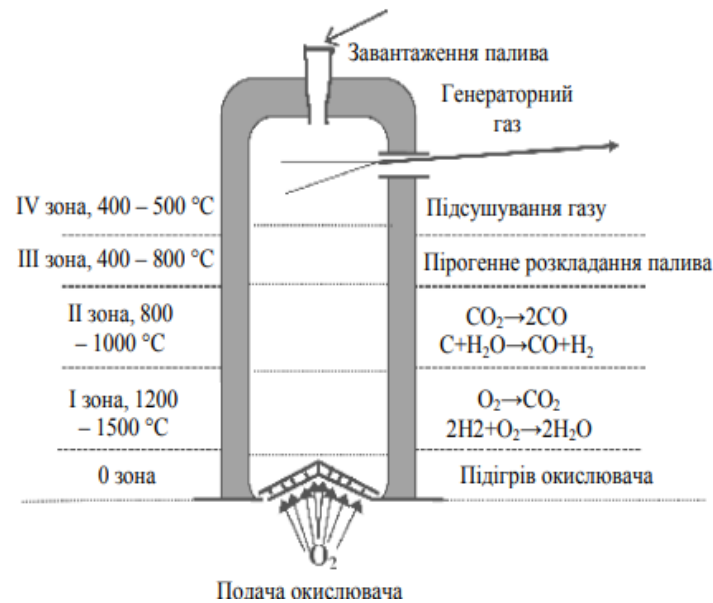


Рис. 2. Газифікація біомаси

Процес анаеробної ферментації – це процес розкладу складних органічних речовин на CH_4 та CO_2 із утворенням біогазу який складається із метану та вуглекислого газу, при цьому доля метану може становити до 70 %. Процес бродіння біомаси проходить без подання кисню у спеціальних реакторах-метантенках, конструктивні особливості яких забезпечують максимальне отримання метану. Особливо важливо щоб підчас процесу анаеробного зброджування були забезпечені оптимальні технологічні умови у реакторі-метантенку: подача кисню, температура, допустиме значення рН, достатня концентрація живильних речовин, відсутність або низька концентрація токсичних речовин.

Найефективнішими вважають біореактори, які працюють у термофільному режимі (43 – 62 °C). У такого роду реакторах із триденним процесом ферментації гною отримують 4,5 л біогазу на кожну літру корисного об'єму установки.

Порівняння енергетичних показників традиційних енергоносіїв із біогазом представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння енергетичних показників традиційних
енергоносіїв із біогазом

Продукт	Одиниці вимірювання	Еквівалент 1 м ³ неочищеного біогазу 23 МДж/м ³	Еквівалент 1 м ³ очищеного біогазу 35,2 МДж/м ³
Електроенергія	кВт·год	0,62	0,94
Природний газ	м ³	0,61	0,93
Вугілля	кг	0,82	1,25

Сучасні біогазові анаеробні установки складаються із наступних основних систем:

- система підготовки та завантаження сировини у біореактор;
- метантенка (біореактора);
- система зберігання та подачі біогазу до джерела споживання;
- система вивантаження та переміщення шламу.

Схему біогазової анаеробної установки для індивідуальних господарств показано на рисунку 3.

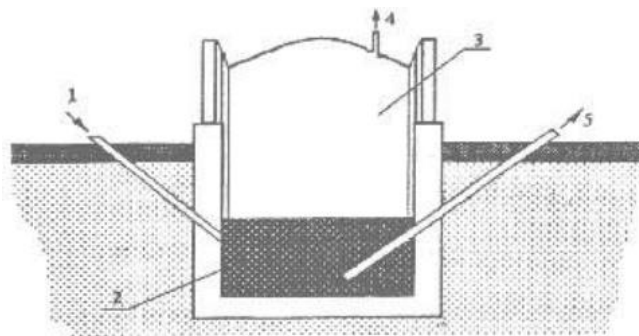


Рис. 3. Схема анаеробної установки для індивідуальних господарств:
1 – приймальний пристрій; 2 – метантенк (біореактор); 3 – простір для збирання біогазу; 4 – патрубок, з'єднуючий метантенк з газгольдером; 5 – пристрій для відкачування шламу з метантенку

Застосування біогазу дає можливість одержання електричної та теплової енергії, що є надзвичайно привабливим для селянських і фермерських господарств. У випадку масового поширення біогазових технологій на сільських теренах можна забезпечити значну економію традиційного палива.

З метою одержання біогазу, в останні роки, почали проявляти зацікавленість щодо вирощування та застосування в біореакторах водяну рослинну біомасу. Одна із найпродуктивніших водоростей є бурі водорості, які поширені у прибережних зонах морів й океанів. Її врожайність становить 450 ...1200 т сирої маси із 1 га.

Із 1 тони можна одержати 22 кДж енергії. Високими показниками врожайності характеризується також низка морських водоростей таких, як: водяний гіацинт, червоні водорості та інші.

На сьогоднішній день ефективно функціонує низка гібридних енергосистем. Наприклад, гібридна енергосистема «Біо–ТЕЦ, яка є замкненою для всіх біогенних елементів, окрім вуглецю, що спалюється

(рис. 4.).

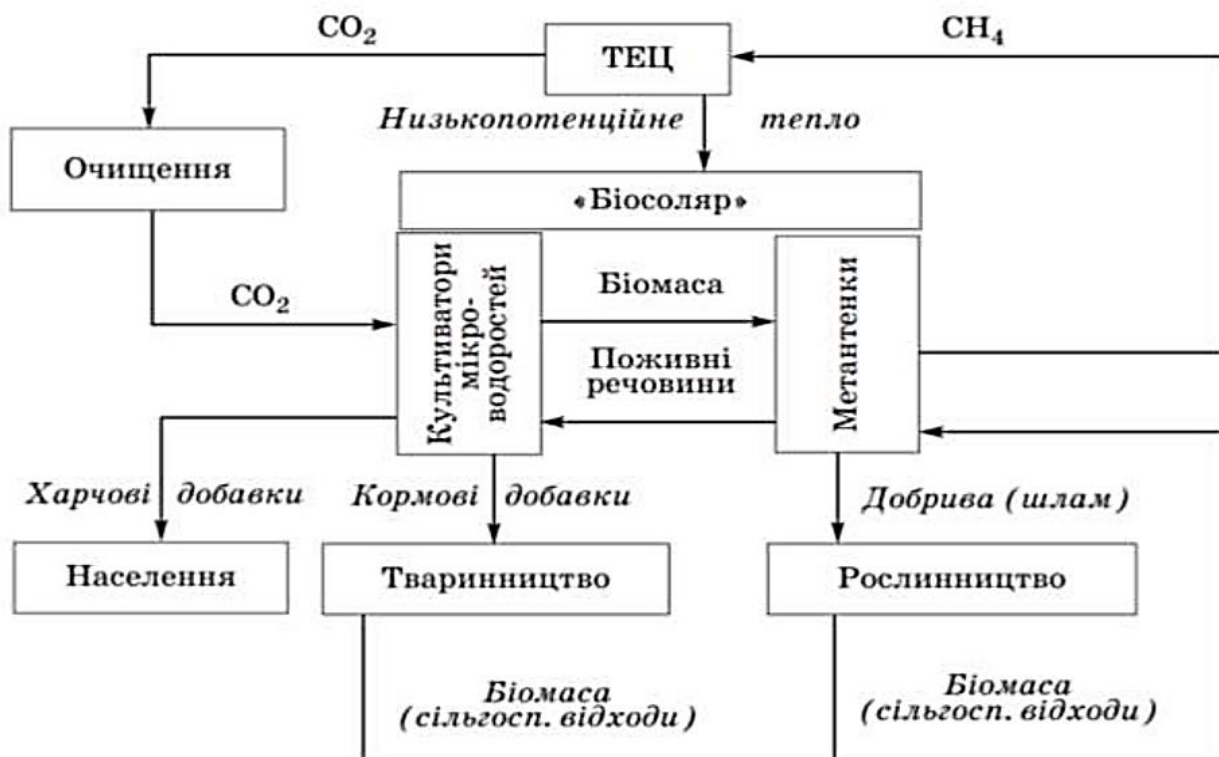


Рис. 4. Блок-схема гібридної енергосистеми «Біо– ТЕЦ»

Система «Біосоляр» це комплекс в якому відбувається культивування мікроводоростей, виділення з них харчових і кормових добавок, а відходи становлять один із елементів якими завантажуються метантенки. Для вирощування мікро-водоростей потрібний CO₂, який отримується при очищенні

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

викидів від спалювання біогазу на ТЕЦ. Для одержання біогазу застосовуються теж і відходи сільськогосподарського виробництва. У схемі передбачається також і додаткове (резервне) джерело живлення (природний газ), яке застосовується при потребі у зимовий час коли відсутня рослинна біомаса.

В Україні біоенергетика відрізняється значним енергетичним потенціалом біомаси, зокрема наявний у сільськогосподарських виробників надлишок стебел і соломи, що становить, за приблизними підрахунками, 20 млн. т. Даний потенціал можна використати як паливо для котелень, які розташовуються у сільській місцевості (споживання яких становить близько 2,9 млн. т у. п. в рік), та для великих промислових енергоустановок (рис. 5.)



Рис. 5. Паливний майданчик ТЕЦ «Albolmens Kraft-2» (Фінляндія), що працює на відходах деревообробної промисловості

Ще одним джерелом одержання біомаси є сміттєзвалища. Потенціальна можливість одержання біогазу із звалищ, за оцінками фахівців, становить – 1,6 млн. т у. п. Сировиною, для одержання біогазу, можуть слугувати практично усі відходи, що містять органічні складові.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.3.1

3.1 Computer modeling of the system of technical diagnostics of electric motors with the use of Petri nets

Today, with the development of technical progress in Ukraine and around the world, in general, the issue of improving the reliability and efficiency of operation of electromechanical equipment (EME), first of all, electric motors of mining machines, is becoming increasingly relevant, since a significant proportion of this equipment requires replacement due to the exhaustion of the limited service life or overhaul, and this, in turn, leads to significant material and time costs due to downtime of technological equipment, product damage due to accidents, reduction of production efficiency, etc. High labour intensity of technical diagnostics of the current state of electromechanical equipment, and sometimes the complete absence of such diagnostics causes depreciation of fixed assets, increase in the cost of repairs and increase in the volume of repair work [71].

Also, enterprises use rather inefficient systems of planned preventive repairs and maintenance based on the number of hours of electromechanical equipment operation. Such approaches have significant disadvantages due to the fact that repairs are carried out according to the already formed schedules at the enterprise or after calculating the operating hours of EME due to the lack of objective indicators and tools for planning repair work, high labor intensity of calculations of labor costs, labor intensity of accounting of parameters, the complexity of prompt adjustment of planned repairs. The existing structure of the PPR system provides for an accident-free model of operation and repair of EME, however, in practice it is necessary to take into account unplanned repairs, the cause of which is often unsatisfactory technical condition or accidents due to poor maintenance [72-73].

In fig. 1 shows a simplified structure of the EME maintenance system according to the actual state, which reveals the essence of the algorithm for performing repairs of electromechanical equipment on the principle of continuous monitoring and

diagnostics of technical condition. To implement this structure, it is necessary to develop a completely new model of the EME diagnostic system and apply modern technologies and devices, which will ensure a more normal organization of maintenance and reliable and efficient operation of the equipment [73].

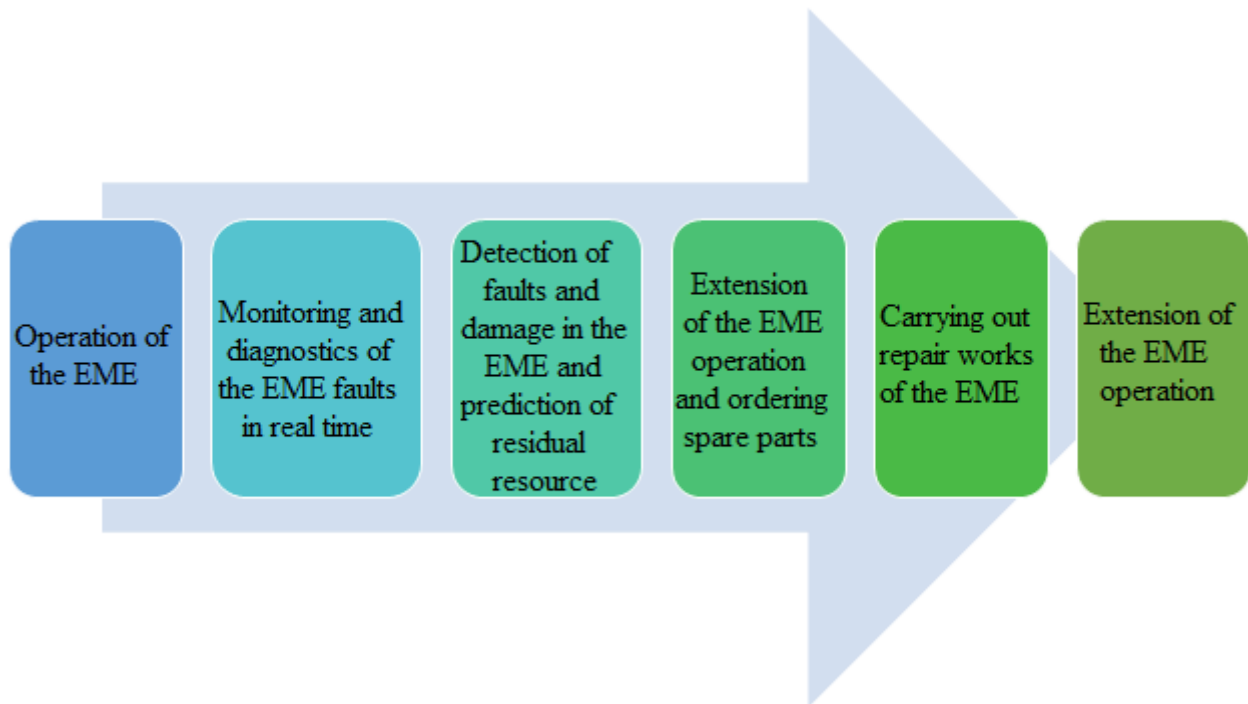


Figure 1. Simplified structure of the service system organization according to the actual state of electromechanical equipment

At the same time, the analysis of experience in the use of EME shows that a significant part of it still has a fairly large margin of reliability, and in the presence of reasonable recommendations, the service life of such equipment can be significantly increased. Such recommendations can be obtained by computer modeling of systems for diagnosing the technical condition of electric motors of mining machines.

The problem of reliability and technical diagnostics of electrical equipment has found numerous solutions in the works of Birger I., Haljasmaa A., Swee P., Kazak V.M., Dotsenko B.I., Kuzmin V.P., Kutsenko G.F. The problems of modeling complex systems based on Petri nets are devoted to the works of Peter J., Leskin A., Khanov A.A., Lomazov I.A.

Thus, the problem of developing and implementing computer models of systems for diagnosing the technical condition of mine electric motors using the most modern modeling methods based on the use of the Petri net approach remains relevant and requires new solutions, taking into account the requests for attracting modern developments in the field of information technology.

Currently, the assessment of the technical condition of electromechanical equipment is considered the main problem in its operation in production [74], the main task of which is to identify defects and damage to equipment.

Serviceable technical condition of the equipment is the state of EME that meets all the established parameters according to regulatory documents, otherwise it is defective. Defects in electromechanical equipment can occur at different points of the life cycle, namely, during manufacturing, installation, adjustment, operation, testing, repair, and have various consequences [75].

There are quite a lot of types of defects, which are usually divided into four main categories according to the degree of development of the defect: normal technical condition of the equipment; a defect at the initial stage of development that is subject to current repair, i.e. the presence of such a defect does not affect the operation of the EME; a highly developed defect for which major repairs must be carried out, the actual presence of such a defect limits the possibility of operation of electromechanical equipment and reduces the limited period of operation; a defect in the emergency stage of development, which leads the electrical equipment to its complete failure, that is, the presence of such defects makes the operation of EME impossible [71].

When identifying the current technical condition of electromechanical equipment and making decisions for its further operation, it is necessary to take into account the reliability and accuracy of the information obtained about its existing characteristic parameters that affect the condition of the equipment. Any method of control and diagnostics of technical condition can not provide complete reliability of the object of study. Measurements of diagnostic parameters may include errors, resulting in the possibility of obtaining a false diagnostic result. That is why for each method of diagnostics of technical condition there is its own regulatory documentation

that regulates the purpose of each method, the procedure, means of control, analysis of results, possible types of defects of EME and recommendations for their elimination.

Modern experience in the operation of electric motors shows a significant number of failures, and their accident rate is 25% or more annually [76]. At many industrial enterprises, sudden failure of electric motors leads to such undesirable consequences as financial costs associated with disruption of the technological process and damage to products as a result of the accident; energy costs due to increased power consumption, and reduced fire safety, as well as possible short circuits that occur in the stator or rotor winding of a damaged electric motor, and abnormal modes of operation of electric motors that appear when they are overloaded with currents greater than nominal. Thus, there is a need to diagnose the current state of electric motors during their operation and determine their residual service life. To determine the scope of repair of electric motors, it becomes necessary to identify the nature of their faults and defects, which are shown in fig. 2 [72]. Analysis of the structure and the causes and consequences of electric motor failures shows that, firstly, the parameters to be monitored in the detection of defects are reduced to changes in current, temperature and time when gaining the appropriate speed during the load of the electric motor. Secondly, the given list of faults and their consequences does not contain information on changes in the phase shift of currents, no-load losses, distortion of current changes in time, as well as deviations from the sinusoidal form of this change.

Modern diagnostics of electrical equipment is conventionally divided into three main areas: parametric diagnostics, fault diagnostics and preventive diagnostics [77], the main purpose of which is to determine the cause of anomalies and take the necessary measures to prevent equipment failure by collecting data on the past and current technical condition. Effective monitoring of electromechanical equipment contains three stages: detection of signs, diagnosis of damage and prediction of the technical condition itself [78]. The detection of signs and diagnosis of failures usually involves the detection of an abnormal condition, as well as the determination of the location of defects and the prediction of the degree of failure [76].

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

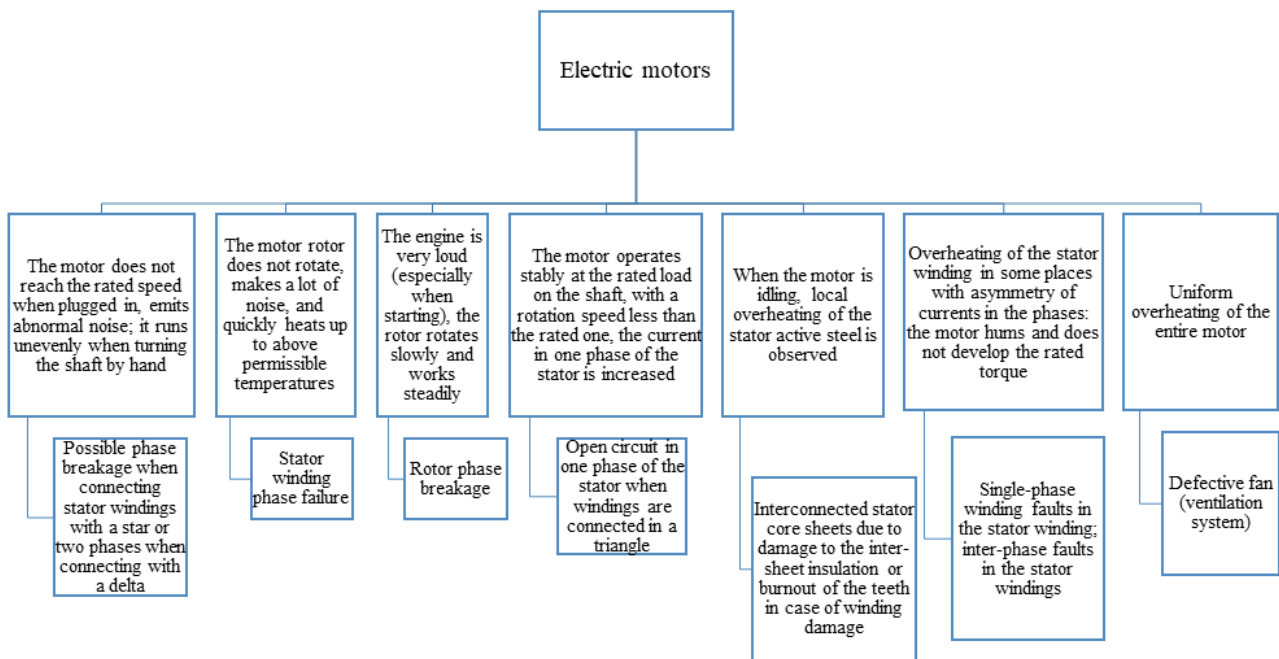


Figure 2. Possible defects of electric motors and causes of their occurrence

The use of a certain type of technical diagnosis is determined by the following conditions [77]:

- the purpose of the diagnostic object by the scope of use, operating conditions, etc;
- complexity of the object by design and the number of parameters for which control is performed;
- economic feasibility of diagnostics;
- degree of danger of emergency situation development and consequences of failures of the diagnostic object.

Currently, there are quite a few methods of monitoring and diagnostics of electromechanical equipment, but recently more relevant is the use of intelligent methods of diagnosing the technical condition of various systems, which involve the creation of mathematical models that contribute to understanding the behavior of a system, taking into account the detection of its damage and defects, while taking into account that mathematical modeling of complex processes of monitoring the state is a powerful tool in solving engineering problems in the diagnosis of technical conditions.

Therefore, due to the fact that the diagnostics of the state of any system is a complex bridging function due to the variety of controlled parameters, it is proposed to simplify the structure of the model and the efficiency of determining the states of electric motors by using modern information technologies with the use of Petri nets and advanced statistical methods. Now mathematical models using such algorithms are generally used in information systems [79-82] and in diagnostics in medicine [83-85] and complex mechanical systems [86]. In view of this, the construction of mathematical models of diagnostics is now becoming more widespread, but there are few available descriptions of models based on Petri nets, in particular in the field of technical diagnostics, although they show sufficiently high accuracy and reliability in modeling. Therefore, the use of this method for the construction of mathematical models of systems for diagnosing the technical condition and predicting the residual life of selected objects is quite relevant.

The main factor in the development of models of diagnostic systems for any electromechanical equipment is to determine the parameters that affect the technical condition, based on this, the choice of their set is justified. Thus, for the development of models, a system of classification of technical conditions was obtained (fig. 3), based on such energy-mechanical parameters as load - P , kW; voltage - U , kV; current - I , A; resistance - R , MOhm; temperature - t , °C; rotation speed - n , rev./min. The vector containing the set of selected parameters has the form:

$$C = \begin{bmatrix} P \\ U \\ I \\ R \\ t \\ n \end{bmatrix}. \quad (1)$$

The power of the set of all elementary events (tuples) in this case is $N(\Omega) = 4^6$, while the power of the admissible set of events (tuples) $N(K) = 21$.

In accordance with (1), the designation of indicators of the operating modes of electric motors is performed as follows: "0" - normal parameter values; "+" - increase in parameter values; "-" - decrease in parameter values; "Δ" - no characteristic parameter values. In fig. 1 shows the failure tree of mine electric motors, according to

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

which the classification of the obtained modes is performed with respect to four technical conditions, namely: normal operation, current repair, overhaul, complete failure of electrical equipment.

To perform the development of the model of the diagnostic system, first of all, the study of the influence of diagnostic indicators on the state of electric motors was carried out using the appropriate algorithm. Identification of factors influencing the appearance of these damages is provided by determining the correlation coefficient and checking its significance using Student's t-criterion. In this case, the null hypothesis H_0 is put forward that in the presence of the obtained sample set of values $x_i, i = 1, 2, \dots, m$ of some indicator, and the set of observations $y_i, i = 1, 2, \dots, m$ of some factor that can influence the studied indicator, the influence is not significant, while the alternative hypothesis H_1 states that the influence of the factor on the studied indicator is significant at the significance level $\alpha = 0.01$:

$$H_0: r_{xy} = 0, \quad (2)$$

$$H_1: r_{xy} \neq 0, \quad (3)$$

r_{xy} – correlation coefficient, which is defined as

$$r_{xy} = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (4)$$

x i y – respectively, the studied indicator and the influence factor between which the correlation is searched;

K_{xy} – correlation moment,

σ_x i σ_y – mean square deviations of the indicator and factor respectively.

Confirmation of the null hypothesis is provided by fulfilling the following condition:

$$|z^*| < t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n), \quad (5)$$

n – number of degrees of freedom, $n = m - 2$;

m – the size of the sample population;

$t_{1-\frac{\alpha}{2}}$ – quantile of the Student's distribution at the significance level α ;

z^* – sample criterion statistics on the corresponding empirical data:

$$z^* = \frac{r_{xy} \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} \quad (6)$$

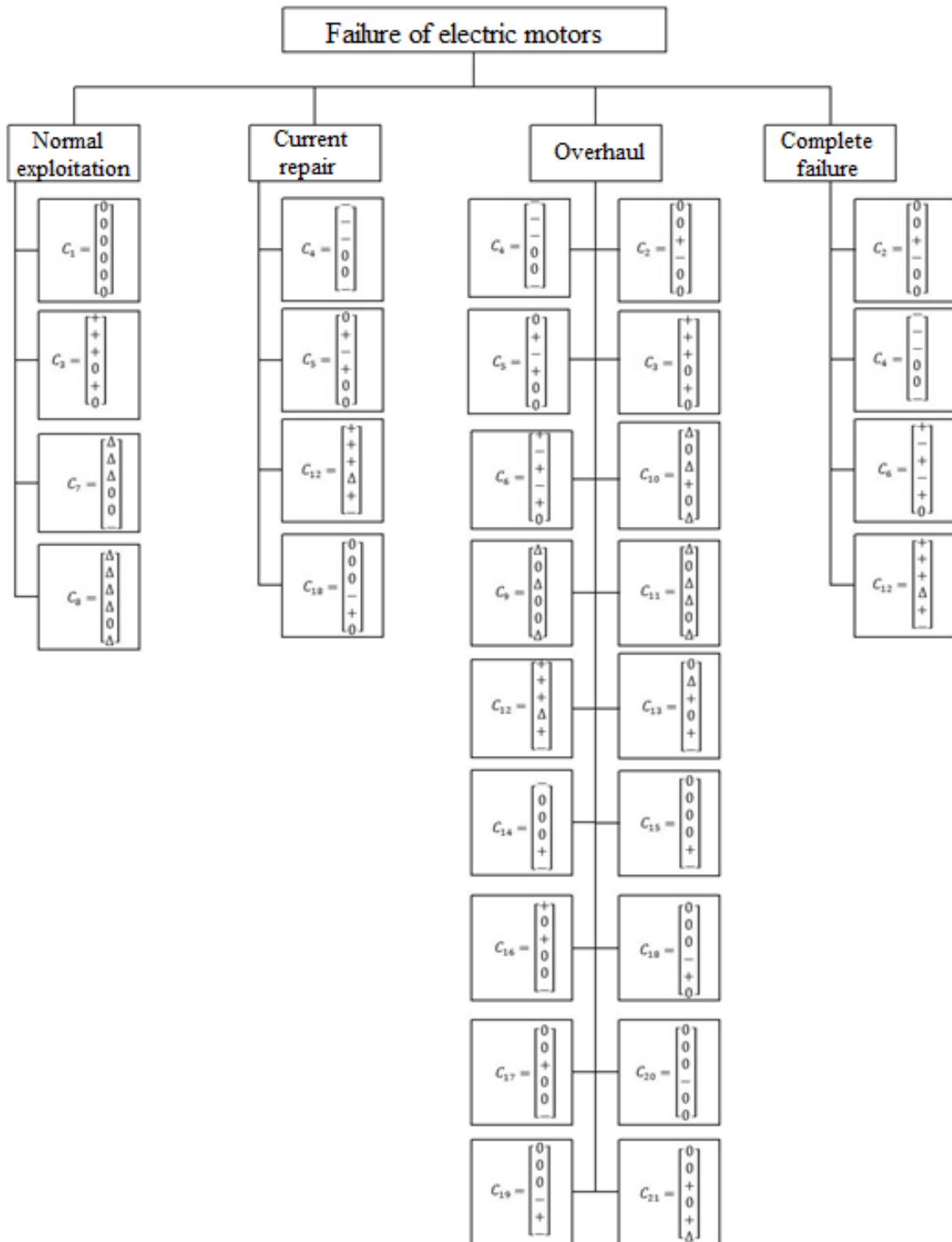


Figure 3. Failure tree of electric motors of mining machines

Thus, the dependences between the leakage current through the interphase insulation and the phase currents, between the phase shift of current and voltage and

the leakage insulation were determined. The first study was conducted using a computer model in Matlab - Simulink, which is shown in fig. 4. As a result of the research, it was found that the dependence of phase currents on load is more significant than the dependence on insulation resistance. As a result, it was assumed that the dependence on the load can be eliminated by determining the dependence of the leakage current on the difference between the phase currents. The results of the dynamics of changes in the difference of currents between the phases depending on the leakage current through the insulation are shown in fig. 5.

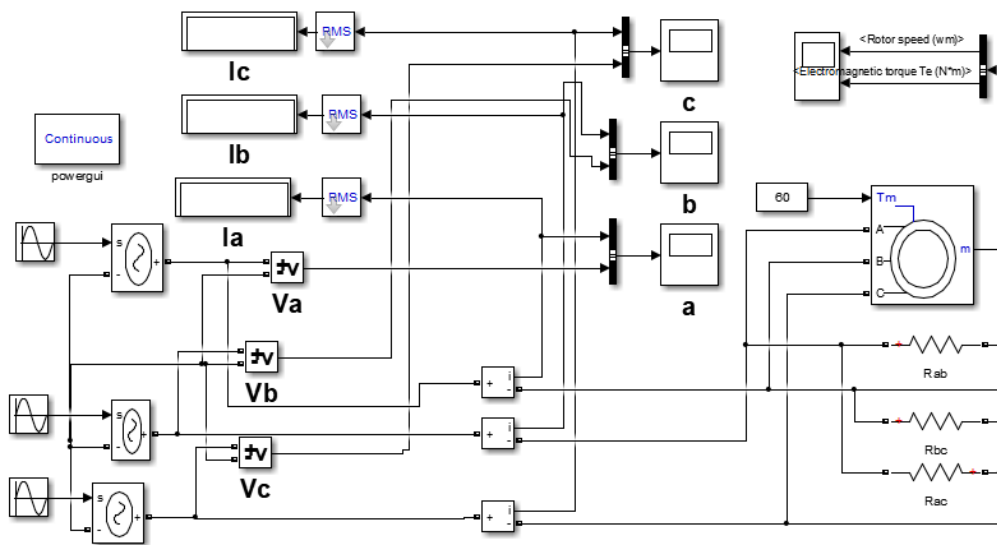


Figure 4. Computer model for measuring phase currents depending on leakage current through insulation

In Table 1, the definition of the critical values of the correlation coefficients is presented, which show that the hypothesis H_0 regarding the absence of the influence of the identified factors on the interphase insulation in electric motors is not confirmed, since the condition $|z^*| < t_{0,995}(20)$ is not fulfilled due to the fact that the sample value of the statistics significantly exceeds the quantile of the distribution of the Student's t-test at the significance level $\alpha = 0.01$. This circumstance indicates that the leakage current through the insulation between the phases of the motor correlates with the differences in the currents of phases AB and AC and allows us to confirm the occurrence of a violation of the interphase insulation in electric motors under the

influence of the identified factors.

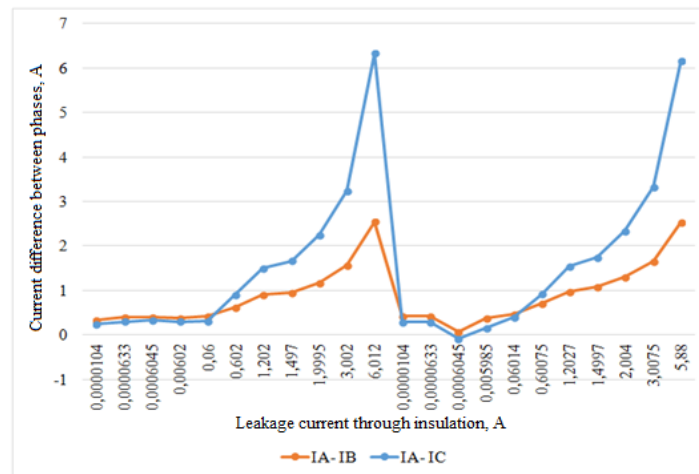


Figure 5. Dynamics of changes in the current difference between phases depending on the leakage current through the insulation

Table 1.

Determination of critical values of correlation coefficients

Parameter	Symbolic designation	r_{A-B}	r_{A-C}
correlation coefficient	r	0,989	0,9987
sample value of statistics	z^*	29,9	87,62
is the quantile of the distribution of the Student's t-test ($\alpha=0.01$)	t	2,85	2,85
acceptance of the hypothesis $H_0: r=0$	yes/no	no	no

Obtaining indicators of the dependence between the phase shift of current and voltage and the coil insulation was performed using the model shown in fig. 6. The dependences of phase currents and phase shifts on inductance were revealed, on the basis of which the parameters with which the coil fault can correlate were determined. The results of the research are presented in fig. 7.

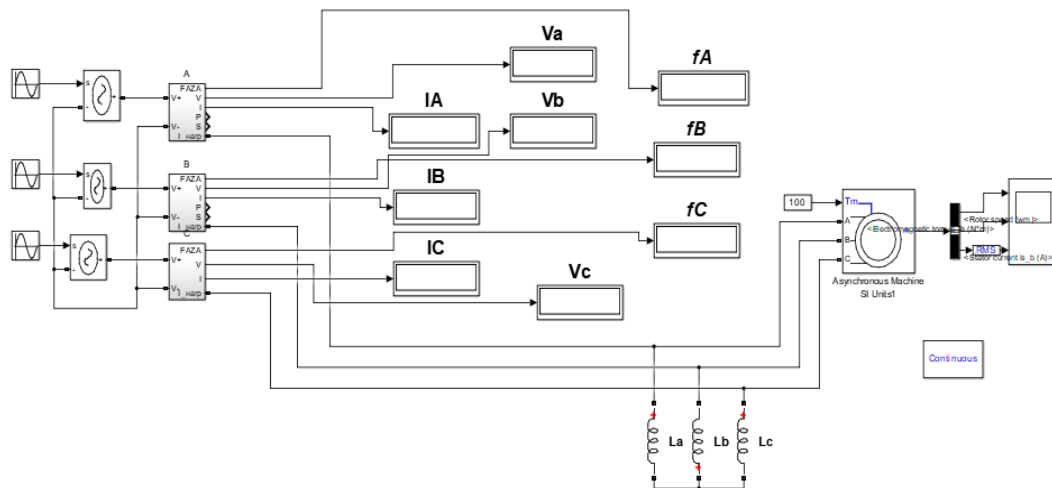


Figure 6. Computer model for determining the parameters with which the loop fault correlates

In Table 2, the results of the study of the critical values of the correlation coefficients are shown, which show that the hypothesis H_0 regarding the absence of the influence of the identified factors on the appearance of the coil insulation defect in motors is not confirmed due to the failure to meet the specified condition $|z^*| < t_{0,995}(14)$, since the sample value of the obtained statistical values significantly exceeds the quantile of the distribution of Student's t criterion at the significance level $\alpha = 0.01$. They also indicate that the fault is strongly related to the phase shift between voltage and current and significantly correlates with the difference of currents in the phases opposite to the one where the fault occurred.

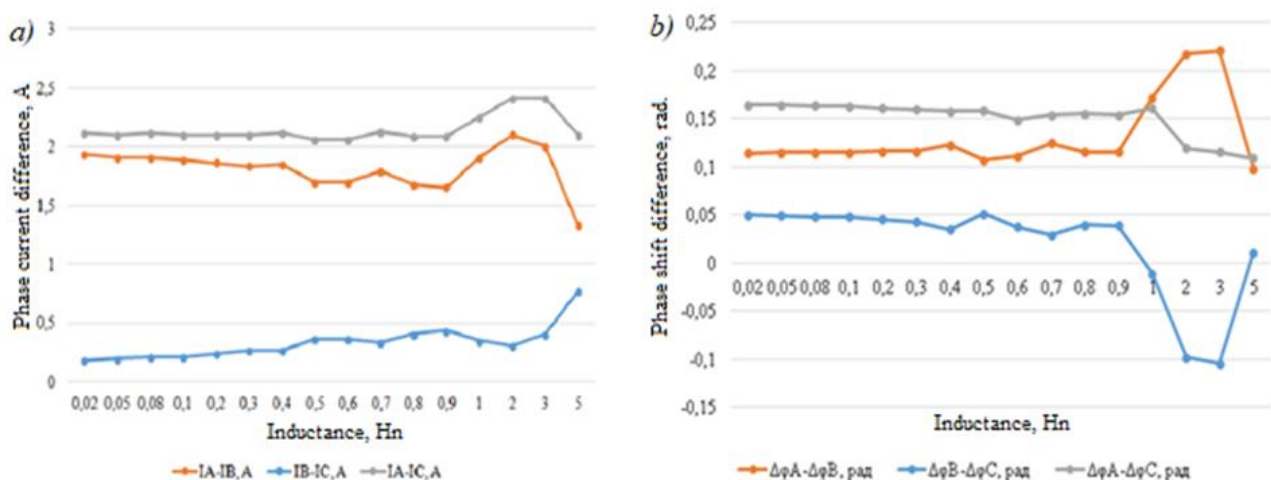


Figure 7. Dynamics of changes: a) difference of phase currents from inductance; b) difference of phase shift from inductance

Table 2.

Results of the study of critical values of correlation coefficients

Parameters		$I_A-I_B,$ A	$I_B-I_C,$ A	$I_A-I_C,$ A	$\Delta\varphi_A-$ $\Delta\varphi_B,$ rad.	$\Delta\varphi_B-$ $\Delta\varphi_C,$ rad.	$\Delta\varphi_A-$ $\Delta\varphi_C,$ rad.
correlation coefficient	r	-0,44	0,87	0,42	0,33	-0,59	-0,93
sample value of statistics	z^*	-1,833	6,602	1,732	1,308	-2,734	-9,467
is the quantile of the distribution of the Student's t-test ($\alpha=0.01$)	t	2,977	2,977	2,977	2,977	2,977	2,977
acceptance of the hypothesis $H_0: r=0$	yes/no	yes	no	yes	yes	yes	no

Thus, the obtained high correlation coefficients indicate the existence of a significant relationship between the leakage current through the phase-to-phase insulation and the phase currents, as well as between the phase shift of the current and voltage and the coil insulation of electric motors. These circumstances were taken into account when developing the model of current monitoring of energy-mechanical parameters and diagnostics of technical condition, which are associated with violations of coil and phase insulation.

Modeling of the diagnostic process using Petri nets is carried out using the event level and involves the use of graph theory. In this case, the transitions will reflect the events, and the positions, respectively, show the state that is assumed in the system, and the state that is accepted by the system after performing the appropriate actions. Analysis of the simulation results will allow to determine the technical condition of electric motors at any control algorithms and procedures performed.

The development of a model of the system for diagnosing the technical condition of mine electric motors is carried out using fuzzy Petri nets, which can be represented as a tuple [87]:

$$PN = \langle P, T, I, Q, M, Z, S \rangle, \quad (7)$$

P – a finite set of events, $P = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_n\}$;

T – a finite set of transitions, $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_v\}$;

I – input function $I(t) = p$, which determines the multiplicity of input arcs of transitions;

Q – output function that determines the multiplicity of output arcs of transitions
 $Q(t) = p$;

M – markings, $M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_w\}$, $m_i = m(p_i)$, $i = \overline{1 \dots w}$;

Z – parameters of time delay of markers in the network positions, $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_w\}$;

S – parameters of the time delay of markers in the network positions, $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_w\}$.

In fig. 8 shows the Petri net of the process of controlling a set of energy-mechanical parameters and diagnosing the technical condition of electric motors of mining machines.

Modeling using Petri nets should meet the following requirements [88]:

$$|I(p_i)| = |[t_j | p_i \in Q(t_j)]| = 1, \quad (8)$$

$$|Q(p_i)| = |[t_j | p_i \in I(t_j)]| = 1. \quad (9)$$

Moreover, the transition $t_j \in T$ performed under the following condition [89-91]:

$$t_j: m(p_i) \geq \#(p_i, I(t_j)). \quad (10)$$

Then the new marking will be defined as follows:

$$m'(p_i) = m(p_i) - \#(p_i, I(t_j)) + \#(p_i, Q(t_j)), \quad (11)$$

and if condition (10) is not satisfied, then the marking will be as follows:

$$m''(p_i) = m(p_i) - \#(p_i, I(t_{j+1})) + \#(p_i, Q(t_{j-1})), \quad (12)$$

where the following restriction arises:

$$t_{j+1}: m(p_i) \geq \#(p_i, I(t_{j+1})). \quad (13)$$

According to fig. 8, the formal description of the model of the electric motor diagnostic system is as follows:

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

- finite set of events $P = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_{46}\}$
- finite set of transitions $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_{47}\}$
- set of input functions $I = \{I(t_1), I(t_2), I(t_3), \dots, I(t_{47})\}$
- set of output functions $Q = \{Q(t_1), Q(t_2), Q(t_3), \dots, Q(t_{47})\}$

Let us describe the main components of the above model (fig. 8), which show the algorithm for performing the process of diagnosing the electric motors of mining machines:

- start of diagnostics p_0 ;
- signal is applied to the motors t_1 ;
- formation of technical characteristics of electric motors of 7 types $p_1, p_2, p_3, p_4,$

p_5, p_6, p_7 ;

- measurement of six parameters for each electric motor $t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$;
- evaluation of energy-mechanical parameters, namely load P, kW ; voltage U, V ;

current I, A ; insulation resistance R, Ohm ; temperature $t, ^\circ C$; rotor speed $n, rev./min.$:

$$p_8(P, kW)=[P_k], p_9(U, V)=[U_k], p_{10}(I, A)=[I_k], p_{11}(R, Ohm)=[R_k], p_{12}(t, ^\circ C)=[t_k],$$

$$p_{13}(n, rev./min.)=[n_k],$$

$k=1,2,3,4,5,6,7$ – respectively, the type of electric motors that are diagnosed.

- the measured parameters are compared $t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}$;
- the formation of possible operating modes of electric motors $p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17},$

$p_{18}, p_{19}, p_{20}, p_{21}, p_{22}, p_{23}, p_{25}, p_{25}, p_{26}, p_{27}, p_{28}, p_{29}, p_{30}, p_{31}, p_{32}, p_{33}, p_{34}$, is carried out, and each mode corresponds to the following set of parameters:

$$C_{k_l} = \begin{bmatrix} P_k, kW \\ U_k, V \\ I_k, A \\ R_k, Ohm \\ t_k, ^\circ C \\ n_k, rev./min. \end{bmatrix}, \quad (14)$$

$l = \overline{1,2, \dots, f}$ – number of the corresponding mode of operation of electric motors.

- the received parameters of the corresponding operating state of the electric motors are transmitted $t_{15}, t_{16}, t_{17}, t_{18}, t_{19}, t_{20}, t_{21}, t_{22}, t_{23}, t_{25}, t_{25}, t_{26}, t_{27}, t_{28}, t_{29}, t_{30}, t_{31}, t_{32},$
- t_{33}, t_{34}, t_{35} ;

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

- a decision is made on the technical condition in accordance with the results of the comparison of the measured energy-mechanical parameters: p_{35} – normal exploitation; p_{36} – current repair of the electric motor; p_{37} – overhaul of the electric motor; p_{38} – complete replacement of damaged parts at the electrical plant;

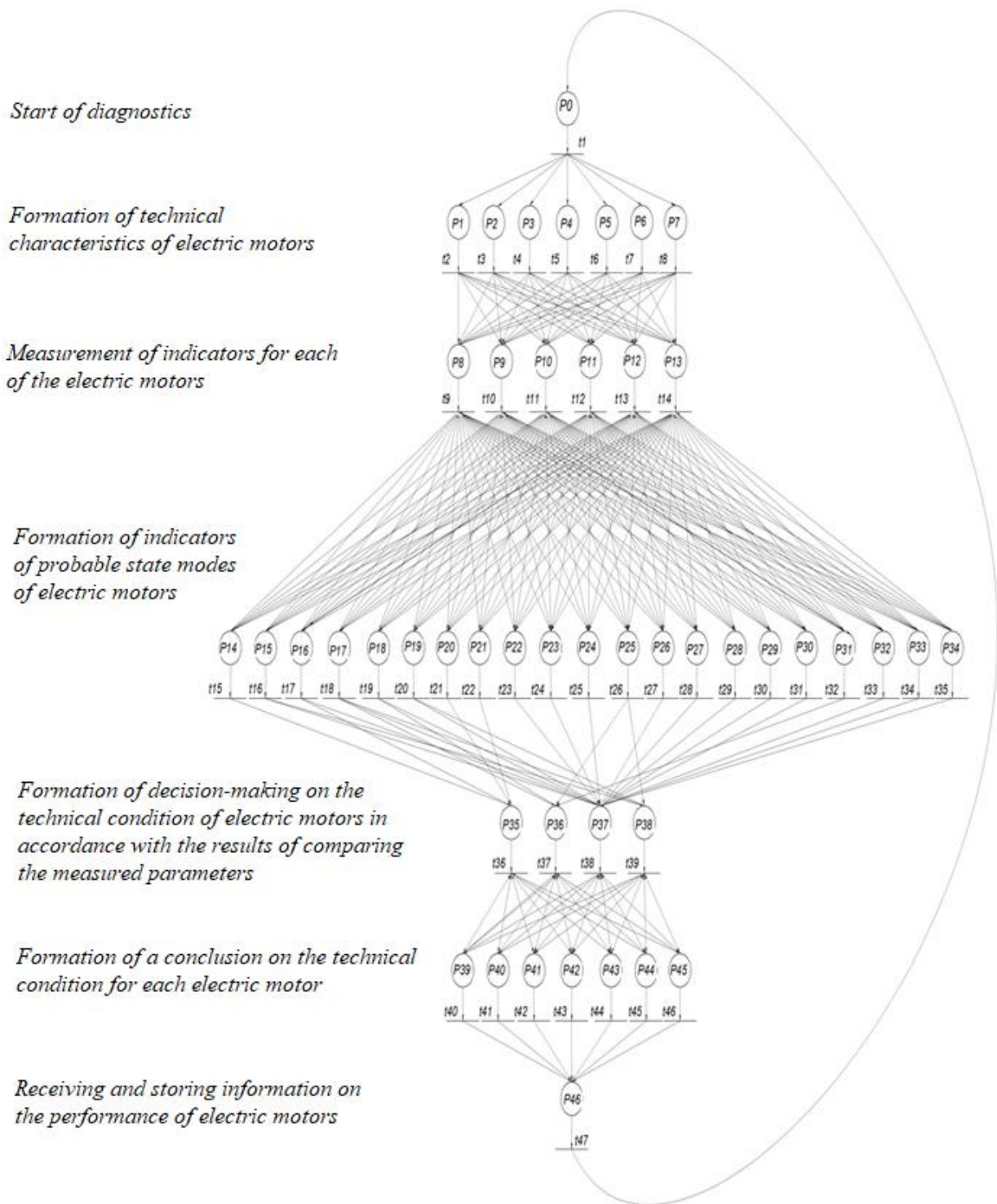


Figure 8. Model of the process of control of a set of energy-mechanical parameters and diagnostics of the technical condition of mine electric motors using Petri nets

- transfer of the obtained diagnosis of the current state for each of the engines t_{36} , t_{37} , t_{38} , t_{39} ;
- the formation of a conclusion on the technical condition for each of the diagnosed electric motors p_{39} , p_{40} , p_{41} , p_{42} , p_{43} , p_{44} , p_{45} is provided;
- information about the current state is transmitted to the information network t_{40} , t_{41} , t_{42} , t_{43} , t_{44} , t_{45} , t_{46} ;
- information on the performance of electric motors is received and stored in the system p_{46} ;
- if necessary, the process of collecting information on monitoring of electric motors is repeated t_{47} .

According to these conditions, we form a dynamic model for the given scheme, which is defined by the system of equations:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 m'(p_0) = m(p_0) - 1(\#(p_0, I(t_1))=1) - 1(\#(p_{46}, I(t_{47}))=1) + 1(\#(p_0, Q(t_{47}))=1), \\
 m'(p_1) = m(p_1) - 1(\#(p_1, I(t_1))=1) + 1(\#(p_1, Q(t_2))=1), \\
 \dots \\
 m'(p_{14}) = m(p_{14}) - 1(\#(p_{14}, I(t_9))=1) - 1(\#(p_{14}, I(t_{10}))=1) - 1(\#(p_{14}, I(t_{11}))=1) - \\
 - 1(\#(p_{14}, I(t_{12}))=1) - 1(\#(p_{14}, I(t_{13}))=1) - 1(\#(p_{14}, I(t_{14}))=1) + 1(\#(p_{14}, Q(t_{15}))=1), \\
 m''(p_{14}) = m(p_{14}) - 1(\#(p_{14}, I(t_{15}))=1) + 1(\#(p_{14}, Q(t_9))=1) + 1(\#(p_{14}, Q(t_{10}))=1) + \\
 + 1(\#(p_{14}, Q(t_{11}))=1) + 1(\#(p_{14}, Q(t_{12}))=1) + 1(\#(p_{14}, Q(t_{13}))=1) + 1(\#(p_{14}, Q(t_{14}))=1), \\
 \dots \\
 m'(p_{45}) = m(p_{45}) - 1(\#(p_{45}, I(t_{36}))=1) - 1(\#(p_{45}, I(t_{37}))=1) - 1(\#(p_{45}, I(t_{38}))=1) - \\
 - 1(\#(p_{45}, I(t_{39}))=1) + 1(\#(p_{45}, Q(t_{46}))=1), \\
 m''(p_{45}) = m(p_{45}) - 1(\#(p_{45}, I(t_{46}))=1) + 1(\#(p_{45}, Q(t_{36}))=1) + 1(\#(p_{45}, Q(t_{37}))=1) + \\
 + 1(\#(p_{45}, Q(t_{38}))=1) + 1(\#(p_{45}, Q(t_{39}))=1), \\
 m'(p_{46}) = m(p_{46}) - 1(\#(p_{46}, I(t_{40}))=1) - 1(\#(p_{46}, I(t_{41}))=1) - \\
 - 1(\#(p_{46}, I(t_{42}))=1) - 1(\#(p_{46}, I(t_{43}))=1) - 1(\#(p_{46}, I(t_{44}))=1) - \\
 - 1(\#(p_{46}, I(t_{45}))=1) - 1(\#(p_{46}, I(t_{46}))=1) + 1(\#(p_{46}, Q(t_{47}))=1),
 \end{array} \right. \quad (15)$$

The developed mathematical model allows classifying diagnostic objects into four classes, provided that the residual life of electric motors is obtained: normal operation, current repair, overhaul and complete failure.

The study of the given dynamic model of the system for diagnosing the technical condition of mine electric motors using Petri nets is carried out according to the

algorithm shown in fig. 9.

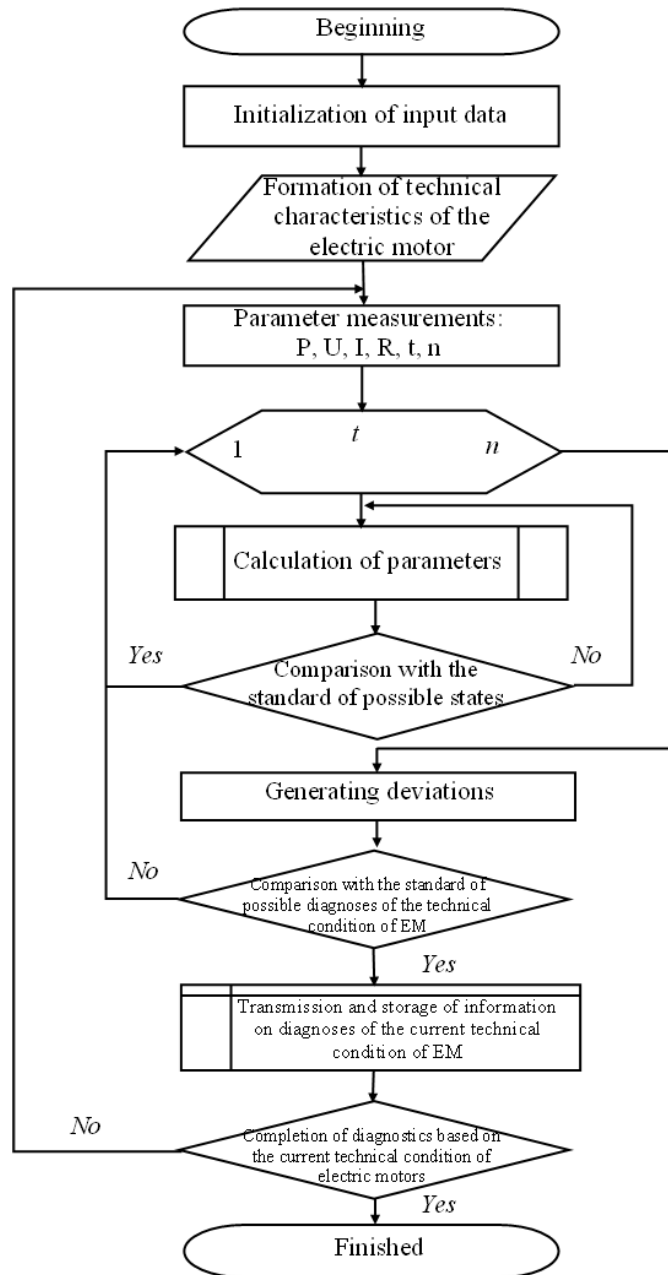


Figure 9. Modeling algorithm in terms of Petri nets in the form of a block diagram

The study was carried out in accordance with the collected sample of 200 observations on electric motors of 7 types of electric motors (EKV4-140 - 35 pcs., EKV4-160-2 - 23 pcs., EDKOFV-51/4 - 38 pcs., EDKOFV-315M4 - 26 pcs., VAO62-4-U5 - 28 pcs., VAO2-280S4 - 31 pcs., 2BP250S4 - 19 pcs.), which, in turn, were classified into four classes: normal operation, current repair, overhaul and complete failure (fig. 10). The results of the study of the obtained model of the system for

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

monitoring energy-mechanical parameters and diagnosing the technical condition of mine electric motors using Petri nets are shown in fig. 11.

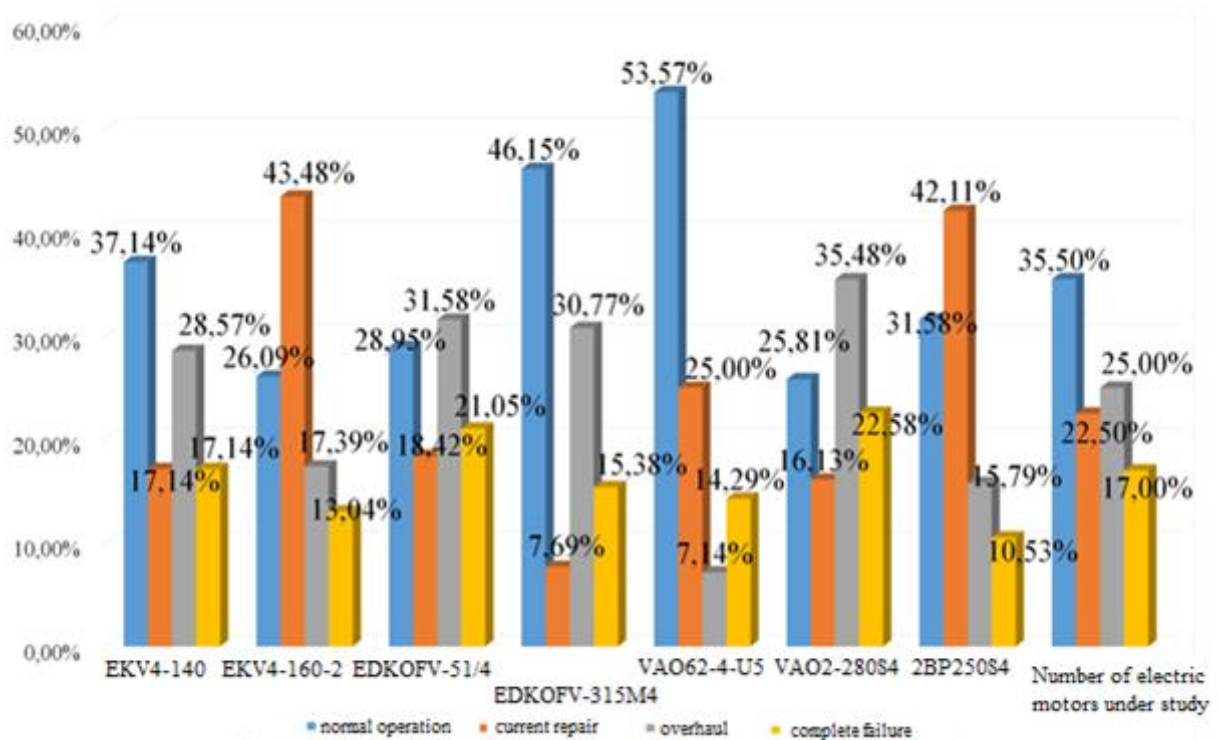


Figure 10. Empirical indicators of the state of the objects under study

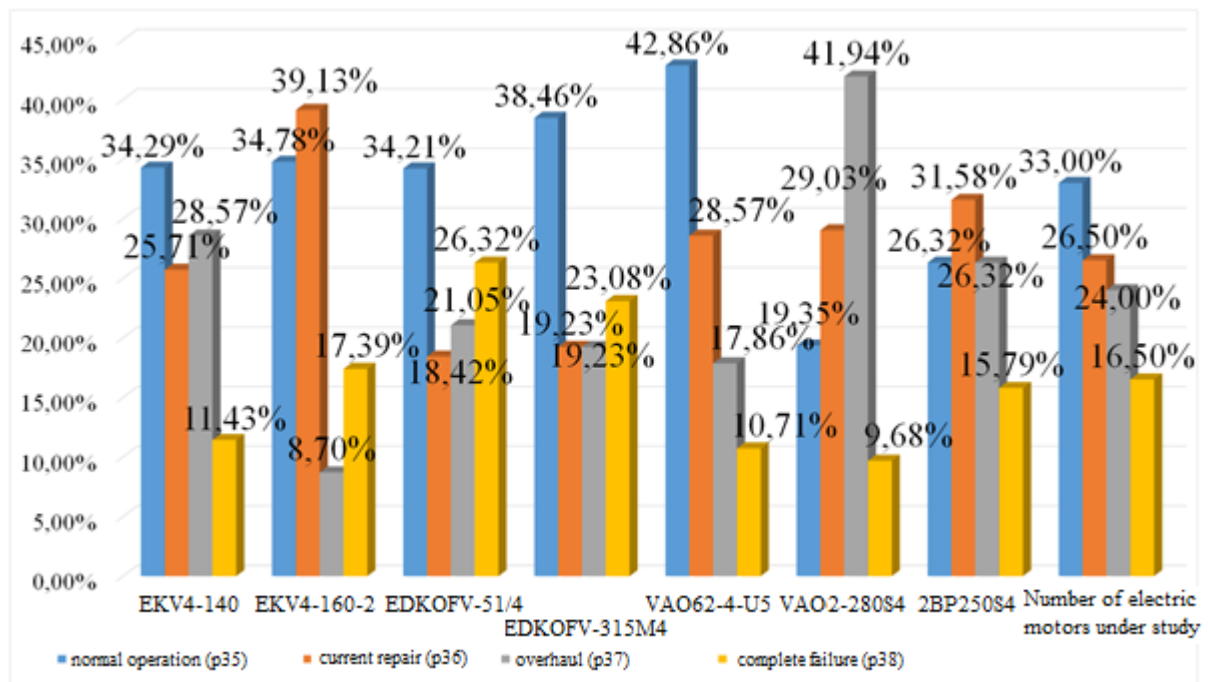


Figure 11. Results of implementation of the model of the diagnostic system for electric motors based on Petri nets

Fig. 12 and Table 3 show the differences in the results of the study of the technical condition of electric motors from the reference values. A comparison of the known empirical data of the EMs to be diagnosed with the obtained results of their diagnostics according to the developed model was performed.

Table 3.

Results of engine diagnostics by the obtained model
in comparison with empirical data

Type of electric motors	Deviations from empirical indicators (model based on Petri nets)			
	normal exploitation, %	current repair, %	overhaul, %	complete replacement, %
EKV4-140	-2,86	+8,57	0,00	-5,71
EKV4-160-2	+8,70	-4,35	-8,70	+4,35
EDKOFV-51/4	-5,26	0,00	-10,53	+5,26
EDKOFV-315M4	-7,69	+11,54	-11,54	+7,69
VAO62-4-U5	-10,71	+3,57	+10,71	-3,57
VAO2-280S4	-6,45	+12,90	+6,45	-12,90
2BP250S4	-5,26	-10,53	+10,53	+5,26
Absolute average deviation from empirical values	6,7	7,35	8,35	6,39

Thus, according to the data obtained, it can be seen that the maximum deviation of the modeling results using Petri nets from the empirical values is about 11%, and the absolute average deviation is in the range of 6-8.5%. However, in the case of the types EDKOFV-315M4 and VAO2-280S4, the obtained deviation indicators are slightly overestimated and amount to $\pm 11.54\%$ and $\pm 12.9\%$, respectively.

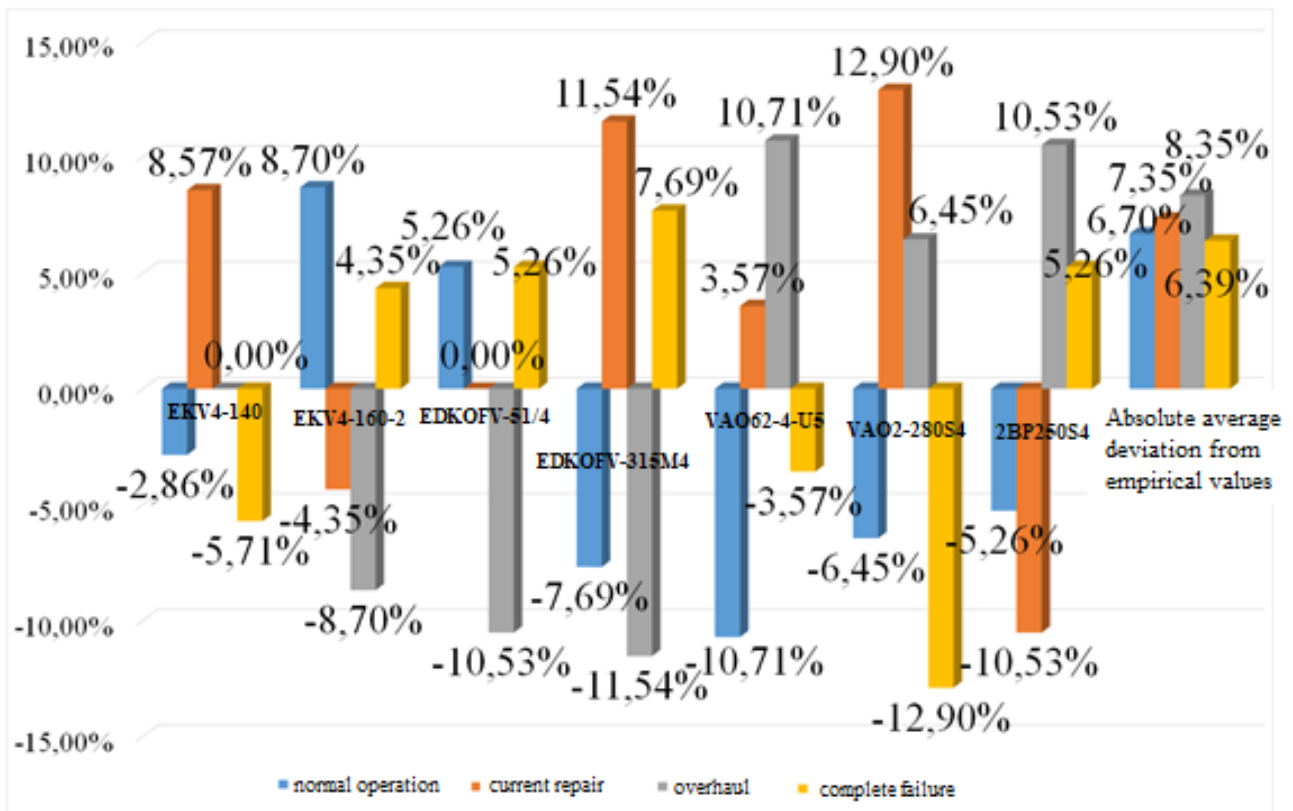


Figure 12. Deviation of simulation results from empirical values (model based on Petri nets)

The developed model of the system of diagnostics of the technical condition of electric motors of mining machines with the use of Petri nets has shown quite high reliability of diagnostics. When comparing the results of all models with each other for each of the seven types of electric motors, it was found that the closer the result to the empirical values, the higher the reliability of determining their technical condition.

The quality of the developed model of the diagnostic system was also determined by testing, which was based on the control of two indicators of the developed algorithm, namely the time of diagnostics due to the control of energy-mechanical parameters (0.024 sec.) and the coincidence of diagnostic results with empirical indicators (92.8 %). In view of this, the advantages of the obtained model with the use of Petri nets can be noted: quite good indicators of coincidence of diagnostic results and insignificant time costs of implementation, which leads to its recommendation for use in diagnosing the technical condition of electric motors of mining machines.

3.2 Visualization and analysis of sorting algorithms

Introduction. Creating a program to visualize sorting algorithms [92-94] can make this topic easier for students [93-96] or others starting a career in programming or a related field.

The visualization aspect is essential as it enables decision makers to analyze the proximity of the optimal solution [97-101]. Using different types of visualizations will increase the visibility of the algorithm [100, 102-105] and deriving various additional data will help the analysis process [93, 100, 106].

We all know that sorting is used everywhere these days [92, 95, 107, 108, 109]. Because it's obvious – it's much easier to work with sorted data [100, 106]. There is no website that does not use sorting. Not to mention software and even video games. However, many developers don't care about the choice of algorithm [106], and often even use libraries that make programs overloaded. However, with the right choices, you can reduce the resources and time required for processing.

Thus, the software that visualizes the sorting process will help people to see clearly [107] in which case it would be more appropriate to use the appropriate algorithm [93, 100, 106, 110] and obtain accurate data, which, with proper statistical processing [97, 103], will allow you to make sure of your choice [92, 111, 112].

Actuality of theme. The main problem of our software:

- small target audience (interest and demand for the product);
- large number of programs of a similar direction (competitors);
- low possibility of earning on the product (lack of the ability to insert advertising and low demand).

To solve these problems, you need a strong marketing company:

- an offer to schools from different cities of Ukraine, and maybe other countries, to use our application for learning in computer science lessons of middle classes;
- collaboration with other applications;
- expansion of functionality in subsequent updates (possible addition of sorting

user data with the integration of sql, excel and other files).

The object of research is the visualization of algorithms.

The subject of research is sorting algorithms.

Research methods: comparison of visualization methods with competitors.

The aim of the work is to create an application that would help the young and not only generation to be interested in the world of IT by showing the work of the initial algorithms, namely sorting algorithms. The software should have a convenient and modern interface and be more functional than that of competitors.

With our application, people will be able to expand their horizons by learning different digital ways of sorting numbers and, thanks to the statistics we display, determine the appropriate one for a particular case.

Results and discussion.

(a) Scope. The project team is working hard and doing everything possible to create software for visualizing sorting algorithms and data processing of these algorithms, which:

- during its work will not load the computer too much. This is necessary in order to make the application more convenient to use and give the most accurate data. The program should display the coefficient of time that is spent on sorting the array. Our task is to make this coefficient as low as possible even for the slowest computers;

- showed correctly sorted data without any errors and inaccuracies. This issue is dealt with by the tester in cooperation with the main developer;

- had a user-friendly interface that would be easy and efficient to work with. It should also have pleasant colors so that when working with the application for a long time, the user's eyes do not get tired and he can continue working as long as possible. The software must have a beautiful, stylish design (fonts, buttons, colors, images) in order to attract new users while maintaining a high download speed;

- clearly shows the work of sorting algorithms. The introduction of several types of visualization will increase the visibility effect and attract more users;

- is different from other similar applications of competitors to maintain interest in the product;

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

– has a navigation system for easier and faster mastering of the interface and the operation of the product as a whole;

– will have a convenient placement of information.

This software will not have:

– sorting text data (only arrays of numbers);

– operation of all existing sorting algorithms at the initial stage. Our task is to release our product as quickly as possible, and new algorithms can be introduced with subsequent updates;

– detailed and complex customization of algorithms by the user. The audience we are counting on are people who are just starting their way into algorithms and programming in general.

Stakeholders. Several Stakeholders were involved in the creation of the software and its documentation. They are divided into development (Table 1) and testing groups (Table 2-3)

Development group (Table 1).

Table 1.
Stakeholder Main software developer

Name	Main software developer
Description	Lead Creator of the Product
Responsibilities	Writes code and creates an interface for the entire application. Decides what specific goals are to be achieved and what the overall software should look like
Skills	Knowledge of the C# programming language, knowledge of Windows Forms, understanding of the operation of sorting algorithms

Testing group (Table 2-3).

Table 2.
Stakeholder Main tester

Name	Main tester
Description	Lead Product Tester
Responsibilities	Tests the entire code for bugs, looks for parts of the code in which the user can enter data and intentionally enters incorrect values
Skills	Knowledge of the C# programming language, knowledge of Windows Forms, tester skills

Table 3.

Stakeholder Text editor

Name	Text editor
Description	Makes amendments to the text of the documentation
Responsibilities	Rereads the text written by Main software developer in search of grammatical, spelling and semantic errors
Skills	Perfect knowledge of Ukrainian and English, ability to use Microsoft Word, general understanding of the topic

Non-functional requirements:

1. User friendly. Our users will be people who are just starting their journey in IT (and maybe in computer technology), so the interface and the program itself should be easy to use.

2. No bugs due to user errors. The places where the user can enter any data should be rechecked and give the user an internal error, not a code error.

3. Ability to change / update / read the code. Updates are planned in our software with the further addition of new functions and algorithms. Therefore, the code should be understandable and be able to add something to it.

4. High performance. The program must perform its functions without any delay, otherwise it may affect the analysis of sorting algorithms or the overall user experience.

Terms and acronyms. Terms:

- C# – object-oriented programming language.
- Bug – coding error in a computer program
- Stakeholders – people involved in the project
- Interface – set of means by which the user interacts with various

programs and devices:

- Excel – spreadsheet program

Acronyms:

- SQL – structured query language
- IT – information technology

(b) Application Component. The project implements only one component – application. This is because no database, web server, or any other external component is connected to the software.

The application works in C# using Windows forms (Figure 1).

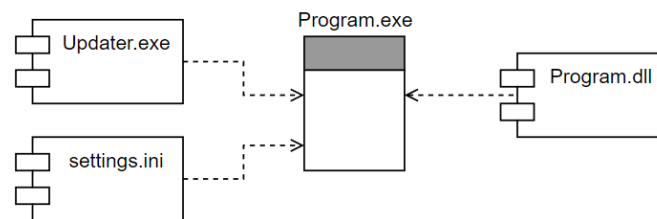


Figure 1. Component diagram

It consists of three parts: control panel (entering the number of elements in the array box, entering the range of possible numbers box, array generation button, drop-down list with sorting algorithms, array sorting button, pause button, delay increase and decrease buttons), text visualization panel and panel graphic visualization.

Responsibilities. The application should work continuously and smoothly, not crash, not wait for a response. Also, there should be no errors associated with user input. All algorithms must work correctly and output the result with minimal delay.

Features. Windows Forms is very handy for creating applications. Its peculiarity is that the creation of the interface is much easier and intuitive. To assign a code when you press any of the buttons, you can simply double-tap it. It is also very easy to modify the interface itself in the future (for more detailed modification, there are separate libraries).

Setup. In order to setup the application, we recommend that you install Visual Studio. When installing, check the boxes next to .net and Windows Forms.

Usage. The code runs in a separate window. To use it, a short instruction was created:

First, enter the number of array elements (minimum 3, maximum 200). After we enter in what range random numbers will be generated for our array. Next, select the

type of sorting and click the button to start sorting. While the algorithm is running, we can change the delay and pause.

(c) Use-Case View. The Use-Case View of our project is very simple due to the limited functionality (due to the uselessness of extra functions) and the small size of the project itself (Figure 2).

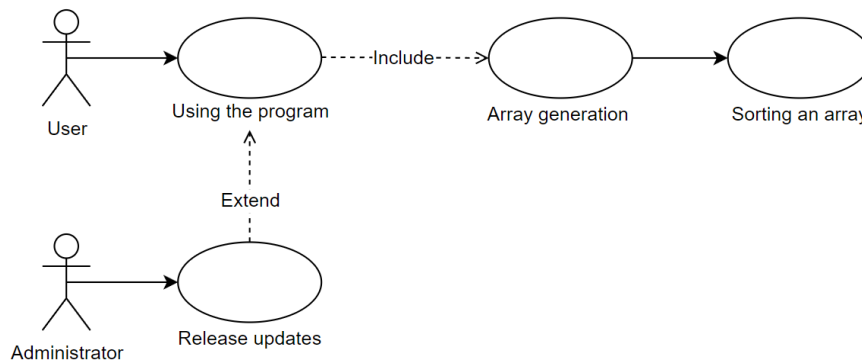


Figure 2. User Case diagram

Using the program. Using the program includes any user actions aimed at obtaining the result of the application (viewing the visualization of the sorting of the array during the program's operation and obtaining a sorted array). Includes array generation and sorting.

Array generation. Random array generation by pressing a button. At this stage, the application has no other way to generate array (from user documents, or by user input).

Sorting an array. Start sorting by pressing the button and wait for sorting to finish. Until the end – viewing visualizations of different types (text and diagram).

Release updates

Release by the administrator of updates created by the main software developer. Expands the possibilities of using the program by the user.

(d) Logical View. In our project, there is no Business Services Package due to the lack (at this stage of development) of possible profit and any user authorization.

The user interface package includes classes to simplify the user's work with the program and better visual display.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

The application package includes classes for processing user input and outputting a specific desired result from that processing. Processing is the sorting of the data that is in the data package.

The data package includes classes for storing data such as a generated array consisting of random numbers from a range entered by the user (Figure 3).

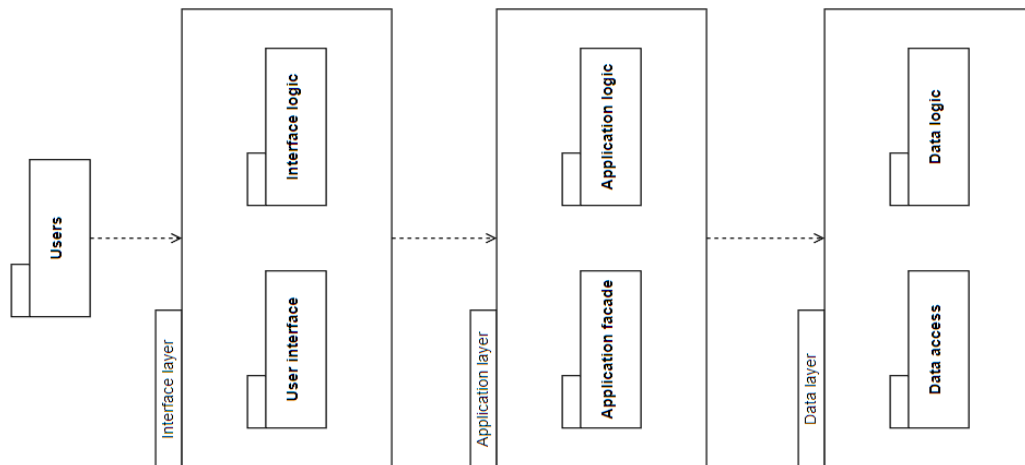


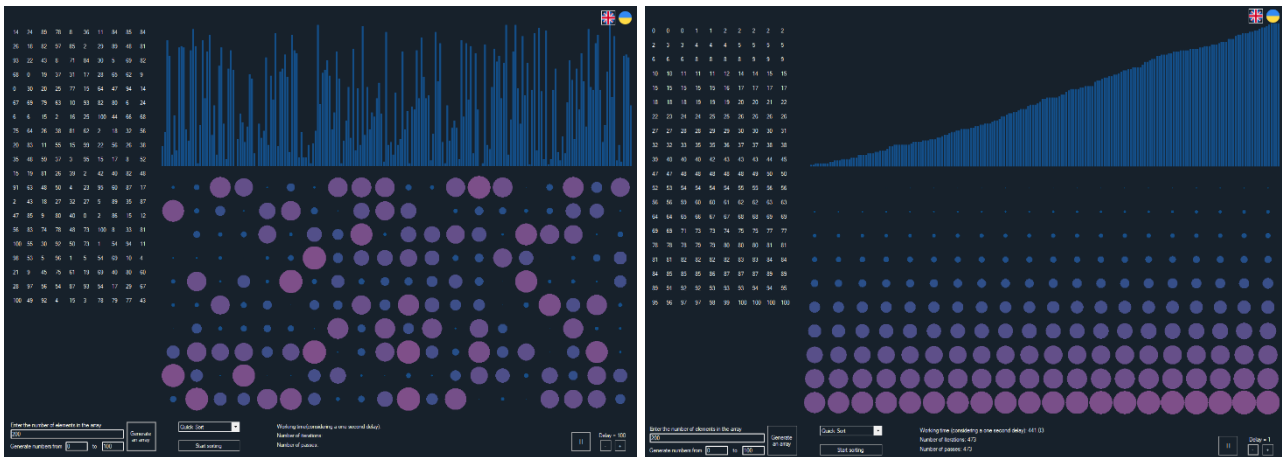
Figure 3. Package layering diagram

(e) Testing. Testing was done on a single component: the application. The testing was not done by a special program, but by a person: the main tester. He made the following checks:

- Checking all possible user inputs (number of array elements, minimum array number, maximum array number);
- Checking for pressing different buttons in different orders and situations (generate button, start sorting button (together with Drop down list), pauses, increase delay, decrease delay);
- Check the performance of the program on different computers with different characteristics (processor, video card, monitor (screen size));
- Test the program on different operating systems;
- Check step by step the correct output of the program;
- Check the interface for anomalies (important when drawing diagrams).

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

We do this by giving the user the opportunity to demonstrate the working of the following algorithms: Bubble Sort [109], Shaker Sort, Insertion Sort [109], Selection Sort [109], Shell Sort, Quick Sort, BogoSort. The user can see this on different arrays (by length and by number in the array) and at different speeds. Based on the analysis, users can choose the algorithm that best suits their purpose (Figure 4).



a

b

Figure 4. Application interface: a – array before sorting; b – sorted array

Conclusions. The research-developed software has full functionality and appropriate visual support to easily perceive and understand the ranking algorithm. The software also enables data output, making it possible to explore and analyze sorting algorithms.

3.3 Ensuring information security basic components of access control

Modern networks are not inaccessible objects with clearly defined security parameters. Remote access users connect from homes and public places. Visitors, employees and partners may need physical access to the internal network to do their work. But even workers are exposed to threats through Internet access, email use, and instant messaging. Therefore, understanding such a concept as "access control" is important today.

Data integrity can be protected by providing access to resources based on knowledge and needs: different types of users require different levels of access. For example, internal users may need full access, while external users may only need access to read or view information. Users should be granted access based on their job title, duties, and functions. Resources should also have different levels of classification. For example, documents should only be classified as confidential, private, public or internal use. A detailed electronic log of transactions should be maintained so that in the event of any fraud or data loss, the logs can be reviewed to determine the root cause and culprit [113].

Information security is defined as "a state of protection of the vital interests of a person, society and the state, in which harm is prevented due to: incompleteness, untimeliness and implausibility of the information used; negative information impact; negative consequences of the use of information technologies; unauthorized distribution, use and violation of the integrity, confidentiality and availability of information" in accordance with the legislation of Ukraine. In general, it is the protection of data and system assets from those who would like to misuse them. This can mean protecting against network attackers, viruses/worms, natural disasters, adverse environmental conditions, power outages, theft, vandalism or other unwanted events.

In today's computing environment, it turns out that logical assets are at least as valuable as physical assets, if not more so. In addition, it is also necessary to protect

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

the data of qualified employees who participate in collective operations. Files, working inventory of qualified employees are the most valuable assets, because without them it is impossible to do business at all. Copying physical and logical assets, keeping backups elsewhere is worthwhile, but without skilled people to manage and maintain data integrity, it's easy to lose everything.

When trying to preserve assets, one must consider the consequences of the security methods that are decided to be implemented. There is a well-known saying: "The only system that is reliably protected is one that is turned off, thrown into a concrete block and sealed in a lead-lined room with armed guards - and even then it is open to doubt." While of course most will believe that a system in this state can be considered reasonably safe, it is not usable and not sufficiently productive. When the level of security increases, the level of productivity decreases. The goal of security is to find a balance between protection, usability, and cost.

In addition, when protecting an asset, system, or environment, one must consider the level of security associated with the value of the object to be protected. It is possible to apply a very high level of security to each asset, while reducing performance. In any environment where a higher level of security is planned to be achieved, an estimate equal to the value of the assets must also be taken into account in order to ensure that the level of protection of their value is justified. The price of security should never exceed the value of what it protects [114].

Determining the exact point at which data can be considered secure poses a certain threat if these security systems/programs are controlled by certain authorities or entities. After all, if they are recorded in some database, then somehow someone can gain access to them, and, accordingly, to the information stored there. Therefore, there will always be new attacks to which technologies are vulnerable. If strong passwords are used, there are other approaches that an attacker can use. For example, at the moment of disconnection of the security system and the Internet, the program may be physically accessible and, accordingly, hacked.

Determining how to get into a dangerous situation is a much simpler task. Factors in this are the processes listed below:

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

- untimely software update;
- use of easy passwords, such as "password" or "12345678";
- downloading infected programs from the Internet;
- opening dangerous e-mail attachments from unknown senders;
- use of wireless networks without encryption, which can be controlled by anyone.

In fact, creating a perfectly secure system is quite difficult. You can point out the areas that need to be monitored and maintained in order to take measures to protect the data. The three main concepts of information security are confidentiality, integrity, and availability, commonly known as the confidentiality, integrity, and availability triad, as shown in Figure 1. The CIA triad provides us with a model that is central to the discussion of the concept of security, and typically focuses on data security [115].



Figure 1. – Triad of CIA

Privacy is a concept similar to privacy, but it is not the same. Privacy is a necessary component of privacy, which refers to the ability to protect data from those who do not have the right to view it; it is a concept that may be implemented at many levels of the process.

For example, consider the case when a person withdraws money from an ATM. The relevant person probably wants to preserve the confidentiality of the personal identification number/code (IN), which allows in combination with the bank card to withdraw funds from the ATM. In addition, the ATM owner hopes to maintain the

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

confidentiality of the account number, balance, and any other information necessary to notify the receiving bank. The Bank will maintain the confidentiality of ATM transactions and account balance changes after withdrawal. If privacy is breached at any point in the transaction, the results can be disappointing for the individual, the ATM owner and the bank, and this can lead to a breach in the information security field. Privacy may be compromised by the loss of a laptop containing data; the person looking over our shoulder while we type in our password; an email attachment sent to the wrong person; an attacker infiltrating our systems or similar issues.

Integrity is the ability to prevent data from being changed in an unauthorized or unwanted manner. This may mean unauthorized alteration or deletion of data or part of data, or it may mean authorized but unwanted alteration or deletion of data. In order to maintain integrity, not only is it necessary to have a means to prevent unauthorized changes to data, but it is also necessary to be able to undo changed data that has been deformed in an unauthorized way [116].

To prevent unauthorized changes, operating systems such as Windows and Linux often implement permissions/access rights that limit the actions an unauthorized user can perform on a given file. In addition, some similar systems and many applications, such as databases, may allow the undo or reverse of changes that are undesirable.

Integrity is especially important when discussing data that serves as a basis for solving other problems. If an attacker changes the data containing the results of medical tests, the wrong treatment will be prescribed, which can lead to the death of the patient.

The last phase of the KCD triad is accessibility. Availability refers to the ability to access data when needed. Loss of availability can occur at any point in the chain that allows access to data. Such problems can occur due to power loss, malfunctions in the OS or applications, network attacks, etc. When such problems are caused by a third-party factor, such as an attacker, they are usually called a DoS (Denial of Service) attack. Access control should perform four main tasks: allow access, deny access, restrict access, and revoke/revoke access. Almost all these actions are subject to a logical description [117].

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Access permission - giving a certain party or parties access to a given resource. For example, if you want to give a specific user or a specific group of people access to a file or to all files in the database. It is also possible to provide access in a physical sense, giving employees access to a specific archive with a key or ID card. Denying/denying access is the opposite of granting access. When access is denied, access of the specified party to the corresponding resource is prohibited. Most access control systems should be configured to deny access by default, while allowing authorized users to use resources to the extent that has been established.

Access restriction – access to a resource, but only up to a certain point. Access restriction is especially important when using applications that may be exposed to attack-prone software environments. In a physical sense, access control restrictions can be explained using a lock in a building: suppose there are three keys: the first one opens all the doors, the second opens only a few doors, and the third opens only one, so there is a restriction.

When considering access restrictions for software, the term "sandbox" will often come up. It is used to describe the constraints that are being imposed. A sandbox is a set of resources dedicated to a program, process, or similar entity, outside of which an entity cannot operate. Sandboxes can be very useful for storing untrusted things, such as code from public websites. An example of a sandbox can be its use in a Java virtual machine (from the English JVM - Java Virtual Machine), which runs programs written in the Java programming language. The JVM is specifically designed to protect users from potentially malicious software they may download.

Access revocation is a very important point in access control. It is important that when a user is granted access to a resource, it is possible to revoke data access rights. For example, after the dismissal of an employee, it is worth revoking his access to any files of the institution where he worked: to his work e-mail account, prohibiting him from connecting to the virtual private network (from the English VPN - Virtual Private Network) of the organization, deactivating the identification card, as well as cancel other available options [118].

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Two main methods are used for this: access control lists (ACLs) and capability lists (Capability List or Capabilities). There are positives and negatives to each of these, and the ways in which the four main tasks discussed earlier are accomplished will vary depending on the method chosen to implement access control. ACLs are a very common choice for implementing access control and are typically used to control access to the file systems on which operating systems are running and to control the flow of traffic on the networks to which the systems are attached. ACLs are most often discussed in the context of firewalls and routers. ACLs are built specifically for an individual system. Their structure contains the identifiers of all processes (active units) that are allowed access to the corresponding resource, and a list of operations for each process that it is allowed to perform in relation to the resource (Fig. 2).

ACL Entry

	X's medical record	Y's medical record	Z's medical Record
Alice (GP)	r,w,x	r	-
Bob (GP)	-	r, w, x	-
Charlie (Physician)	r,w	r,w	r,w
Dean (Professor)	r,w,x	r,w,x	r,w,x

Capabilities Entry

Figure 2. – Structure of ACLs and feature lists

Capability lists provide an alternative access control solution that uses a different structure than that used in ACLs. The list of capabilities lists the processes to which access is allowed, and each resource has a list of operations that this process can perform (Fig.2). Unlike capability lists, ACLs require authorization, and capability lists use a token that can be passed to one or another user [119].

In terms of network ACLs, access is controlled by identifiers used for network transactions, such as IP addresses, Media Access Control (MAC) addresses, and ports. ACLs exist at runtime in network infrastructure components such as routers, switches, device firewalls, and in software firewalls, Facebook, Google, email, or other forms of software. Access rights/permissions in network ACLs are usually binary in nature, i.e.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

consist of allow and deny. When configuring an ACL, the selected identifier or identifiers are used to indicate which traffic we are accessing and to indicate whether the traffic is allowed or not.

One of the simplest forms of network-oriented ACLs is MAC address filtering. MAC addresses are, in theory, unique identifiers attached to each network interface in a system. Each network the interface has a hard-coded MAC address issued when it was created. Can usually be implemented as wireless access points. Let's use the term "access control" as an umbrella for any security concerns for accessing system resources. Within this broad definition, there are two areas of primary interest, namely authentication and authorization.

Authentication is the process of determining whether a user (or other entity) should have access to a system. The authentication problem occurs when the authentication information must pass through the network. When networks are involved, authentication is almost entirely a problem of protocol security [120].

By definition, authenticated users are allowed access to system resources. However, an authenticated user is usually not granted global access to all system resources. For example, you can only allow a privileged user (such as an administrator) to install software on the system. Then you will have to limit the actions of authenticated users, and this is the authorization field, which will be discussed below in the same subsection. Note that authentication is a binary decision – access is granted or not – while authorization is concerned with a finer-grained set of restrictions on access to various system resources. The term "access control" is often used synonymously with authorization. However, this is not the case. Access control includes both authentication and authorization.

Of course, everyone is familiar with passwords. Today, it is almost impossible to use a computer without accumulating a significant number of passwords. Even to log in to the computer, after entering the user name, the next step is to enter the password to get access to the right account if someone else is using this computer. In addition, many other things that are not commonly called "passwords" act as passwords. For example, the PIN used for an ATM card is actually a password. And if that's the case

and the password is lost or forgotten, a user-facing website can verify authentication based on a social security number, mother's maiden name, or date of birth. The problem with such passwords is that they are often not secret [121].

If they are left to their own devices (and users tend to choose easy passwords, that is, accessible information about themselves), then cracking the password will be surprisingly easy. Therefore, choosing a password should be treated responsibly, because it is possible to achieve security with the help of passwords. From a security point of view, the best solution to the password problem is to use randomly generated cryptographic keys. The problem with this approach is that people have to remember their passwords, and random bits are harder to remember. The economic factor should not be forgotten. Passwords are free, but smart cards and biometric devices require payment. In addition, they are more convenient to use: it is more convenient for an overworked system administrator to reset a password than to provide a new smart card or issue a new thumb to the user. It has already been said that cryptographic keys will solve the password problem. To understand why this is the case, you need to compare keys with passwords. On the one hand, suppose there is an attacker who comes across a 64-bit cryptographic key. Then there are possible keys, and if the key was chosen at random, then the attacker has to average the keys before he finds the correct one [122].

On the other hand, an attacker comes across a password and knows that the password has eight characters, and 256 possible choices for each character. Then there are possible passwords. At first glance, cracking such passwords may seem incredible. Unfortunately, users don't choose passwords randomly because they need to remember their passwords.

Biometrics is also used in various identification problems. That is, in identification, the goal is to identify the subject from a list of many possible subjects. This happens, for example, when a suspicious fingerprint from a crime scene is sent to a fingerprint database at a law enforcement laboratory to be compared to all the millions of fingerprint records currently in the database [123].

The problem of identification is comparing one fingerprint to many, whereas there is no such problem for authentication, because any given fingerprint is compared to

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

only one. For example, if an attacker wants to gain access to a user's computer and uses a biometric mouse, the captured image of the attacker's fingerprint is compared only to the stored fingerprint of the user. The problem of identification is inherently more complex and subject to much more error because of the greater number of comparisons that must be made. That is, each comparison carries a probability of error, so the more comparisons are needed, the higher the error rate [124].

There are two phases to the biometric system. First, there is a registration stage, when subjects collect their biometric information and enter it into the database. A very careful measurement of relevant physical information is usually required during this phase. Since this is a one-time job, it is acceptable if the process is slow and several measurements are required. Registration has been noted as a weakness in some field systems, as it may be difficult to obtain results comparable to those obtained in the laboratory. The second phase in the biometric system is the recognition phase. Occurs when a biometric detection system is used in practice to determine whether (for an authentication problem) a user needs to be authenticated or not. This phase should be fast, simple and accurate.

3.4 Часова змінна в логічних функціях

Історія обчислювальних пристроїв доводить, що їх розвиток базується на необхідності прискорення обчислень та на розширенні функціональних властивостей цих пристроїв [125, 126]. Використання методів математичного моделювання та комп'ютерного розв'язування інженерних та наукових задач дозволяє значно підвищити ефективність процесів проектування, розпізнавання, обробки та управління. Математичне комп'ютерне моделювання стало головним засобом дослідження складних динамічних процесів і систем.

Сьогоднішні комп'ютери по своїй суті універсальні, за винятком тих, що призначені для управління якимись технологічними процесами в широкому розумінні цього слова. Ця універсальність потребує спеціальних алгоритмів для вирішення конкретних задач. Часто алгоритми не повністю враховують особливості зміни процесів у часі, що приводить до помилок в прогнозуванні їх майбутнього розвитку. Для усунення подібних недоліків потрібен математичний апарат, що описує поведінку взаємозв'язаних процесів у часі.

Тривалий час розробка обчислювальних пристроїв базувалась на інтуїції і лише в сорокових роках минулого століття в роботах К. Шенона, А. Накашіми та В.І. Шестакова [127] були об'єднані алгебра Буля, двійкова система числення та принципові схеми, що привело до можливості побудови, аналізу і моделювання логічних схем незалежно від фізичних принципів їх роботи. Для цього потрібно амплітуду неперервно змінного сигналу замінити декількома фіксованими рівнями, а неперервний час замінити на дискретний з одиничним інтервалом, протягом якого всі величини незмінні.

На рівні обчислювальних пристроїв в цілому час, як правило, є критерієм для впорядкування послідовності операцій (програм) над даними і носить неявний характер. Навпаки, на рівні конкретних вузлів, час враховується у явному вигляді, забезпечуючи правильну роботу цифрового вузла і представлений на рівні тактів чи синхроімпульсів.

Для комп'ютерної обробки в реальному часі аналоговий сигнал має бути перетворений в цифрову форму шляхом його дискретизації по часі і квантування k рівнями по амплітуді (де $k > 1$). Тоді цифровий сигнал визначається квантованою амплітудою вибірки $x(k, i\Delta)$, де k – число рівнів квантування [128] та функцією дискретного часу $i\Delta$, де Δ - інтервал дискретизації (не обов'язково рівномірний), $i = 1, 2, 3, \dots$ – номер відліку (вибірки) (рис. 1).

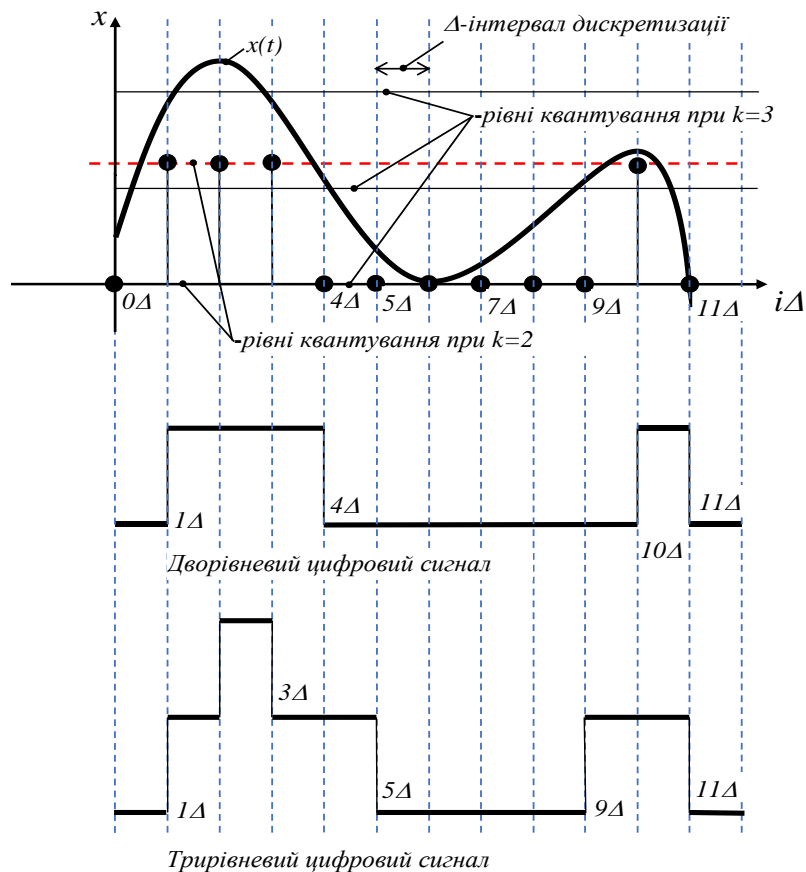


Рисунок 1. Квантування та дискретизація сигналу

Відмітимо, що графічне представлення цифрового сигналу є досить наочним. Воно дозволяє людині виконувати якусь попередню обробку, типу порівняння і т.п., але не дає можливості робити глибоку його обробку комп'ютерними методами.

Для цього достатньо відійти від фізичних параметрів носія сигналу, як то напруги чи струму та представити сигнал, що має фіксоване число рівнів квантування у вигляді набору логічних значень у відповідні дискретні значення

часу. Тобто, у вигляді набору нулів та одиниць, або в більш загальному сенсі, у вигляді набору чисел (слів).

Тоді для нашого дворівневого (рис. 1) сигналу маємо 011100000010, а у випадку тривірневого сигналу – 012110000110. Дискретний час тут замінено номером позиції квантованого значення амплітуди в отриманому слові.

Звичайно, в такому варіанті наочність зникає, але з'являється можливість використання комп'ютерної обробки. Остання, як правило, сьогодні виконується по наперед заданих алгоритмах. Створення нових алгоритмів є результатом аналітичної обробки людиною вихідних сигналів і даних отриманих в результаті комп'ютерного аналізу.

Аналітична обробка цифрових сигналів в графічному чи в чисто цифровому представленні практично дещо обмежена. Уявляється доцільною ідея заміни довільного цифрового сигналу (змінної), що змінюється в часі, якоюсь часовою логічною функцією, що може бути представлена, наприклад, поліномом. Це дає можливість полегшити попередню аналітичну обробку цифрових сигналів та змінних, використовуючи властивості таких часових функцій.

Найбільш ранні теоретичні роботи по моделюванню цифрової техніки, що базуються на ідеях К. Шенона, А. Накашіми та В.І. Шестакова почали активно розвиватись після Другої світової війни особливо в 60 роках ХХ століття, коли обчислювальні пристрої будувались з використанням реле.

Робота Гаврилова М.А. 1950 року «Теорія релейно-контактних схем» була першою, що об'єднала теорію і практику, аналіз і синтез тодішніх цифрових пристроїв. Саме Гаврилов М. А. в своїй роботі розробив метод оцінки впливу часу спрацювання релейно-контактних схем на перехідні процеси, шляхом використання трійкової логіки (0, $\frac{1}{2}$, 1).

Теорія часових логічних функцій Базилевського Ю. Л.

Цим же періодом датуються роботи по теоретичному осмисленню часу, як логічної змінної. Однією з перших і фундаментальних робіт була робота 1958 року Базилевського Ю. Л. [129] «Питання теорії часових логічних функцій».

В роботі розглядається поведінка двійкових логічних змінних α, β, \dots в дискретному часі. Змінні позначаються α, β, \dots і можуть приймати значення «0» або «1». Індеси змінних $t, t - k$ та інші вказують на моменти часу, для якого беруться числові значення змінних, t – поточний час.

Далі вводяться елементарні операції часового зсуву (затримки) $D^k \alpha$, інверсії $\bar{\alpha}$ та кон'юнкції $\alpha \wedge \beta$:

$$\begin{aligned} D^k \alpha &\approx \{ \forall t : \dot{D}^k \alpha_t = \dot{\alpha}_{t-k} \}, \\ \bar{\alpha} &\approx \{ \forall t : \dot{\bar{\alpha}} = 1 - \dot{\alpha}_t \}, \\ \alpha \wedge \beta &\approx \{ \forall t : (\alpha_t \wedge \beta_t) = \dot{\alpha}_t \wedge \dot{\beta}_t \} \end{aligned} \quad (1)$$

Елементарні операції мають такі властивості:

$$\begin{aligned} 1) D^0 \alpha &\sqsubseteq \alpha; & 2) D^m D^k \alpha &\sqsubseteq D^{m+k} \alpha; \\ 3) \bar{D}^k \alpha &\sqsubseteq D^k \bar{\alpha}; & 4) D^k (\alpha \wedge \beta) &\sqsubseteq D^k \alpha \wedge D^k \beta. \end{aligned} \quad (2)$$

Якщо функція $f(\alpha, \beta, \dots)$ створена шляхом застосування до аргументів α, β, \dots скінченної послідовності введених операцій $(D^k, \neg, \wedge, \vee, \oplus)$, то

$$\forall k : \vdash D^k f(\alpha, \beta, \dots) \sqsubseteq f(D^k \alpha, D^k \beta, \dots), \quad (3)$$

де « \vdash » квантор виведення, «таке, що виводиться».

Функція $f(\alpha, \beta, \dots)$ називається *продукуючою* функцією, якщо вона не містить операцій часового зсуву, в протилежному випадку дана функція – часова логічна функція.

Базилевським Ю. Л. було введено поняття слова або багатомісної змінної

$$X \approx \Gamma_{i=0}^{n-1} x_i,$$

як сукупності упорядкованої множини одномісних аргументів x_i ,

де знак Γ – сукупність, довжини $n = iX$.

Елементарні операції над словами типу еквівалентність, інверсія (заперечення), перетин і циклічний зсув P_0^k за визначенням виконуються за формулами (4).

$$\begin{aligned} (Z \equiv X) &\approx \{ \mathbf{B}(0 \leq i \leq n-1) : z_i \square x_i \} \\ (Z \equiv \bar{X}) &\approx \{ \mathbf{B}(0 \leq i \leq n-1) : z_i \square \bar{x}_i \} \\ (Z \equiv X \cap Y) &\approx \{ \mathbf{B}(0 \leq i \leq n-1) : z_i \square x_i \wedge y_i \} \\ (Z \equiv P_0^k X) &\approx \{ \mathbf{B}(k > 0) \wedge \mathbf{B}(0 \leq i \leq n-1) : z_{i+k(\bmod n)} \square x_i \} \end{aligned} \quad (4)$$

Властивості операцій \neg, \cap, \cup над словами аналогічні операціям \neg, \wedge, \vee над одномісними змінними:

$$\begin{aligned} P_0^k X &\equiv X; \quad P_0^m P_0^k X \equiv P_0^{m+k} X; \\ \bar{P}_0^k X &\equiv P_0^k \bar{X}; \quad P_0^k (X \cap Y) \equiv P_0^k X \cap P_0^k Y; \end{aligned} \quad (5)$$

Якщо довжина слова $lX = n$, то $P_0^k X$ при $k \geq n$ тотожно рівне

$$P_0^k X \equiv P_0^{k(\bmod n)} X. \quad (6)$$

Лінійні властивості операції зсуву над словами виражаються лемою:

$$\forall k : \vdash P_0^k F(F, B, \dots) \equiv F(P_0^k A, P_0^k B, \dots) \quad (7)$$

Далі автор в своїй роботі вводить *продукуючі оператори* для побудови продукуючої функції. Наприклад, продукуюча функція від n аргументів x_i , $i = 0, 1, \dots, n-1$ може бути описана з допомогою операторів, що утворюються із слів X по A довжиною n :

$$Q^{\wedge}(A, X) \approx \bigwedge_{i=0}^{n-1} [(x_i \wedge a_i) \vee (\bar{x}_i \wedge \bar{a}_i)] \quad (8)$$

Тут $Q^{\wedge}(A, X)$ кон'юнктивний член (терм) ступеня n від X по A . Фактично, кон'юнктивний терм відбирає ті позиції вхідних змінних (з запереченням або без), на яких вхідні змінні рівні i -тим елементам слова A .

Тепер для утворення продукуючих поліномів в досконалій диз'юнктивній нормальній формі використаємо утворююче слово B довжини 2^n та визначимо оператор

$$R^{\vee}(B, X) \approx \bigvee_{j=0}^{2^n-1} [b_j \wedge Q^{\wedge}(A_j, X)], \quad \dot{A}_j = j \quad (9)$$

де $R^{\vee}(B, X)$ диз'юнктивний член (терм) ступеня n від X по B ;

A_j , $j = 0, 1, \dots, 2^n - 1$, зв'язане слово довжини $lA_j = lX$, що пробігає всі значення від $\dot{A}_0 = 00\dots 0$ до $\dot{A}_{2^n-1} = 11\dots 1$;

слово B визначає ті терми, які входять в даний поліном і задає значення самої функції.

Нехай одномісна змінна x пробігає в часі послідовність $t - m + 1, t - m + 2, \dots, t$. Для побудови часових функцій вводяться оператори:

$$T^{\wedge}(A, D^0 x) \approx \bigwedge_{i=0}^{m-1} \left[(D^0 x \wedge a_i) \vee (D^0 \bar{x} \wedge \bar{a}_i) \right], \quad (10)$$

де A – слово довжиною m ;

$T^{\wedge}(A, D^0 x)$ – кон'юнктивний член (терм) m від $D^0 x$ по A . В першоджерелі було наведено властивості цих термів.

Визначення термів можна узагальнити, якщо прийняти в якості аргументів не $D^0 x$, а $D^k x$, наприклад

$$T^{\wedge}(A, D^k x) \approx \bigwedge_{i=k}^{k+m-1} \left[(D^k x \wedge a_{i-k}) \vee (D^k \bar{x} \wedge \bar{a}_{i-k}) \right]. \quad (10)$$

Часові поліноми від $D^0 x$ можна побудувати, використовуючи продукуюче слово B довжиною 2^m та оператор для диз'юнктивної досконалої нормальної форми від $D^0 x$ по B .

$$R^{\vee}(B, D^0 x) \approx \bigvee_{j=0}^{2^m-1} \left[(b_j \wedge T^{\wedge}(A_j, D^0 x)) \right], \quad A_j = j \quad (11)$$

де A_j – зв'язане змінне слово.

В своїй роботі Базилевський Ю. Л. вводить деяку продукуючу функцію $\varphi(X)$, що задовольняє такі умови:

а) функція приймає значення c_0 при комбінації значень аргументів, що визначаються словом B_0 ;

б) функція приймає значення c_1 при комбінації значень аргументів, що визначаються словом B_1 ;

с) комбінація значень аргументів, що (немає місця) ніколи не наступають для даної функції, визначається словом B_n .

Тому \bar{B}_n визначає допустимі значення для X :

$$B_{0n} = B_0 \cap \bar{B}_n;$$

$$B_{1n} = B_1 \cap \bar{B}_n.$$

Значення φ залишаються невизначеними при значеннях X , що визначаються наступним словом:

$$B^* = \overline{B_{0n} \cup B_{1n}} \equiv (\bar{B}_0 \cap \bar{B}_1) \cup B_n. \quad (12)$$

Якщо B^* має k різних розрядів $b_j = 1$, то многочлен $R^\vee(B^*, X)$ включає множину k кон'юнктивних термів, з яких можна скласти 2^k різних підмножин.

Позначимо продукуюче слово для підмножин (12) через B_s^* , $s = 1, 2, \dots, 2^k$.
Очевидно $B_s^* \cup B^* = B^*$, $B_s^* \cap B^* = B_s^*$ тоді $\varphi_s = R^\vee(B_s^*, X)$.

Розглядаючи рівняння типу

$$F(\alpha, \varphi) = F(\alpha, D^1\alpha, \dots, D^{m-1}\alpha, \varphi, D^1\varphi, \dots, D^{m-1}\varphi) = c_0 \quad (13)$$

Автор розглядає способи розв'язування та умови існування розв'язку таких часових рівнянь:

$$\varphi_j = R^\vee(B_j^0, X_1). \quad (14)$$

Також можна розглядати властивості періодичних часових функцій.

Зауваження 1. Автор розглядає лише деякий клас логічних (булевих) функцій (формул), що містять $D^k x$ і вважає їх часовими логічними функціями. Насправді, будь-яка логічна змінна, що змінюється в часі є часовою функцією.

Зауваження 2. В роботі вважається (2), що оператор D для всіх змінних має одну і ту розмірність, наприклад, k . Тобто, не врахований варіант можливих

операції над часовими змінними типу $D^k x \wedge D^h y$ і не розглядається значення «мінус» k .

Зауваження 3. В формулі (13) не враховано в розмірі продукуючого слова B варіанти значень одномісної змінної x та послідовний перебіг часу. Відповідно, у більш загальному випадку довжина слова B рівна $2^n \cdot t$, де n число змінних.

Зауваження 4. Базилевський Ю. Л. вважав свою роботу «Теорією часових логічних функцій» і вона дозволяє досліджувати найбільш загальні властивості таких функцій та може використовуватись для моделювання роботи цифрових вузлів.

Зауваження 5. Використання операторів в цій теорії робить її надто абстрактною і гальмує її широке використання.

Часові логічні функції Поспелова Д. А.

Через два роки після виходу статті Базилевського Ю. Л. в 1960 році Поспелов Д. А. публікує статтю [130], в якій розглядається функція від аргументів

$$x_1, x_2, \dots, x_n, t, \tag{15}$$

де $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ можуть приймати значення лише «0» або «1»;

t довільне цілочисельне значення від 0 до $s - 1$.

Функцію, що визначена на наборах (15) і яка приймає на цих наборах значення 0 або 1 було названо часовою булевою функцією.

Число різних наборів виду (15) при фіксованому n дорівнює

$$s \cdot 2^n \tag{16}$$

Таку функцію можна задавати таблицею (див. табл. 1), що не дуже практично через її громіздкість.

Таблиця 1.

Можливі значення часової булевої функції Пospєлова

x_1	x_2	t	$\varphi(x_1, x_2, t)$	x_1	x_2	t	$\varphi(x_1, x_2, t)$
0	0	0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1	1	0
$0 \leq t \leq 1$							

Більш зручно часову булеву функцію можна записати так:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n, t), \quad 0 \leq t \leq s - 1. \quad (17)$$

Якщо тепер надати t деякого фіксованого значення $t = k$, де $(0 \leq k \leq s - 1)$, то функція набуває вигляду:

$$y_k = \varphi_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (18)$$

Функція виду (18) це вже звичайна функція алгебри логіки. Якщо t пробігатиме послідовно всі допустимі значення, отримаємо s функцій:

$$\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{s-1} \quad (19)$$

Тобто, для будь-якої часової логічної функції можна отримати відповідну їй послідовність функцій алгебри логіки. Для наведеної функції (табл. 1) матимемо:

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

$$\begin{aligned}\varphi_0 &= \bar{x}_1\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1x_2 \vee x_1\bar{x}_2 \vee x_1x_2 = 1; \\ \varphi_1 &= \bar{x}_1\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1x_2 = \bar{x}_1.\end{aligned}$$

Було введено функцію τ_α , що визначається співвідношенням

$$\tau_\alpha = \begin{cases} 0, & t \neq \alpha \\ 1, & t = \alpha \end{cases} \quad (0 \leq \alpha \leq s-1) \quad (20)$$

Для всякого $s-1$ мають місце рівності:

$$\bigvee_{i=0}^{s-1} \tau_i = 1, \quad \bigvee_{i \neq j} \tau_i \tau_j = 0, \quad (21)$$

суть яких полягає в тому, що в момент часу $t = \alpha$ функція τ_α дорівнює 1, а всі решта τ_i ($i \neq \alpha$) в цей момент часу дорівнюють 0.

З врахуванням співвідношення (20) всяку часову логічну функцію можна записати у вигляді:

$$\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) = \varphi_0\tau_0 \vee \varphi_1\tau_1 \vee \dots \vee \varphi_{s-1}\tau_{s-1} \quad (22)$$

Маємо зручний аналітичний запис часової логічної функції. Для функції, заданої табл. 1 $\varphi(x_1, x_2, t) = \tau_0 \vee \bar{x}_1\tau_1$.

Однією з найголовніших проблем алгебро-логічного методу синтезу схем є проблема мінімізації функцій виду (22). Для вирішення цієї проблеми для часових булевих функцій, що не повністю визначені можна застосувати метод невизначених коефіцієнтів або не повну мінімізацію.

Зауваження 6. Робота Поспелова Д. А. носить прикладний характер і направлена в першу чергу на практичне використання.

Зауваження 7. Викладені вище підходи не дають аналітичної відповіді на знаходження результатів операцій типу $x(t) * y(t)$, де «*» – будь-яка логічна операція.

Зауваження 8. Табличне представлення часової функції, що має дві змінних і часовий інтервал більший $s=10$ стає громіздким. А мінімізація шляхом невизначених коефіцієнтів також не вселяє оптимізму.

Зауваження 9. Всі змінні в роботі Д. А. Поспелова незалежні від часу. Дискретний час використовується в функціях від цих змінних.

Векторно-перемикаючі функції Рабіновича З. Л.

Подальший розвиток часових логічних функцій вимагав апарату для виконання операцій над ними.

В 1965 році Рабінович З. Л. запропонував модель часових перемикаючих функцій, яку він назвав векторно-перемикаючими функціями (ВПФ) [131, 132]. В основу ВПФ покладені звичайні перемикаючі (логічні) функції, що дозволило зберегти та використовувати методи перетворення булевих функцій.

Головною перевагою ВПФ є відображення фактору часу у перемикаючих функціях. Для цього використовуються наступні засоби:

- локалізація в часі логічних величин шляхом присвоювання їм відрізків існування;
- введення спеціальних операцій для перетворення вказаних відрізків;
- представлення функцій від різночасових аргументів.

Дані засоби є достатніми для досягнення поставленої мети – використання системами алгебраїчних виразів для опису схем цифрових автоматів та процесів їх функціонування.

Всім логічним величинам надаються відрізки існування, які позначаються координатами t_i при аргументах. Ці відрізки ототожнюються із тривалостями інформаційних сигналів, що відображують логічні величини. Поза цими

відрізками довільна величина може бути лише константою. Функція F визначається на області, яка містить відрізки існування усіх її аргументів.

Наприклад, $F = F(x_{t_1...t_2}, y_{t_1...t_2, t_5...t_6}, z_{t_3...t_4}, u_{t_5...t_7, t_8...t_9})$, де відрізки існування значень однієї і тієї ж змінної (x, y, z, u) обов'язково не перетинаються і ці значення мають бути незалежними, причому індекси часових координат можуть бути виразами. Кожному набору значень аргументу відповідає вектор значень функцій, розташованих вздовж певного відрізка часу. Цей відрізок називається *відрізком існування функції*. Відмітимо, що відрізок існування може співпадати з періодом визначення функції (для нашого прикладу $t_1...t_9$), але не може початись раніш ніж t_1 . Кожне значення функції може залежати лише від тих аргументів, відрізки існування яких починаються не пізніше за відрізок існування даного значення аргументу.

Алгебра ВПФ містить операції двох класів: логічні, що зберігають час існування аргументів (аналогічні булевим) та спеціальні, які змінюють часові координати аргументів. До основних операцій першого класу відносяться:

диз'юнкція

$$x_{t_1...t_2} \vee y_{t_3...t_4} = 0 \rightarrow (x)_{(\tau_x)} \rightarrow (x \vee y)_{(\tau_{x,y})} \rightarrow (y)_{(\tau_y)} \rightarrow 0; \quad (23)$$

кон'юнкція

$$x_{t_1...t_2} y_{t_3...t_4} = 0 \rightarrow (xy)_{(\tau_{x,y})} \rightarrow 0; \quad (24)$$

інверсія

$$\bar{x}_{t_1...t_2} = 1 \rightarrow (\bar{x})_{(\tau_x)} \rightarrow 1. \quad (25)$$

Для опису ВПФ використовується особливий запис у вигляді послідовностей їх виразів, що є справедливими лише на певних відрізках часу. В дужках записані значення функцій за допомогою булевих функцій та часові

відрізки існування цих функцій τ_x та τ_y , на протязі яких x та y існують окремо, $\tau_{x,y}$ - часовий відрізок сумісного існування аргументів x та y .

Для операцій даного класу справедливі всі тотожності, аналогічні тотожностям перемикаючих функцій. Окрім цього, мають місце тотожності ВПФ, справедливі для перемикаючих функцій лише на деяких підмножинах наборів аргументів.

Наприклад, $x_{t_1} y_{t_1} \vee z_{t_2} u_{t_2} = (x_{t_1} \vee z_{t_2})(y_{t_1} \vee u_{t_2})$, де для спрощення запису позначені лише початкові часові координати змінних за умовою рівності та відсутності перетинів відрізків їх існування. Якщо, ігноруючи часові координати, вважати даний запис булевим, то ця тотожність є справедливою для всіх наборів, окрім тих, що містять попарні одиничні значення x та u або z та y . Але, враховуючи операцію інверсії, попарне існування саме цих значень аргументів неможливе. Тобто тотожність справедлива.

Операції другого класу необхідні для утворення функцій від змінних, які зображуються різночасовими сигналами і є засобами зсуву в часі та запам'ятовування значень сигналів. До основних операцій другого класу відносяться:

затримка (на час τ)

$$x_{t_1 \dots t_2} \xrightarrow{\rightarrow \tau} = 0 \rightarrow (x)_{(t_1 + \tau) \dots (t_2 + \tau)}; \quad (26)$$

статичне запам'ятовування

$$L = (x_{t_1 \dots t_2}, y_{t_3 \dots t_4}) = 0 \rightarrow \begin{cases} (x)_{t_1 \dots [t > t_4]}, \text{ якщо } y_{t_3 \dots t_4} = 0 \\ (x)_{t_1 \dots t_3}, \text{ якщо } y_{t_3 \dots t_4} = 1 \end{cases} \quad (27)$$

динамічне запам'ятовування (з періодом τ)

$$L(x_{t_1 \dots t_2}, y_{t_3 \dots t_4}) = 0 \rightarrow (x)_{[t_1+k\tau] \dots [t_2+k\tau]}, \quad (28)$$

$$\text{де } k = \begin{cases} 1, 2, \dots, \text{ якщо } y_{t_3 \dots t_4} = 0 \\ 1, 2, \dots, \left[\frac{t_3}{\tau} \right], \text{ якщо } y_{t_3 \dots t_4} = 1, \tau > t_2 - t_1 \end{cases};$$

додавання та статичне запам'ятовування

$$L(x_{[t < t_1] \dots t_2} \oplus y_{t_1 \dots t_2}) = (x)_{[t < t_1] \dots t_2} \rightarrow (x + y)_{t_2 \dots [t > t_2]} \pmod{2}; \quad (29)$$

додавання та динамічне запам'ятовування (з періодом τ)

$$L_\tau(x_{[t < t_1] \dots t_2} \oplus y_{t_1 \dots t_2}) = (x)_{[t < t_1] \dots t_2} \rightarrow (x + y)_{[t_1+k\tau] \dots [t_2+k\tau]} \pmod{2}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, t > t_2 - t_1. \quad (30)$$

Операція затримки є одномісною. Це означає, що зсув відрізка існування аргументу (тобто інформаційного сигналу) відбувається без зміни його тривалості. Решта операцій двомісні. Операції статичного та динамічного запам'ятовування не мають властивості комутативності. Операція статичного запам'ятовування збільшує кінцеву часову координату аргументу на час, який залежить від другого аргументу. Операція динамічного запам'ятовування є періодичним зсувом (повтором із заданим періодом) відрізка існування першого аргументу з циклічністю, яка залежить від другого аргументу. Операція додавання та статичного запам'ятовування реалізується як додавання по модулю два попередньо зафіксованого аргументу з новоприбулим та статичне запам'ятовування результату, причому початкова часова координата кінцевого стану співпадає з кінцевою часовою координатою другого аргументу. Така властивість зумовлює одноразову дію другого аргументу на результат незалежно від тривалості відрізка існування.

Зауваження 10. Недоліком розглянутого способу є врахування фактору часу без зв'язку значень аргументів функції з періодом існування аргументу.

Зауваження 11. В апараті ВПФ відрізок існування аргументу – це тривалість інформаційного сигналу, яка не визначає тривалість цього аргументу.

Зауваження 12. Апарат ВПФ розглядає всі змінні і операції над ними як такі, що відбуваються в часі без якихось виключень і умов та є досить абстрактним в порівнянні з ідеями Поспелова Д. А.

Часові логічні функції Д. Бохмана

Роботи Поспелова Д. А. і Рабіновича З. Л. в основному задовольняли нагальні практичні потреби, але не завжди. Оскільки часові логічні функції є функціями часу, то має бути і їх диференціал, похідна та первісна по часі, щоб існувала можливість аналізу зміни таких функцій.

В роботі [133] для цього введена змінна dx , що названа диференціалом змінної x . Вона описує зміну змінної по заданому значенні x та значенню dx із співвідношення $x^* = x \oplus dx$. При цьому $dx=1$ описує факт зміни x , а $dx=0$ описує незмінність значення x .

Диференціал визначається формулою:

$$dx = x \oplus x^* . \quad (31)$$

Аналогічно, з іншого боку, пропонується взяти за основну – часову координату, тоді можна записати $t^* = t + dt$ і відповідно, для загального випадку, маємо диференціал по часі від $z(t)$:

$$d_t z(t) = z(t) \oplus z(t + dt) . \quad (32)$$

При $dt = \Delta = 1$ отримаємо

$$d_t z(t) = z(t) \oplus z(t + \Delta) = z(t) \oplus z(t + 1). \quad (33)$$

Введено також просту однократну похідну по часі:

$$\frac{dz(t)}{dt} = d_t z(t) \Big|_{dt=1} = z(t) \oplus z(t + 1) = z'(t) \quad (34)$$

Окрім того, в роботі Д. Бохмана викладені деякі властивості похідної та введено поняття інтегралу: всяка функція $g(t)$ для якої $\frac{dg(t)}{dt} = x(t)$ називається інтегралом і записується

$$g(t) = \int x(t) dt . \quad (35)$$

Зауваження 13. Д. Бохман так само як і Ю. Базилевський вважав, що час для всіх змінних один і той самий (однаковий, синхронний).

Логіко-часові функції Кожем'яко В. П.

Подальший розвиток апарат ВПФ отримав в роботах Кожем'яко В. П. 1984-1990 років [134-136]. Тут він відмовляється від терміну часові логічні (перемикаючі) функції і використовує термін «Логіко-часові функції» (ЛЧФ). На думку автора, в контексті функцій, що розглядаються, основою є логічна функція, що змінюється в часі і термін «логіко-часові функції» більш доцільний, ніж термін часові логічні функції.

Відмітимо, що в логіко-часових середовищах всім величинам надаються часові інтервали існування T_i , які ототожнюються з тривалістю інформаційних сигналів. ЛЧФ враховують не тільки фактор часу, а й той факт, що значення аргументів функції визначаються періодом існування аргументу T_i . Оскільки

мова йде про логіко-часову функцію, то в даному випадку зберігаються властивості логічних функцій та операцій над ними і з'являється можливість введення нових, спеціальних операцій.

Моменти початку часових інтервалів існування називаються *часовими координатами змінних* і позначають – t_i , а тривалість проміжку існування позначають через T_i .

Наприклад, елементарна ЛЧФ, область визначення якої складається лише з одного відрізка існування має вигляд:

$$f(t, t_1, T_1) = \begin{cases} (t - t_1) = 1, & \text{якщо } t_1 < t \leq t_1 + T_1 \\ 0, & \text{якщо } t_1 + T_1 < t \leq t_1 \end{cases}, \quad (36)$$

де t – поточне значення параметра.

До основних логіко-часових операцій відносяться:

-логіко-часова диз'юнкція (ЛЧД):

$$f_1(t, t_1, T_1) \vee f_2(t, t_2, T_2) \vee \dots \vee f_n(t, t_n, T_n) = \begin{cases} t - t_1, & \text{якщо } t_1 \leq t \leq \max(t_1 + f_1(t_1 + T_1, t_1, T_1), t_2 + f_2(t_2 + T_2, t_2, T_2), \dots \\ \dots, t_n + f_n(t_n + T_n, t_n, T_n)) \\ 0, & \text{якщо } t_1 > t > \max(t_1 + f_1(t_1 + T_1, t_1, T_1), t_2 + f_2(t_2 + T_2, t_2, T_2), \dots \\ \dots, t_n + f_n(t_n + T_n, t_n, T_n)) \end{cases} \quad (37)$$

Інакше кажучи ЛЧД – ЛЧФ така, що:

$$f_1(t, t_1, T_1) \vee f_2(t, t_2, T_2) \vee \dots \vee f_n(t, t_n, T_n) = \max(f_1(t, t_1, T_1), f_2(t, t_2, T_2), \dots, f_n(t, t_n, T_n)) \quad (38)$$

-логіко-часова кон'юнкція (ЛЧК)

$$f_1(t, t_1, T_1) \wedge f_2(t, t_2, T_2) \wedge \dots \wedge f_n(t, t_n, T_n) =$$

$$= \begin{cases} t - t_n, \text{ якщо } t_n \leq t \leq \min(t_1 + f_1(t_1 + T_1, t_1, T_1), t_2 + f_2(t_2 + T_2, t_2, T_2), \dots, \\ \dots, f_n(t_n + T_n, t_n, T_n)) \\ \\ 0, \text{ якщо } t_n > t > \min(t_1 + f_1(t_1 + T_1, t_1, T_1), t_2 + f_2(t_2 + T_2, t_2, T_2), \dots, \\ \dots, f_n(t_n + T_n, t_n, T_n)) \end{cases} \quad (39)$$

Звідси ЛЧК – мінімум ЛЧФ:

$$f_1(t, t_1, T_1) \wedge f_2(t, t_2, T_2) \wedge \dots \wedge f_n(t, t_n, T_n) = \min(f_1(t, t_1, T_1), f_2(t, t_2, T_2), \dots, f_n(t, t_n, T_n)).$$

Операції ЛЧД та ЛЧК – це є операції порівняння, оскільки ЛЧД – це виділення максимального значення ЛЧФ, а ЛЧК – мінімального значення ЛЧФ. Очевидно, що виділення максимального та мінімального значень ЛЧФ є операціями логіко-часового порівняння.

Операція зсуву визначається як:

$$f(t - k, t_1, T_1) = \begin{cases} t - k - t_1, \text{ якщо } t_1 < t - k \leq t_1 + T_1, \\ 0, \text{ якщо } t_1 \geq t - k > t_1 + T_1 \end{cases} \quad (40)$$

та відповідна операція затримки визначається:

$$f(t, t_1 + \tau, T_1) = \begin{cases} t - (t_1 + \tau), \text{ якщо } t_1 + \tau < t \leq t_1 + \tau + T_1 \\ 0, \text{ якщо } t_1 + \tau \geq t > t_1 + \tau + T_1 \end{cases} \quad (41)$$

Подальший розвиток алгебри ЛЧФ зроблено автором в роботах [137, 138] та введено поняття ЛЧФ k -значної логіки і досліджено деякі її властивості.

Зауваження 14. Недоліком апарату ЛЧФ є його громіздкість і мала наочність.

Зауваження 15. Апарат ЛЧФ Кожем'яко В. П. не враховує дискретність часу. Дана робота є спробою об'єднати викладені вище підходи, запропонувавши новий апарат (алгебру) роботи з ЛЧФ.

Аналітична обробка цифрових сигналів в графічному чи в чисто цифровому представленні практично дещо обмежена. Уявляється доцільною ідея заміни довільного цифрового сигналу (змінної), що змінюється в часі, якоюсь часовою логічною функцією, що може бути представлена, наприклад, поліномом. Це дає можливість полегшити попередню аналітичну обробку цифрових сигналів та змінних, використовуючи властивості таких функцій. Тому актуальною буде розробка математичного апарату, який в простій і доступній формі дозволить здійснювати аналітичну обробку цифрових сигналів, що змінюються в часі та здійснювати прогнозування змін параметрів сигналів суто засобами математики [139, 140].

Подальший розвиток алгебра логіко-часових функцій набула в роботах автора [137]. Логіко-часовими функціями (ЛЧФ) будемо називати такі логічні k -значні ($k \geq 2$) функції, які змінюються в дискретному часі і можуть набувати одне із значень від 0 до $k-1$ на кожному Δ -інтервалі, що входить до якогось фіксованого кінцевого часового інтервалу існування змінних, за межами цього інтервалу функція дорівнює нулю. При $k > 2$ – k -значну функцію будемо називати логіко-часовою функцією багатозначної логіки (БЛЧФ). Моменти початку часових інтервалів існування t_i та їх тривалість T_i дискретні. Значення t_i та T_i називають часовими координатами змінних.

Аналіз можливих варіантів БЛЧФ дозволив виділити три основних класи функцій (повна система):

- 1) клас БЛЧФ, що між двома нулями приймають сталі значення (елементарні ЛЧФ);
- 2) клас БЛЧФ, які мають n часових координат, відрізки існування яких не перетинаються;
- 3) клас монотонних функцій.

Наприклад, елементарна ЛЧФ (рис.2), область визначення якої складається лише з одного відрізка існування, в загальному вигляді має вид:

$$f(t, t_1, T_1, a_1) = \begin{cases} a_1, & \text{якщо } t_1 \leq t \leq t_1 + T_1 \\ 0, & \text{якщо } t_1 + T_1 < t < t_1 \end{cases}, \quad (42)$$

де t – поточне дискретне значення параметру;

T_1 – інтервал існування функції;

a_1 – одне із k значень функції

t_1 – початок часового інтервалу

$t_1 + T_1$ – кінець часового інтервалу.

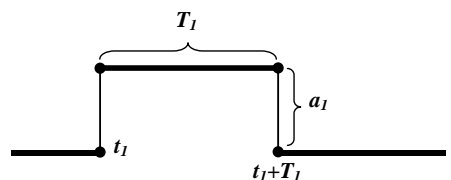


Рисунок 2. Елементарна логіко-часова функція

В загальному вигляді БЛЧФ з n відрізками існування можна записати так:

$$f(t, t_1, \dots, t_n, T_1, \dots, T_n, a_1, \dots, a_n). \quad (43)$$

Зауважимо, що запис (43) ЛЧФ не використовує значення $a_i \leq 0$ і така форма подання є досить громіздкою та незручною для обробки.

На рис. 3 наведено можливий варіант ЛЧФ, що має m часових координат відрізки існування яких не перетинаються, а на рис. 4 можливий варіант монотонної БЛЧФ (а – зростаючої, б – спадної).

Можна показати, що функції другого та третього класів можна подати у вигляді накладання (суперпозиції, логічного додавання) ЛЧФ першого класу.

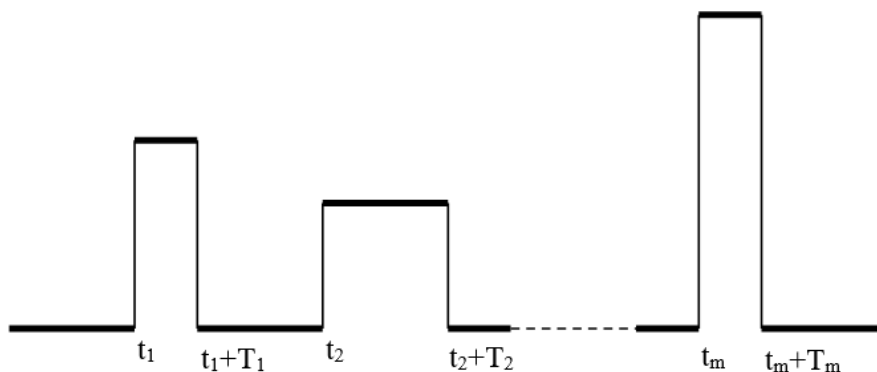


Рисунок 3. Можливий варіант ЛЧФ, що має m часових координат відрізки існування яких не перетинаються

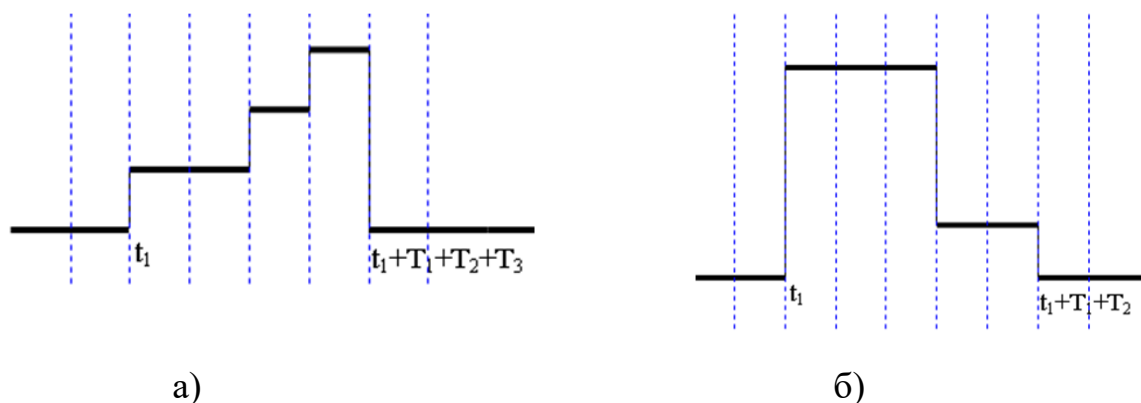


Рисунок 4. Можливі варіанти монотонної ЛЧФ : а) зростаюча ЛЧФ, б) спадна ЛЧФ

Тоді, для позначення таких функцій доцільно використати модифікований плюс: « \oplus » [126]. Крім того, дискретизація часу дозволяє координати початку часового інтервалу і інтервал існування конкретної функції задавати числом Δ - інтервалів (тактів). Пропонується вказувати ці значення відповідно як нижній та верхній індекси змінної. Для БЛЧФ, зображених на рис. 1, записуючи всі інтервали існування в порядку зростання початкового часового інтервалу, отримуємо:

$$x(t) = x_1^3 \oplus x_{10}^1,$$

$$y(t) = y_1^1 \oplus 2y_2^1 \oplus y_3^2 \oplus y_9^2.$$

Вираз типу $2y_2^1$ (або $a_i z_{t_i}^{T_i}$) традиційно сприймається як множення 2 на y_2^1 , хоча 2 – це значення змінної амплітуди. Для виключення подвійного трактування логічні значення a_i записуємо у верхньому попередньому індексі:

$$y(t) = {}^1y_1^1 \oplus {}^2y_2^1 \oplus {}^1y_3^2 \oplus {}^1y_9^2 \quad (44)$$

попередньому індексі:

$$y(t) = {}^1y_1^1 \oplus {}^2y_2^1 \oplus {}^1y_3^2 \oplus {}^1y_9^2 \quad (45)$$

В загальному вигляді для індексів використовуємо прийняті раніше позначення T і тоді маємо:

$$z(t) = a_1 z_{t_1}^{T_1} \oplus a_2 z_{t_2}^{T_2} \oplus \dots \oplus a_i z_{t_i}^{T_i} \oplus \dots \oplus a_n z_{t_n}^{T_n} \quad (46)$$

Запис (46) назвемо *індексним*. Фактично індексний запис тривалості амплітуд a_i , k -значних функцій, разом з початком інтервалів існування t_x , повністю характеризують ЛЧФ.

Для подальшого спрощення символічного позначення ЛЧФ введемо поняття *продукуючого слова*. Одномірним продукуючим словом A логіко-часової функції називається сукупність упорядкованої за часом множини одномісних аргументів тривалістю Δ типу $\{a_0, a_1, a_2, \dots, a_{T-1}\}$ довжиною T :

$$A = {}^z A_{t_z}^{T_z} = W_{t_z}^{T_z} a_i, \quad (47)$$

де W – оператор впорядкування за часом та розбиття значень аргументів ЛЧФ на одиничні Δ -інтервали $T_z = T_0 + T_1 + T_2 + \dots + T_{N-1}$;

i – порядковий номер інтервалу.

Правий нижній та верхній індекси t_z і T_z , що записується у разі усунення неоднозначного трактування, вказує на початок та довжину слова, i -показує положення аргументу в слові та пробігає всі значення $0, 1, 2, \dots, (T - 1)$.

Тепер в найбільш загальному вигляді, маємо повну форму запису ЛЧФ k -значної логіки

$${}_k z(t_i) = {}_k z_{t_z}^{T_z}(t_i) = \left(\prod_{i=0}^{T_z-1} a_i \right) \Big|_k z_{t_z}^{T_z} \quad (48)$$

де t_i , як часова координата a_i , визначається співвідношенням $t_i = t_z + i$

$t_i \in \{t_z + 0, t_z + 1, t_z + i, \dots, t_z + T_z - 1\}$, $a_i \in \{0, 1, \dots, k - 1\}$;

індекс k вказує значність ЛЧФ.

За замовчуванням $a_i = 0$ за межами інтервалу існування БЛЧ функції. Але це не є обов'язковою умовою для БЛЧФ. За межами інтервалу існування БЛЧФ може приймати значення константи $0, 1, \dots, k - 1$. Більше того, значення a_i може бути також від'ємним. Але це вже буде інший клас k -значних функцій (який тут не розглядається), відмінний від класичного і з своїми особливими правилами виконання тих чи інших операцій.

Якщо необхідно вказати значення БЛЧФ за межами інтервалу існування, то ці значення a_b при $t < t_x$ та a_e при $t > (t_x + T_x)$ ставимо за дужками:

$${}_k x(t) = a_b (a_t) a_e \Big|_k x_{t_x}^{T_x} = a_b \left(\prod_{i=0}^{T_x} a_i \right) a_e \Big|_k x_{t_x}^{T_x}. \quad (49)$$

Продукуюче слово може бути отримане також із матриці. Наприклад, для матриці $B_{M \times N}$,

$$B_{M \times N} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1N} \\ b_{21} & b_{11} & \dots & b_{1N} \\ \dots & \dots & b_{mn} & \dots \\ b_{M1} & b_{M2} & \dots & b_{MN} \end{pmatrix},$$

де $m \in \{1, 2, 3, \dots, M\}$, $n \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$, продукуюче слово $\left(\begin{matrix} N & M \\ \mathbb{W} & \mathbb{W} b_{mn} \\ n=1 & m=1 \end{matrix} \right)$ впорядковує зліва направо зверху вниз матричний двомірний масив в одномірний масив за індексами n та m .

Тоді для матриці $B_{M \times N}$, як БЛЧФ маємо:

$${}_k z(t_i) = B_{M \times N} \Big|_k z_{t_z}^{T_{M \times N}} = \left(\begin{matrix} N & M \\ \mathbb{W} & \mathbb{W} b_{mn} \\ n=1 & m=1 \end{matrix} \right) \Big|_k z_{t_z}^{T_{M \times N}} \quad (49')$$

Для конкретної 4-значної ЛЧФ (рис. 5) використання оператора впорядкування одномісних аргументів має такий вигляд:

$${}_4 x(t) = {}_4 x_{t_x}^{T_x} = W(1^1, 2^2, 1^1, 3^4) \Big|_4 x_{t_x}^8 = (12213333) \Big|_4 x_{t_x}^8. \quad (50)$$

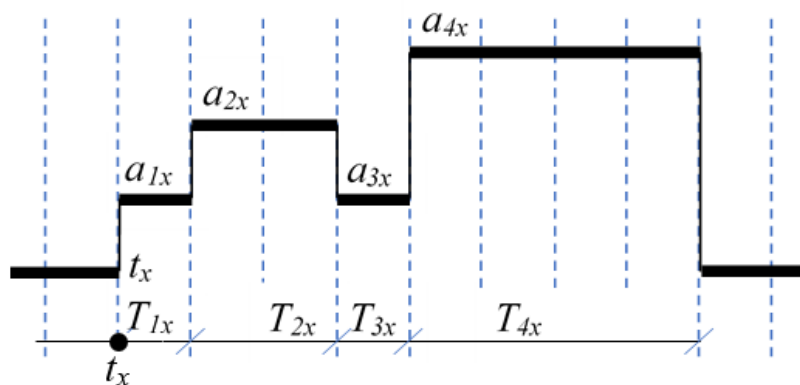


Рисунок 5. Можливий варіант 4-значної ЛЧФ

В цілому, значення a_i - це логічні змінні, а числові змінні - це значення тривалості інтервалу існування і час його початку. З цього можна зробити висновок, що БЛЧФ допускають як логічні, так і арифметичні (алгебраїчні) операції.

Розглянемо, наприклад, функцію заперечення Лукасевича (інверсії), що для звичайної k -значної змінної визначається формулою: $\tilde{x} = (k-1) - x$. Для БЛЧФ в інтервалі існування $(t_x, t_x + T_x)$, це описується в загальному вигляді таким виразом:

$$\tilde{x} = \left((k-1) - a_0^{T_0}, (k-1) - a_1^{T_1}, \dots, (k-1) - a_N^{T_N} \right) \Big|_k x_{t_x}^{T_x}, \quad (51)$$

або в повній формі

$$\tilde{z}(t) = \tilde{z}_{t_z}^{T_z} = \prod_{i=0}^{T_z-1} \left((k-1) - a_i \right) \Big|_k z_{t_z}^{T_z}. \quad (52)$$

В разі потреби врахування значення функції за межами інтервалу існування потрібно вказати значення БЛЧФ в інтервалах $0 - t_0$ та $(t_n + T_n) - \infty$:

$$\tilde{x} = \left((k-1)_{t_0}^{t_0}, (k-1) - a_0^{T_0}, (k-1) - a_1^{T_1}, \dots, (k-1) - a_N^{T_N}, (k-1)_{t_n+T_n}^{\infty} \right) \Big|_k x_{t_x}^{T_x}. \quad (53)$$

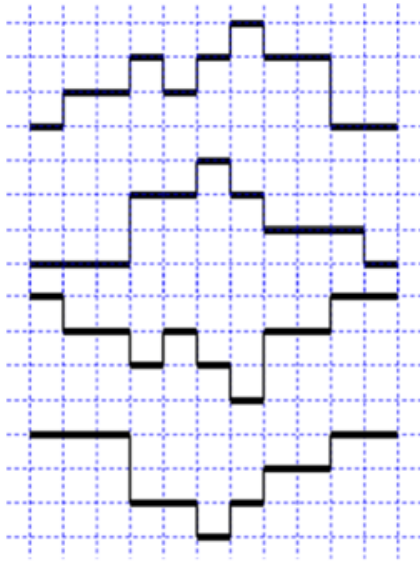
Приклади графіків заперечень Лукасевича для чотиризначної ЛЧФ наведено на рис. 6.

Для k -значних функцій часто використовується циклічне заперечення або заперечення Поста, що визначається формулою:

$$\vec{z}(t) = \vec{z}_{t_z}^{T_z} = \left(\prod_{i=0}^{T_z-1} (a_i + 1) \bmod k \right) \Big|_k \vec{z}_{t_z}^{T_z}, \quad (52^1)$$

а також функція мінус x :

$$-x = (k - x) \bmod k. \quad (54)$$



$${}_4x(t) = (1^2 2^1 1^2 3^1 2^2) \Big|_4 x_1^8$$

$${}_4y(t) = (2^2 3^1 2^1 1^3) \Big|_4 y_3^7$$

$${}_4\tilde{x}(t) = (3^1 2^2 1^1 2^1 0^1 2^2 3^\infty) \Big|_4 x_0^\infty$$

$${}_4y(t) = (3^3 1^2 0^1 1^1 2^2 3^\infty) \Big|_4 y_0^\infty$$

Рисунок 6. Приклади реалізації заперечення Лукасевича

Для позначення зсуву вліво чи вправо (випередження або затримка) використаємо оператор

$$D_t^s : D^s x_{t_x}^{T_x} = \left\{ \forall t : D^s x_{t_x}^{T_x} = x_{t_x+s}^{T_x} = \left(\begin{matrix} T_x-1 \\ \mathbf{W} a_i \end{matrix} \right) \Big|_k x_{t_x+s}^{T_x} \right\}, \quad (55)$$

де s вказує на величину зсуву в Δ -інтервалах.

Якщо s зі знаком «+», то маємо зсув вправо, а зі знаком «-» – зсув вліво. Даний оператор може мати параметри, що вказуються у відповідних індексах. Наявність нижнього індексу t вказує на час, від якого починається зсув. В такому випадку, символ D_t^s оператора зсуву може знаходитись в будь-якому місці виразу БЛЧФ, але раніше за t . Якщо нижній індекс відсутній, то зсув починається від значення функції, що слідує за оператором D^s від початкового

Δ - інтервалу. Дія оператора D_t^s поширюється на весь інтервал існування функції, що знаходиться під знаком оператора справа від t до $t + s$. Просто D без індексів вказує на одиничний зсув. Як правило, значеннями функції, що при зсуві опинились за межами інтервалу існування або інтервалу зсуву, ігнорують. Якщо зсув починається з t_i , тоді отримаємо:

$$D_{t_i}^{-R} z(t) = D_{t_i}^{-R} z_{t_i}^T = z_{t_i}^{T_1} \oplus z_{t_i}^{T_2} \oplus \dots \oplus z_{t_i-R}^{T_i} \oplus \dots \oplus z_{t_i-R}^{T_n}. \quad (56)$$

Наприклад, для функції $y(t) = y_1^1 \oplus 2y_2^1 \oplus y_3^2 \oplus y_9^2$, при $s = -2$ БЛЧФ функція зсуву така: $D_{-4}^{-2} y = y_{-1}^1 \oplus 2y_0^1 \oplus y_1^2 \oplus y_7^2$.

Для можливості опису швидкості зміни функції автором було введено операцію нерівнозначного віднімання, що визначалась різницею по модулю значень та була досить громіздкою при використанні. Враховуючи індексне подання БЛЧФ та узагальнюючи логіко-часові функції (ЛЧФ) двійкової та багатозначної логіки таку операцію більш доцільно вважати логічною операцією нерівнозначності, а модуль різниці амплітуд змінних є мірою цієї нерівнозначності.

Для позначення нерівнозначності $\left| {}^x a_t - {}^y d_t \right|$ використаємо символ « \ominus » і запишемо нерівнозначність БЛЧФ у вигляді [141]:

$$\left({}_k x_{t_x}^{T_x} \ominus {}_k y_{t_y}^{T_y} \right) = \mathbf{W}_{i=0}^{T_{\max}-1} \left({}^x a_i \ominus {}^y c_i \right) \Big|_k (x \ominus y)_{\min(t_x, t_y)}^{T_{\max}}. \quad (57)$$

де W – оператор впорядкування за часом та розбиття значень аргументів БЛЧФ на одиничні Δ -інтервали.

Можна показати, що дана операція не має властивості асоціативності: $(x \ominus y) \ominus z \neq x \ominus (y \ominus z)$, і також немає властивості дистрибутивності кон'юнкції

(диз'юнкції) відносно операції нерівнозначності. Зокрема,
 $(x_t \triangle (y_t \ominus z_t)) \neq (x_t \triangle y_t) \ominus (x_t \triangle z_t)$, де « \triangle » – операція кон'юнкції БЛЧФ:

$$\begin{aligned} & \left({}_k x_{t_x}^{T_x} \triangle {}_k y_{t_y}^{T_y} \right) = \\ & = \prod_{i=0}^{\min(t_x+T_x, t_y+T_y) - \max(t_x, t_y) - 1} \min \left({}^x a_i, {}^y c_i \right) \Big|_k \left(x \triangle y \right)_{\max(t_x, t_y)}^{\min(t_x+T_x, t_y+T_y) - \max(t_x, t_y)}. \end{aligned} \quad (58)$$

Індекси типу \min , \max з параметрами, визначають інтервали існування функції, а значення власне самої функції, кон'юнкцію ${}^x a_t$ та ${}^y c_t$, потрібно вираховувати для кожного t з кроком рівним одиниці від $\max(t_x, t_y)$ до $(\min(t_x + T_x, t_y + T_y) - \max(t_x, t_y))$.

На рис. 7 наведено графічні результати операції додавання по модулю 2 або нерівнозначності.

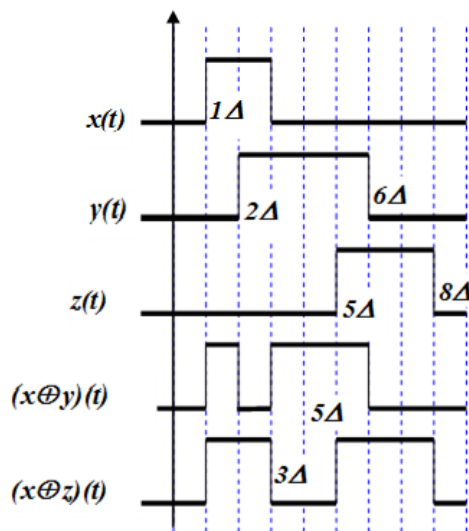


Рисунок 7. Двійкова нерівнозначність

Тоді аналітичне обчислення відповідних функцій, зображених на рис. 7:

$$\begin{aligned}x_1^2 \oplus y_2^4 &= (x \oplus y)_2^{-1} \vee (x \oplus y)_3^3 \vee (x \oplus y)_1^1 \vee (x \oplus y)_6^{-3} = \\ &= (x \oplus y)_1^1 \vee (x \oplus y)_3^3; \\ x_1^2 \oplus z_5^3 &= (x \oplus z)_5^{-4} \vee (x \oplus z)_5^3 \vee (x \oplus z)_1^2 \vee (x \oplus z)_8^{-5} = \\ &= (x \oplus z)_1^2 \vee (x \oplus z)_5^3.\end{aligned}$$

Операцію нерівнозначності можна застосувати при побудові так званих індикаторних операцій. Зокрема, для оцінки інтенсивності зміни БЛЧФ введемо поняття *жвавості*. Жвавість (V) це число, що показує сумарно як інтенсивно змінюється значення функції протягом всього відрізка її існування, який може включати нульові підінтервали і визначається за формулою:

$$V(a_0, a_1, \dots, a_N | {}_k x_{t_x}^{T_x}) = \sum_{i=0}^{N+1} (a_i \ominus a_{i+1}). \quad (59)$$

Для функції ${}_4 x(t) = 1^2 2^1 1^2 3^1 2^2 | {}_4 x_1^8$ жвавість $V = 8$. Максимальне значення жвавості на відрізку існування обчислюється за формулою:

$$V_{\max}({}_k x_{t_x}^{T_x}) = [(k-1) \times (T_x + 1)] \quad (60)$$

де T_x – тривалість відрізка існування функції.

Відповідно мінімальне значення жвавості $V_{\min} = 1$ і описує перехід БЛЧФ з однієї константи на сусідню вверх або вниз на логічну одиницю, а при $V = 0$ маємо справу з константою.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.4.1

4.1 Термоелектричні модулі електрообладнання водного транспорту

Термоелектричні модулі на ефекті Пельтьє функціонально призначені для передачі теплової енергії від однієї поверхні до іншої і складаються з напівпровідникових віток з провідностями P -типу та N -типу, що розташовані між двома ізоляційними підкладками, на поверхнях яких є місця комутаційних контактів, які з'єднують напівпровідникові вітки в єдине електричне коло. При пропусканні струму через електричне коло тепла енергія з однієї підкладки через вітки перетікає на другу підкладку, температура першої з підкладок падає, а другої збільшується. Термоелектричний модуль Пельтьє є складальною одиницею, що складається з набору термоелектричних елементів. В основі роботи термоелектричних елементів Пельтьє лежить контакт двох струмопровідних матеріалів з різними рівнями енергії електронів у зоні провідності [142, 143, 145]. При протіканні струму через контакт таких матеріалів, електрон повинен отримати енергію, щоб перейти у більш високоенергетичну зону провідності іншого напівпровідника. При поглинанні цієї енергії відбувається охолодження місця контакту напівпровідників. При протіканні струму в зворотному напрямку відбувається нагрівання місця контакту напівпровідників, додатково до звичайного теплового ефекту.

В даному дослідженні розглянуто термоелектричні модулі та термоелектричні елементи, які використовують контакт напівпровідників P -типу та N -типу, оскільки саме вони знаходять своє практичне застосування в електрообладнанні водного транспорту. Слід відзначити, що при контакті металів ефект Пельтьє значно менший і може бути навіть непомітним на фоні джоулевого нагріву і явищ теплопровідності. Через це нижче було наведено декілька конкретних розрахункових прикладів термоелектричних модулів на

базі напівпровідників з класичною конструкцією та з іншими конструкціями, що сприяють підвищенню використання термоелектричного ефекту Пельтьє.

Прикладом суднового термоелектричного електрообладнання є апарат для отримання прісної води (рис. 1). Принцип його дії також засновано на термоелектричному методі направлено переносу теплоти і полягає в тому, що підведення теплоти до морської води здійснюється зі сторони гарячих спаїв термоелектричних елементів, а зі сторони холодних спаїв відбувається конденсація пари, утвореної внаслідок випаровування води [155].

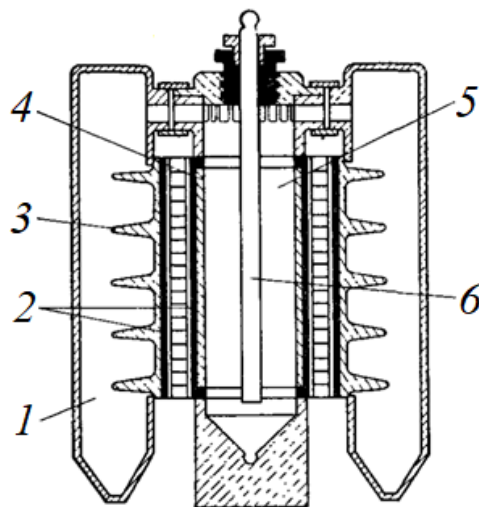


Рисунок 1. Термоелектричний опріснювач води: 1 – конденсатор;
2 – електрична ізоляція; 3 – термоелементи; 4 – графітовий циліндр;
5 – випаровувач

Подібна термоелектрична випарувальна установка відрізняється від аналогічних існуючих на сьогодні установок відносно простотою, надійністю і компактністю. Тому застосування подібного термоелектричного обладнання в суднових умовах є доцільним.

Перспективи практичного застосування термоелектричного охолодження і нагріву в судновому електрообладнанні не обмежуються наведеним вище прикладом. Достатньо сприятливими в цьому відношенні є можливості

використання термоелектричних пристроїв і для інших цілей, зокрема для кондиціонування повітря.

На рис. 2, *а* зображено установку кондиціонування повітря потужністю 3,5 кВт, дослідний зразок якого було передано флоту [155]. Установку було розроблено компанією Carrier Corp. для атомних підводних човнів, вона призначена для підтримки у відсіку постійної температури 303 К при вологості 50 %. Конструкція установки виконана в вигляді шести однакових секцій, що мають розміри 305×178×57 мм. Повна вага установки становить 81 кг і займає об'єм 0,028 м³ (рис. 2, *б*).

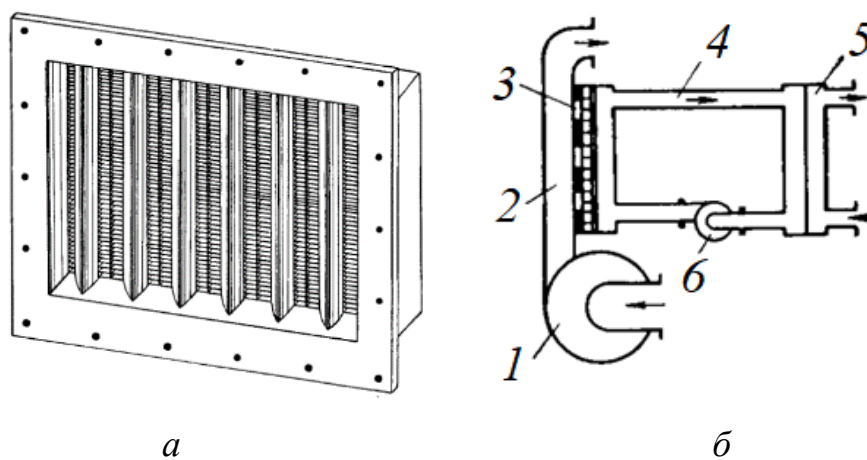


Рисунок 2. Термоелектричний кондиціонер для атомного підводного човна:
а – зовнішній вигляд; *б* – схема установки; 1 – вентилятор; 2 – повітропровід;
3 – батарея термоелектричних елементів; 4 – система прісної води;
5 – система заборотної води; 6 – насос прісної води

Як видно з рисунку, кондиційоване повітря продуває вентилятор через пластинчасті комірці, де він віддає теплоту холодним спаям термоелектричних елементів. Теплота, що виділяється на гарячих спаях, в свою чергу, сприймається прісною водою, що циркулює в замкнутому контурі. Охолодження прісної води здійснюється заборотною водою в звичайному теплообмінному апараті.

В якості матеріалу ланцюгів термоелектричних елементів використовувались телуриди, а в якості електричної ізоляції – плівка з окису алюмінію товщиною 12,5 мікрон.

В даний час в світі успішно експлуатуються декілька десятків радіоізотопних термоелектричних установок різної потужності [155, 159]. Особливості цього типу електрообладнання можна побачити на схемі типової конструкції термоелектрогенератора, показаної на рис. 3.

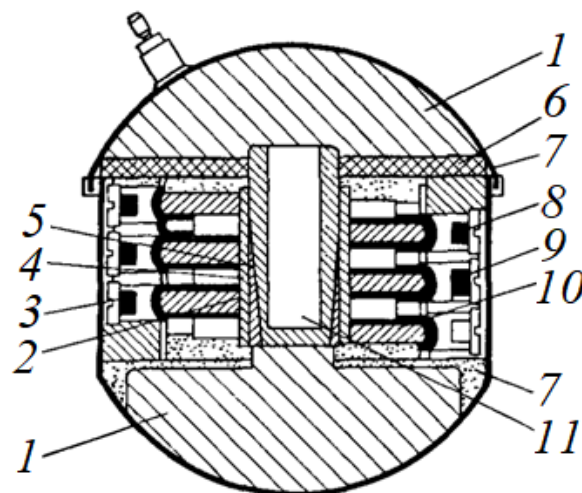


Рисунок 3. Конструкція термоелектрогенератора з радіоізотопним джерелом енергії: 1 – теплова ізоляція; 2 – гаряча комутаційна пластина; 3 – зовнішня оболонка; 4 – термоелектричні елементи; 5 – циліндр з радіоізотопним джерелом; 6 – ущільнювач; 7 – сферичне днище; 8 – пружина; 9 – холодна комутаційна пластина; 10 – теплоізоляційні кільця; 11 – радіоізотопне джерело

Радіоактивний ізопоп розміщувався в капсулах з нержавіючої сталі, які встановлювались в нагрівальний циліндр. Останній закривався різьбовою кришкою, що приварюється до корпусу після заповнення капсулами.

Між нагрівальним корпусом і нагрівальним циліндром було розміщено термоелектричні елементи, що мають однакову довжину (25,4 мм) і діаметри: 5,3 мм – ланцюг *N*-типу і 5,7 мм – ланцюг *P*-типу. 27 термоелектричних елементів розміщувались радіально в шести вертикальних рядах. Комутація по

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

гарячій стороні здійснювалась притиском термоелектричних елементів до комутаційного кільця, внутрішня поверхня якого була покрита окисом двоокисом алюмінію, який застосовувався в якості електроізоляції. Притискне зусилля кожного ланцюгу термоелектричного елемента становили біля $1 \text{ кГ (кгс)} = 9,80665 \text{ Н} \approx 10 \text{ Н}$ і забезпечувалось пружиною та регулювальним гвинтом. В якості ізоляції на холодних спаях було застосовано оксидне покриття, що наносилось на алюмінієві втулки, які було розміщено між термоелектричними елементами і притискними пружинами.

Весь простір, не зайнятий термоелектричними елементами, було заповнено тепловою ізоляцією, що запобігала розсіюванню енергії в оточуючий простір.

Як видно, на транспорті широко використовується електрообладнання різного технологічного призначення, в конструкції якого передбачено застосування термоелектричних вузлів. Ці термоелектричні вузли електрообладнання транспорту складаються з термоелектричних модулів та допоміжних конструктивних елементів, що монтуються з ними одночасно. Моделювання термоелектричних модулів з широко поширеними типовими класичними конструкціями можна здійснити за допомогою існуючих математичних моделей на основі аналітичних рівнянь [142, 143], однак проведення аналогічного моделювання для конструктивно нових термоелектричних модулів інколи може бути неможливим або складним і реалізувати його вдається з використанням чисельних методів розрахунку, які змістовно викладені в роботах [144, 147, 157] і роботах [146, 153, 154, 160]. До електрообладнання водного транспорту з термоелектричними вузлами відносяться термоелектричні теплові насоси, охолоджувальні пристрої і установки кондиціонування повітря, нагрівальні і опалювально-охолоджувальні пристрої, апарати для отримання прісної води, а також термоелектричні установки в якості суднових джерел електроенергії [155]. Електрообладнання водного транспорту даного типу має вагомні переваги в порівнянні зі звичайним електрообладнанням аналогічного призначення. До переваг електрообладнання з термоелектричними вузлами слід віднести відносну простоту схемної

реалізації, надійність в експлуатації, керуванні та регулюванні при зміні режимів роботи, великий ресурс роботи, можливість швидкого пуску та зупинки, простоту обслуговування. Слід зазначити, що в порівнянні зі звичайним електрообладнанням транспорту електрообладнання з термоелектричними вузлами має меншу ефективність, проте в конкретних випадках зі специфічними умовами роботи електрообладнання водного транспорту наведений перелік переваг в значній мірі може виявитись визначальним.

Вищезазначене вказує на широке використання термоелектричних модулів з типовими класичними конструкціями в електрообладнанні водного транспорту. Проте для електрообладнання подібного типу не в повній мірі висвітлені питання підвищення його ефективності за рахунок застосування нових конструкцій термоелектричних модулів. Тому, актуальними залишаються питання проведення порівняльного аналізу робочих характеристик конструкцій термоелектричних модулів з різними геометричними формами напівпровідників для електрообладнання транспорту.

Для опису термоелектричних процесів використовується потужний математичний апарат у вигляді системи диференціальних рівнянь. В загальному випадку основні рівняння для термоелектричних, термомагнітних і гальванотермомагнітних явищ щодо процесів розповсюдження тепла та електрики в кристалах наступні [142, 143]:

$$\left. \begin{aligned} E_i^* &= \rho_{ik} j_k + \alpha_{im} \frac{\partial T}{\partial x_m}, \\ q_l &= T \alpha_{kl} j_k - \chi_{lm} \frac{\partial T}{\partial x_m}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де $E_i^* = -\frac{1}{e} \nabla_i \bar{\mu}$ – компонента напруженості електричного поля;

ρ_{ik} – компонента тензора питомого електроопору;

α_{kl} – компонента тензора термоЕРС;

q_l – компонента вектора густини теплового потоку;

j_k – компонента вектора густини електричного струму;

χ_{lm} – компонента тензора теплопровідності;

$\bar{\mu}$ – електрохімічний потенціал носів струму;

e – заряд носіїв струму;

x_m – декартові координати, індекси i, k, l, m пробігають значення 1, 2, 3, причому по двічі зустрічним індексам ведеться сумування.

В неізотермічному неоднорідному або анізотропному середовищі при наявності градієнта температури напруженість електричного поля E_i^* згідно першому рівнянню (1) містить не тільки омичну складову $\rho_{ik} j_k$, але також напруженість поля сторонніх сил неелектричної природи

$$E_i^* = \alpha_{im} \frac{\partial T}{\partial x_m}, \quad (2)$$

що називається термоелектричним полем.

ТермоЕРС в замкнутому контурі C згідно загальному визначенню ЕРС може бути представлена в вигляді:

$$E = \oint_C E_i^* dl = \oint_C \alpha_{im} \frac{\partial T}{\partial x_m} dx_i. \quad (3)$$

ТермоЕРС термоелектричного елемента можна представити наступним математичним виразом [143]:

$$E = \int_{T_2}^{T_1} (\alpha_1(T) - \alpha_2(T)) dT, \quad (4)$$

де α_1, α_2 – коефіцієнти термоЕРС першого та другого матеріалів термоелектричного елемента відповідно;

T_1, T_2 – температури гарячої і холодної комутаційних пластин відповідно.

Ефективність роботи термоелектричного елемента може бути оцінена величиною його ККД η та величиною добротності Z_0 [142, 143].

ККД термоелектричного елемента:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \frac{\frac{m}{m+1}}{1 + \frac{\kappa_0 r}{\alpha^2} \frac{m+1}{T_1} - \frac{1}{2} \frac{T_1 - T_2}{T_1} \frac{1}{m+1}}, \quad (5)$$

де $\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ – термоелектричний коефіцієнт;

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \eta_C - \text{ККД циклу Карно};$$

$m = \frac{R}{r}$ – відношення опору зовнішнього навантаження R до внутрішнього

опору r термоелектричного елемента;

κ_0 – теплопровідність термоелектричного елемента.

Добротність Z_0 термоелемента залежить від термоелектричної добротності матеріалів його частин:

$$\sqrt{Z_0} = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\frac{\alpha_1}{\sqrt{Z_1}} + \frac{\alpha_2}{\sqrt{Z_2}}}, \quad (6)$$

де $Z_1 = \frac{\alpha_1^2}{\rho_1 \kappa_1}$, $Z_2 = \frac{\alpha_2^2}{\rho_2 \kappa_2}$ – розрахункові коефіцієнти добротності;

ρ_1 , ρ_2 і κ_1 , κ_2 – питомі опори і коефіцієнти теплопровідності першого та другого матеріалів термоелектричного елемента відповідно.

Для опису термоелемента в режимі термоелектричного нагріву можна скористатися моделлю термопарного елемента [143], вважаючи бокові поверхні віток адіабатично ізолюваними, холодні спаї термостатованими при температурі T_0 , а гарячим віддається тепло Q_w об'єкту, що підлягає розігріву, при температурі T_1 . Напрямок струму при термоелектричному нагріві протилежний напрямку струму при термоелектричному охолодженні; на робочому спаї теплоти Джоуля і Пельтьє додаються. Як і в охолоджувальних елементах, з достатньою для більшості випадків точністю можна вважати, що половина тепла Джоуля, яке виділяється в вітці може бути віднесено до холодного спаю, половина – до гарячого. Тепловий потік Q_0 через холодний спай термоелемента може бути представлено виразом:

$$Q_0 = (\alpha_1 - \alpha_2) I T_0 - \frac{1}{2} I^2 l \left(\frac{1}{\sigma_1 s_1} + \frac{1}{\sigma_2 s_2} \right) - \frac{T_1 - T_0}{l} (\chi_1 s_1 + \chi_2 s_2), \quad (7)$$

де T_0, T_1 – відповідно температури холодних і гарячих спаїв;

I – сила електричного струму;

l – довжина термоелемента;

σ_1, σ_2 – коефіцієнти електропровідності матеріалів віток термоелемента;

s_1, s_2 – площі поперечного перерізу матеріалів віток термоелемента;

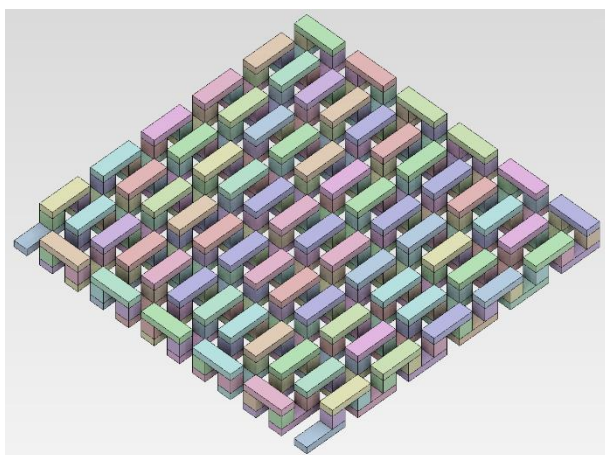
χ_1, χ_2 – коефіцієнти теплопровідності матеріалів віток термоелемента.

Тепловий потік Q_w через гарячий спай термоелемента може бути представлено виразом:

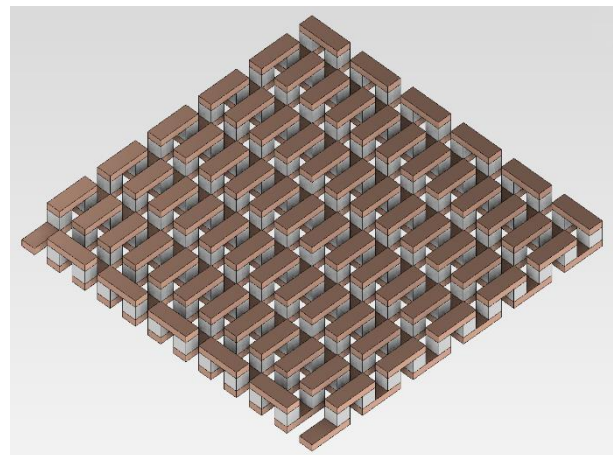
$$Q_w = (\alpha_1 - \alpha_2) T_1 I + \frac{1}{2} I^2 l \left(\frac{1}{\sigma_1 s_1} + \frac{1}{\sigma_2 s_2} \right) - \frac{T_1 - T_0}{l} (\chi_1 s_1 + \chi_2 s_2). \quad (8)$$

Моделювання термоелектричного модуля з класичною конструкцією.

Для виконання чисельного 3D-моделювання термоелектричного модуля для електрообладнання водного транспорту необхідно на першому етапі створити його точну геометричну 3D-модель. Слід зазначити, що геометричне моделювання є складовою математичного моделювання та використовується як на стадії проектування, так і в процесі розробки конструкторської документації в різних галузях промисловості.



a



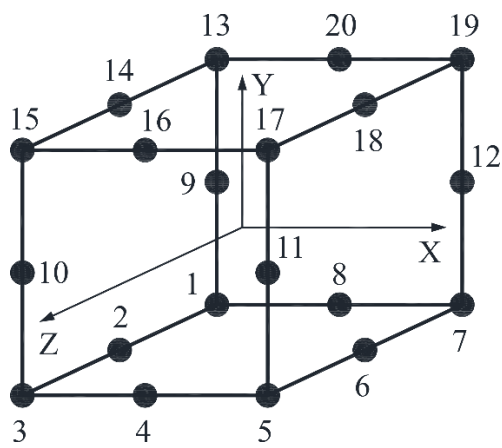
б

Рисунок 4. Геометрична (*a*) та реалістична (*б*) 3D-моделі термоелектричного модуля класичної конструкції з напівпровідниками з формою куба

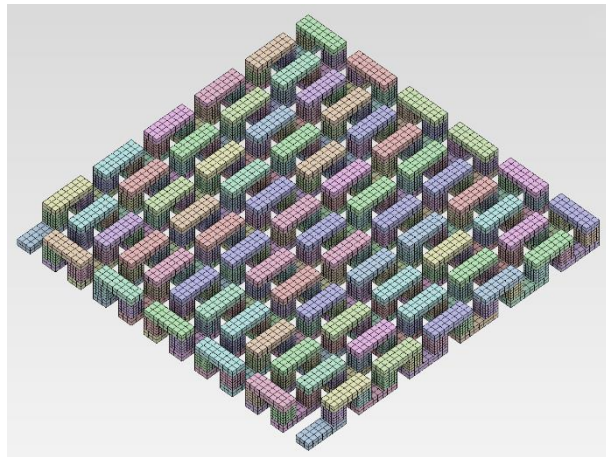
Далі, на другому етапі, необхідно створити розрахункову математичну 3D-модель термоелектричного модуля, яка містить дані про фізичні властивості всіх електротехнічних матеріалів. Створення математичної моделі проведено з урахуванням досвіду вирішення польових задач електротехніки та електроенергетики, викладених в [152]. На рис. 4 показано 3D-моделі термоелектричного охолоджувача вимірювального електроустаткування автоматичних систем.

Геометрична 3D-модель наведеного термоелектричного модуля складається з напівпровідникових матеріалів *P*- та *N*-типу, кожен напівпровідник має однакову форму куба з довжиною ребра 1 мм. Напівпровідникові матеріали *P*- та *N*-типу з'єднано по чергово між собою металевими контактними пластинами, що мають однакову форму паралелепіпедів розмірами $1 \times 0,5 \times 3$ мм. Перша та остання контактні металеві пластини представляють собою контактні виводи для під'єднання проводів електроживлення. Ланцюг з напівпровідникових елементів і їх металевих контактних пластин містить 71 *P*-*N*-перехід і представляє собою форму «П-подібної змійки», яку розміщено таким чином, що габаритні розміри спроектованого термоелектричного охолоджувача становили 23×23 мм при товщині 2 мм (без урахування товщини двох керамічних пластин ізоляційного корпусу). Реалістична 3D-модель термоелектричного модуля призначена для наочної візуалізації, а також містить потрібну для чисельного розрахунку інформацію про фізичні властивості електротехнічних матеріалів, що використано в моделі.

Перед проведенням чисельного розрахунку необхідно задати граничні умови щодо температури та електричного потенціалу. Вважалось, що температура зовнішніх поверхонь нагрітих контактних пластин була незмінною і становила 20 °C. Також, задано граничну умову про нульову величину електричного потенціалу на крайній торцевій поверхні останньої металеві контактної пластини.



a



б

Рисунок 5. Кубічний кінцевий елемент (*a*) та кінцево-елементна 3D- модель (*б*) термоелектричного охолоджувача

Чисельне вирішення 3D-задач, на третьому етапі, передбачає створення кінцево-елементної моделі, що потребує подолання суттєвих складностей при роботі з даними. До найбільш часто використовуваних кінцевих елементів відносять тетраедри, гексаедри, а також призматичні елементи. На рис. 5, *a* показано кубічний кінцевий елемент з двадцятьма вузлами. Функції форми визначаються різними формулами в залежності від розташування вузлів, які можуть знаходитись в вершинах або на сторонах, які паралельні осям [154, 157]. Вибір типу використовуваного елемента залежить перш за все від області фізики вирішуваної задачі.

В електротехніці і термодинаміці для врахування зміни констант при переході від одного середовища до іншого часто використовуються лагранжеві елементи. Кінцево-елементна 3D-модель термоелектричного охолоджувача (рис. 5, *б*) містить 281 просторовий об'єкт, в тому числі 143 контактні пластини, 71 напівпровідників *P*-типу та 71 напівпровідників *N*-типу. Число вузлів 158403 і число кінцевих елементів 24614 кінцево-елементної моделі потребувало значних обчислювальних потужностей.

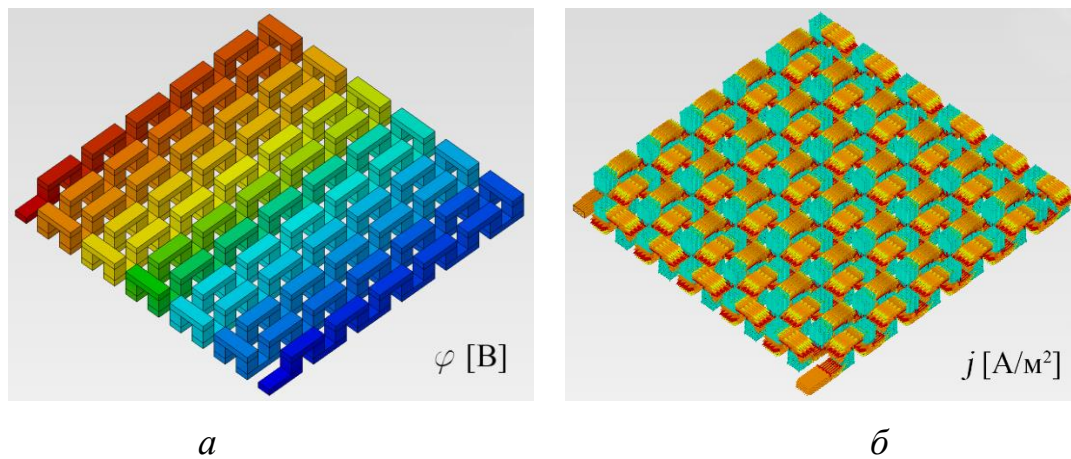


Рисунок 6. Картина розподілу електричного потенціалу $\varphi(x, y, z)$ (а) та густини струму $j(x, y, z)$ (б) по 3D-моделі термоелектричного модуля з мідними контактними пластинами при силі робочого струму 3 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

Результати розрахунку містять дані про картину розподілу електричного потенціалу $\varphi(x, y, z)$ (рис. 6, а) та густини струму $j(x, y, z)$ (рис. 6, б) по 3D-моделі термоелектричного охолоджувача з мідними контактними пластинами при силі постійного струму 3 А. При цьому електричний потенціал φ розподілено по 3D-моделі термоелектричного охолоджувача в діапазоні від 0 до приблизно 6,2 В (рис. 6, а). З рис. 6, б видно, що найбільша густина струму $j = 7,2 \cdot 10^6$ А/м² спостерігається в металевих контактних пластинах між напівпровідниками *P*-типу та *N*-типу та на крайніх контактних пластинах, це пояснюється геометрією спроектованого термоелектричного охолоджувача.

На рис. 7, а проілюстровано картину розподілу електричного поля по 3D-моделі термоелектричного охолоджувача з мідними контактними пластинами при силі постійного струму 3 А. При цьому максимальна величина напруженості електричного поля $E = 51,7$ В/м спостерігається в напівпровідникових матеріалах термоелектричного охолоджувача.

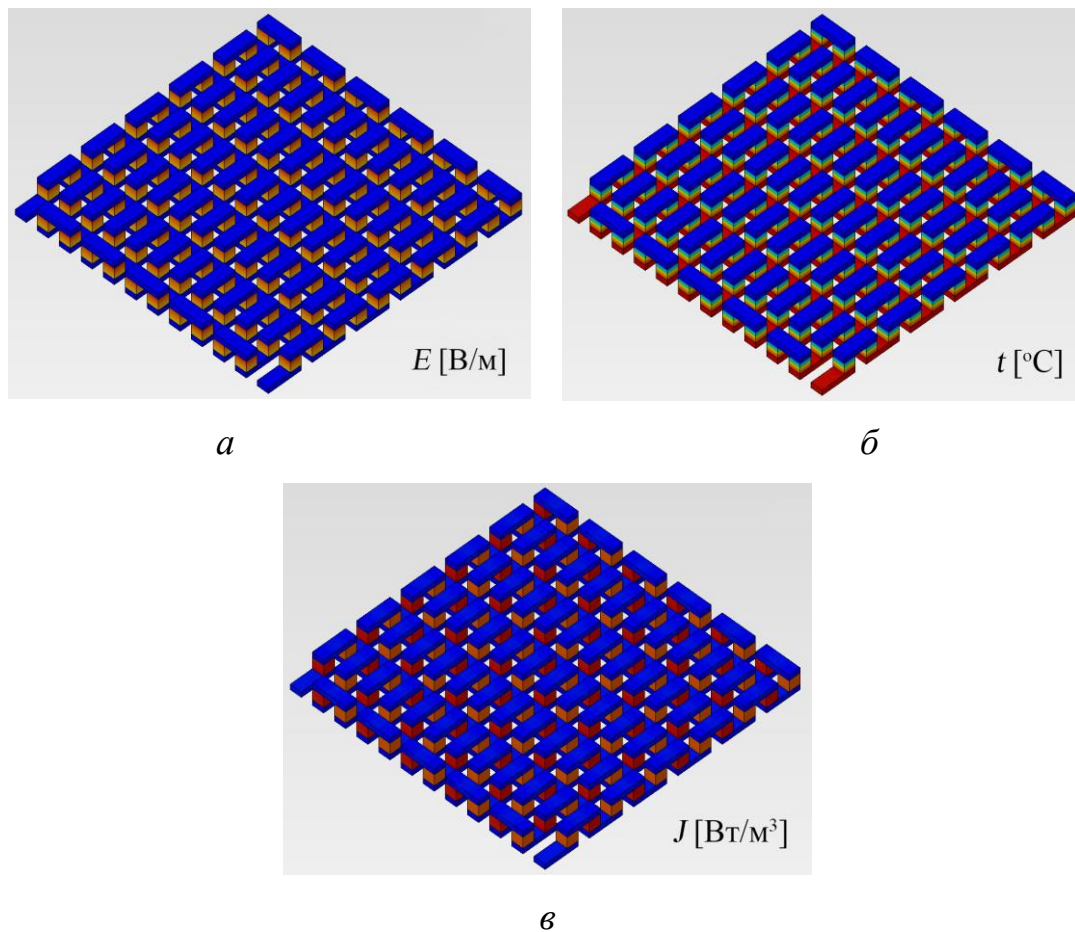


Рисунок 7. Картина розподілу електричного поля $E(x, y, z)$ (а), стаціонарного теплового поля $t(x, y, z)$ (б), резистивного нагріву $J(x, y, z)$ (в) по 3D-моделі термоелектричного охолоджувача з мідними контактними пластинами при силі робочого струму 3 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

Картину розподілу стаціонарного теплового поля $t(x, y, z)$ по 3D-моделі термоелектричного охолоджувача приведено на рис. 7, б. Слід зазначити, що чисельні розрахунки температурного поля термоелектричного охолоджувача проводились в адіабатичному режимі. Таким чином, оцінювалась верхня межа для температури без урахування конвекції та теплового випромінювання, а, отже, отримана картина температурного поля відповідає більш напруженому режиму роботи термоелектричного охолоджувача.

На рис. 7, в наведено картину розподілу резистивного нагріву $J(x, y, z)$ по 3D-моделі термоелектричного охолоджувача з мідними контактними пластинами при силі постійного струму 3 А. Максимальний резистивний нагрів спостерігається в напівпровідниках і становить $J = 9,5 \cdot 10^7$ Вт/м³.

На основі отриманої чисельної 3D-математичної моделі термоелектричного охолоджувача вимірювального електроустаткування автоматичних систем побудовано графіки залежностей $t(I)$ (рис. 8, а) температури t від сили постійного струму I при його варіаціях від 0 до 3 А при застосуванні різних металів в якості матеріалу контактних пластин. Як видно з графіка (рис. 8, а), в діапазоні струму від нуля до значення 0,8 А температурні криві для всіх матеріалів контактних пластин співпадають, в діапазоні струмів понад 0,8 А криві різні. Слід зазначити, що найбільший термоелектричний ефект охолодження досягнуто при використанні контактних пластин з міді (крива 1 на рис. 8, а). При силі постійного струму 3 А зовнішня поверхня холодних контактних пластин з міді охолоджується до температури $-47,6$ °С. Значення температури охолодження для зовнішніх поверхонь контактних пластин з алюмінію (крива 2 на рис. 8, а) та нікелю (крива 3 на рис. 8, а) при силі струму 3 А становлять відповідно $-47,5$ °С і -47 °С.

Температура зовнішніх поверхонь контактних пластин з титану (крива 4 на рис. 8, а), сталі (крива 5 на рис. 8, а) та вісмуту (крива 6 на рис. 8, а) при силі струму 3 А становлять відповідно $-42,2$ °С, $-41,1$ °С, $-33,8$ °С. Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок про недоцільність застосування перелічених матеріалів в якості контактних пластин, оскільки ефективність термоелектричного охолоджувача в разі їх застосування значно зменшується. В порівняння з міддю при застосуванні вісмуту при однаковій силі струму 3 А в обох випадках температура зовнішніх поверхонь контактних пластин буде меншою на $13,8$ °С.

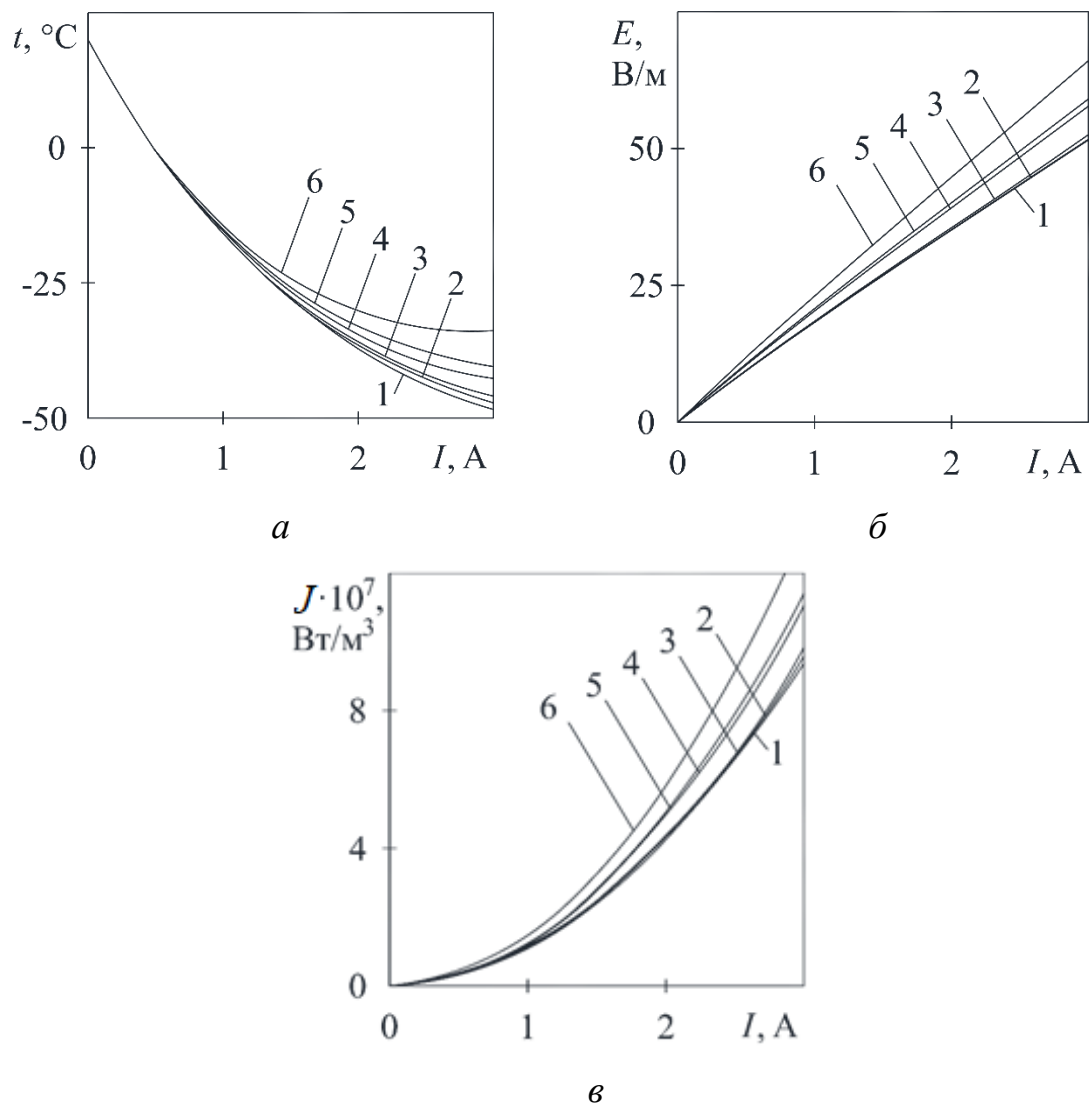


Рисунок 8. Графіки залежностей температури $t(I)$ на зовнішній поверхні охолоджених контактних пластин (а), напруженості $E(I)$ електричного поля (б) та резистивного нагріву $J(I)$ (в) від сили постійного струму I через термоелектричний модуль: 1 – для мідних пластин; 2 – для алюмінієвих пластин; 3 – для нікелевих пластин; 4 – для титанових пластин; 5 – для сталевих пластин; 6 – для вісмутових пластин

Залежності $E(I)$ максимальної напруженості E електричного поля в напівпровідниках від сили постійного струму I при його варіаціях від 0 до 3 А при застосуванні різних металів в якості матеріалу контактних пластин показано на рис. 8, б. З графіка видно, що ці залежності є лінійними, максимум

напруженості електричного поля в напівпровідниках становить $E = 66$ В/м при силі струму $I = 3$ А і застосуванні контактних пластин з вісмуту.

На рис. 8, в представлено залежності $J(I)$ резистивного нагріву J в напівпровідниках від сили постійного струму I при його варіаціях від 0 до 3 А при застосуванні різних металів в якості матеріалу контактних пластин. Найбільший резистивний нагрів $J = 1,323 \cdot 10^8$ Вт/м³ спостерігається при силі струму $I = 3$ А і застосуванні контактних пластин з вісмуту.

Таким чином, створено чисельну математичну 3D-модель термоелектричного охолоджувача з габаритними розмірами 23×23 мм.

Отримано картини розподілу електричного потенціалу $\varphi(x, y, z)$, густини струму $j(x, y, z)$, напруженості електричного поля $E(x, y, z)$, стаціонарного температурного поля $t(x, y, z)$ та резистивного нагріву $J(x, y, z)$ по 3D-моделі термоелектричного охолоджувача з мідними контактними пластинами при силі струму $I = 3$ А. При цьому картина стаціонарного температурного поля підтверджує ефективність роботи термоелектричного охолоджувача, різниця між нагрітою та охолодженою поверхнями термоелектричного охолоджувача досягла 27,6 °С.

Досліджено вплив матеріалу металевих контактних пластин між напівпровідниками P -типу та N -типу на ефективність термоелектричного охолодження. Встановлено, що найбільша ефективність досягається при використанні контактних пластин з міді, а найменша ефективність при використанні вісмутівих пластин. Побудовано відповідні залежності для температури $t(I)$, напруженості $E(I)$ електричного поля та резистивного нагріву $J(I)$ від сили постійного струму I при його варіаціях від 0 до 3 А.

Моделювання термоелектричних елементів з різною геометричною формою напівпровідникового матеріалу. Подібне моделювання зручно провести чисельним методом на основі заздалегідь створених математичних моделей. Порівнянню між собою полягали термоелектричні елементи з

напівпровідниковим матеріалом у формі куба, циліндра, усіченої піраміди, двох усічених пірамід.

Об'єм і висота геометричних тіл напівпровідникового матеріалу різної форми в кожному розглядуваному випадку взято сталими і рівними 8 мм^2 і 2 мм відповідно. Фактично, при порівнянні не змінювалась матеріалоемність напівпровідникового матеріалу, а лише форма тіла, яким він представлений.

Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі куба (рис. 9).

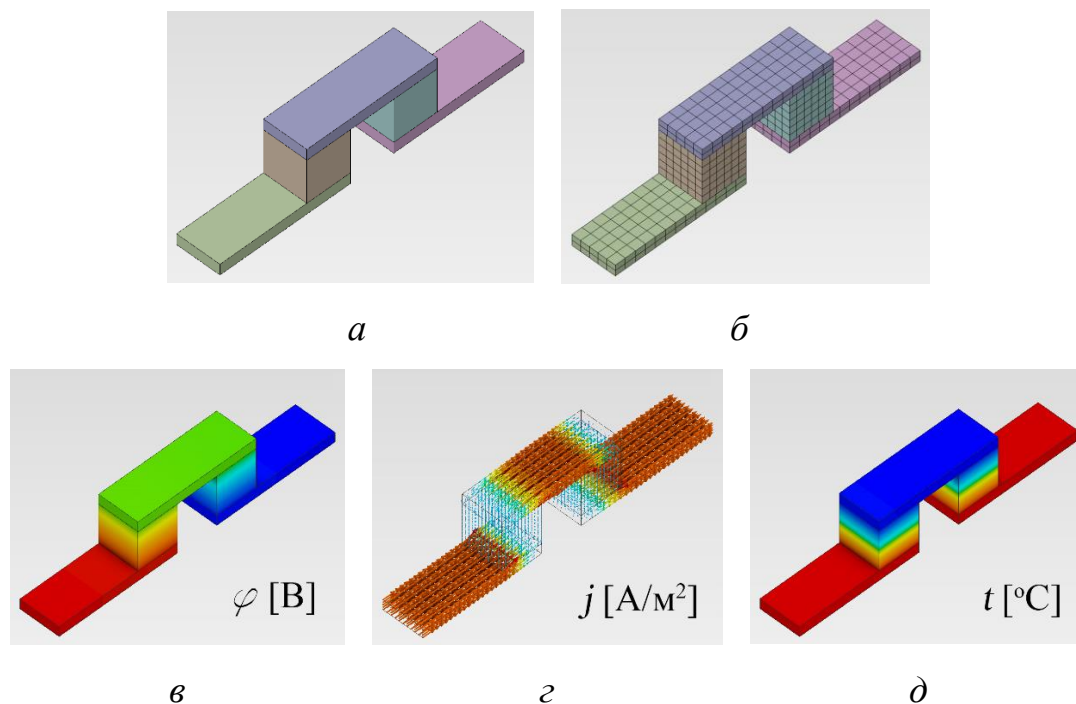


Рисунок 9. Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі куба: *a, б* – відповідно геометрична та розрахункова моделі; *в, г, д* – результати розподілу величин при робочому струмі 1 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

Геометрична (рис. 9, *a*) та кінцево-елементна (рис. 9, *б*) моделі термоелектричних елементів з напівпровідниковим матеріалом у формі куба. Результати розрахунку представлено на рис. 9, *в-г*.

За результатами розрахунку (рис. 9, в-д) встановлено, що при протіканні постійного струму 1 А електричний потенціал розподілено від 0 до 0,017 В, густина струму розподілена від 0 до $1,073 \cdot 10^6$ А/м², а температура від 0 до -18,828 °С.

Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі циліндра (рис. 10).

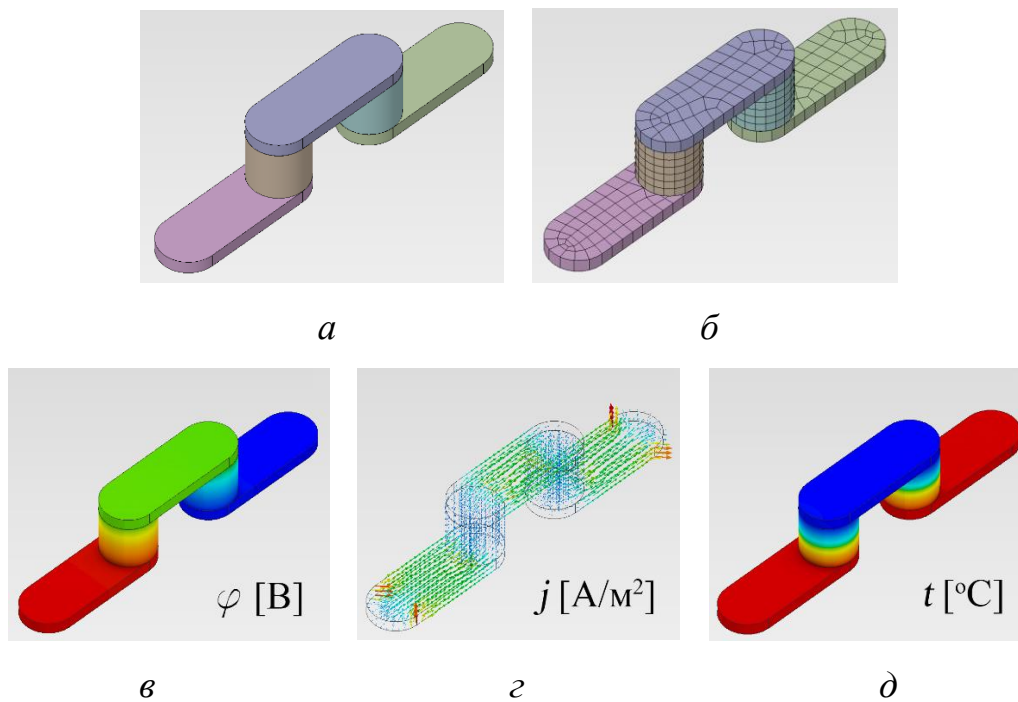


Рисунок 10. Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі циліндра: *a*, *б* – відповідно геометрична та розрахункова моделі; *в*, *г*, *д* – результати розподілу величин при робочому струмі 1 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

Геометрична (рис. 10, *a*) та кінцево-елементна (рис. 10, *б*) моделі термоелектричних елементів з напівпровідниковим матеріалом у формі циліндра.

За результатами розрахунку (рис. 10, в-д) встановлено, що при протіканні постійного струму 1 А електричний потенціал розподілено від 0 до 0,017 В,

густина струму розподілена від 0 до $1,781 \cdot 10^6$ A/m², а температура від 0 до -18,837 °C.

Порівнюючи дані результати для форми циліндра з попередніми результатами для форми куба можна зазначити, що значення температури практично однакові в обох випадках. Тобто ефективність використання термоелектричного ефекту в обох випадках однакова.

Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі усіченої піраміди (рис. 11).

Геометрична (рис. 11, *а*) та кінцево-елементна (рис. 11, *б*) моделі термоелектричних елементів з напівпровідниковим матеріалом у формі усіченої піраміди.

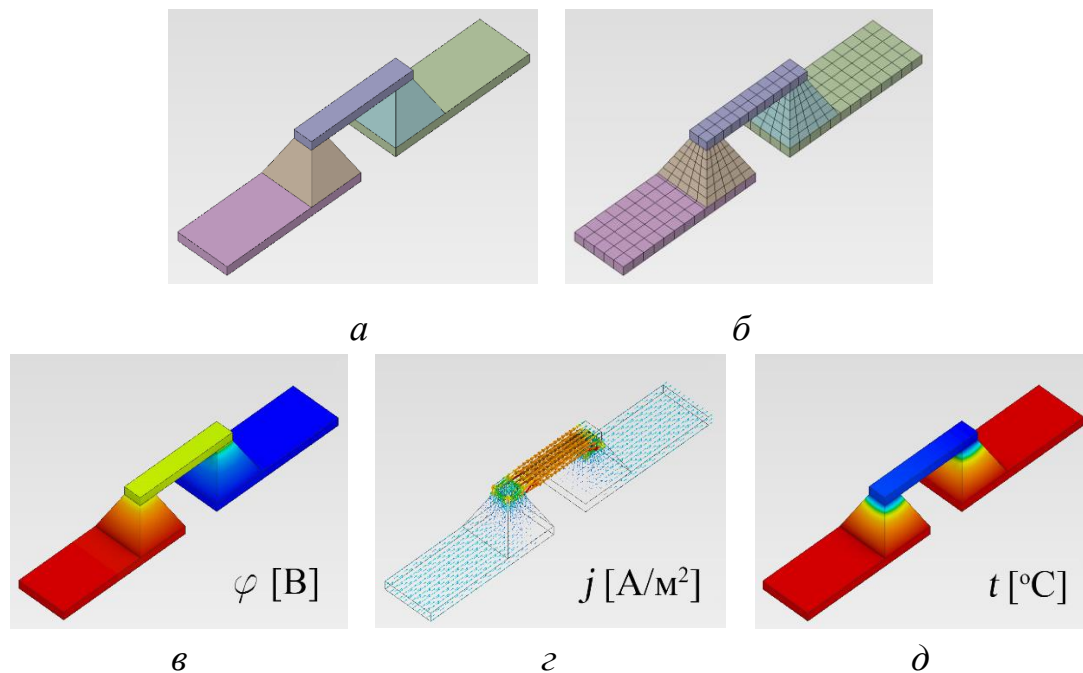


Рисунок 11. Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі усіченої піраміди: *а*, *б* – відповідно геометрична та розрахункова моделі; *в*, *г*, *д* – результати розподілу величин при робочому струмі 1 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

За результатами розрахунку (рис. 11, в-д) встановлено, що при протіканні постійного струму 1 А електричний потенціал розподілено від 0 до 0,019 В, густина струму розподілена від 0 до $2,41 \cdot 10^6$ А/м², а температура від 0 до -14,406 °С.

Зазначимо, що значення температури охолодження зменшилось в порівнянні з двома попередніми випадками. Дану форму не слід використовувати в конструкція термоелектричних модулів, тому що ефективність використання термоелектричного ефекту зменшується.

Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі двох усічених пірамід (рис. 12).

Геометрична (рис. 12, а) та кінцево-елементна (рис. 12, б) моделі термоелектричних елементів з напівпровідниковим матеріалом у формі двох усічених пірамід.

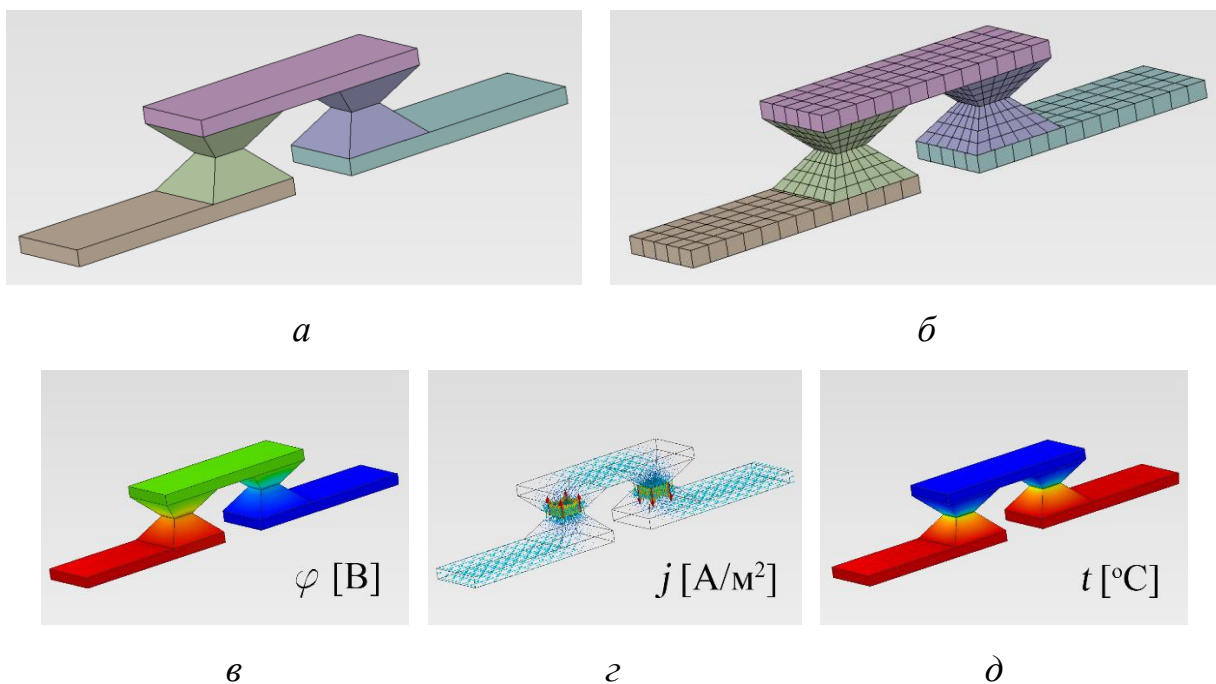


Рисунок 12. Термоелектричні елементи з напівпровідниковим матеріалом у формі двох усічених пірамід: а, б – відповідно геометрична та розрахункова моделі; в, г, д – результати розподілу величин при робочому струмі 1 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

За результатами розрахунку (рис. 12, в-д) встановлено, що при протіканні постійного струму 1 А електричний потенціал розподілено від 0 до 0,03 В, густина струму розподілена від 0 до $2,32 \cdot 10^6$ А/м², а температура від 0 до -30,48 °С. З результатів розрахунку видно, що форма напівпровідникового матеріалу у вигляді двох усічених пірамід значно покращує ефективність використання термоелектричного ефекту.

На основі отриманих результатів можна скласти узагальнюючу порівняльну таблицю 1 щодо ефективності використання термоелектричного ефекту при застосуванні різних форм напівпровідникового матеріалу в термоелектричних елементах.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця ефективності використання термоелектричного ефекту при різній формі напівпровідникового матеріалу

Форма напівпровідникового матеріалу / Параметр	Куб	Циліндр	Усічена піраміда	Дві усічені піраміди
Сила постійного струму, А	1	1	1	1
Температура охолодження, °С	-18,828	-18,837	-14,406	-30,48

Проводячи порівняльний аналіз, встановлено, що використання форми куба і циліндра не впливає в значній мірі на величину термоелектричного ефекту, оскільки температура охолодження майже однакова в обох випадках і становить -18,8 °С. При використанні форми усіченої піраміди термоелектричний ефект навіть зменшується до -14,4 °С, тому використання даної форми не є виправданим. Найцікавішим отриманим результатом є використання напівпровідників з формами у вигляді двох усічених пірамід, при цьому ефективність термоелектричного елемента значно покращується, оскільки температура охолодження становить -30,5 °С, тобто на 11,7 °С нижча в порівнянні з формами куба і циліндра.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Таким чином, було створено та розраховано математичні моделі термоелектричних елементів з різною геометричною формою напівпровідникового матеріалу: з формою куба, з формою циліндра, з формою усіченої піраміди, з формою двох усічених пірамід. Об'єм напівпровідникового матеріалу 8 мм^2 та його висота 2 мм , тобто відстань між контактними пластинами в усіх моделях є однакою. Фактично, всі розглядувані моделі є однаковими по матеріалоемності. Для розрахунку математичних моделей використовувався метод скінченних елементів.

На основі створених математичних моделей термоелектричних елементів з різною геометричною формою напівпровідникового матеріалу отримано основні електричні та теплові параметри. Порівняльний аналіз отриманих робочих параметрів дав змогу обрати найефективніші типи форм напівпровідникового матеріалу для підвищення ефективності використання термоелектричного ефекту Пельтьє.

Результати розрахунку при пропусканні сили постійного струму 1 А виявились наступними. Форми куба та циліндра для напівпровідникового матеріалу дають практично однакову ефективність використання термоелектричного ефекту, при цьому охолодження майже однакове і становить $-18,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Форма усіченої піраміди для напівпровідникового матеріалу виявилась неефективною, оскільки ефективність використання термоелектричного ефекту зменшилась, температура охолодження становила $-14,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Форма у вигляді двох усічених пірамід показала найкращі серед порівнюваних зразків результати ефективності використання термоелектричного ефекту Пельтьє, температура охолодження становила $-30,5 \text{ }^\circ\text{C}$, що на $11,7 \text{ }^\circ\text{C}$ нижче ніж при формі куба або циліндра.

На основі проведеного моделювання та порівняльного аналізу термоелектричних елементів з різною формою геометрії напівпровідникового матеріалу слід рекомендувати до практичного застосування змінити форми куба та циліндра на форми у вигляді двох усічених пірамід. Така конструкція

термоелектричних елементів забезпечить підвищення ефективності використання термоелектричного ефекту Пельтьє.

Моделювання термоелектричних модулів з різною геометричною формою напівпровідників. Було розглянуто термоелектричні модулі з напівпровідниками з формою куба, з формою куба з наскрізним квадратним отвором, з формою двох усічених пірамід, з формою куба з двома виїмками, з формою окремих кубоїдів [151].

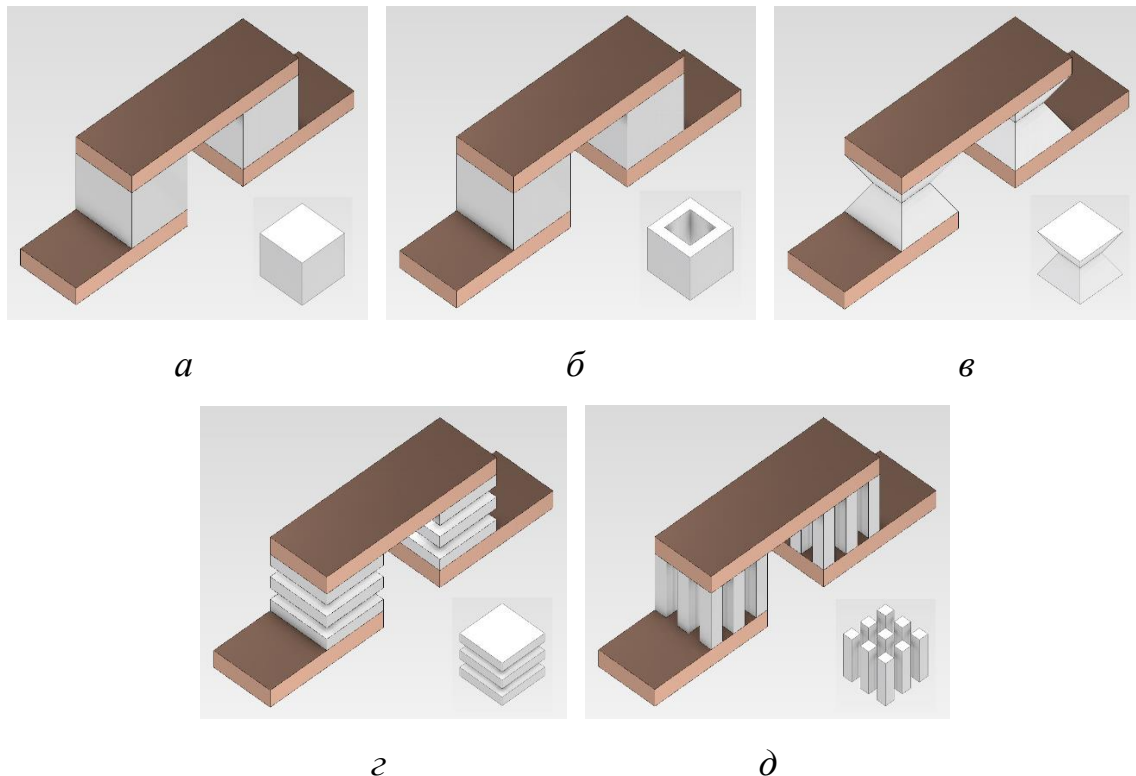


Рисунок 13. Конструкції термоелектричних елементів з різними геометричними формами напівпровідників, на основі яких сформовано термоелектричні модулі електрообладнання транспорту: напівпровідники з формою куба (*a*); напівпровідники з формою куба з наскрізним квадратним отвором (*б*); напівпровідники з формою двох усічених пірамід (*в*); напівпровідники з формою куба з двома виїмками (*г*); напівпровідники з формою окремих кубоїдів (*д*)

Проведене дослідження було спрямоване на підвищення ефективності електрообладнання водного транспорту з термоелектричними вузлами за

рахунок підвищення використання термоелектричного ефекту Пельтьє в термоелектричних модулях цих вузлів.

Порівняльному аналізу характеристик підлягали п'ять конструкцій термоелектричних модулів з різною геометрією напівпровідників (рис. 13): напівпровідники з формою куба зі стороною 5 мм – перша конструкція; напівпровідники з формою куба зі стороною 5 мм з наскрізним квадратним отвором 3×3 мм – друга конструкція; напівпровідники з формою двох однакових усічених пірамід висотою 2,5 мм і з основами у вигляді квадратів 5×5 мм та 2,5×2,5 мм – третя конструкція; напівпровідники з формою куба зі стороною 5 мм з двома виїмками, які огинають його бокові поверхні (наскрізні пази квадратного профілю 1×1 мм) – четверта конструкція; напівпровідники з формою в вигляді дев'яти окремих кубоїдів 1×1×5 мм – п'ята конструкція. Всі розглянуті конструкції термоелектричних модулів з різними геометричними формами напівпровідників складались з ланцюгів, які містили однакову кількість послідовно з'єднаних між собою термоелектричних елементів.

За базову для проведення порівняльного аналізу характеристик було прийнято першу конструкцію термоелектричного модуля, що містила напівпровідники *P* та *N*-типу з широко поширеною класичною формою куба з довжиною сторони 5 мм. Характеристики інших чотирьох нових конструкцій термоелектричних модулів порівнювались з характеристиками базової конструкції та між собою. Дослідження проводилось в декілька етапів, тому геометричні форми напівпровідників цих чотирьох нових термоелектричних модулів обирались з урахуванням попередніх результатів розрахунків [150].

Всі п'ять розглянутих конструкцій термоелектричних модулів мали однакові загальні габаритні розміри 55×65 мм та висоту 8 мм (без урахування товщин двох пластин ізоляційного корпусу), а також однакові ланцюги з 20-ти послідовного з'єднаних «П-подібною змійкою» та однаково розміщених в просторі термоелементів. Кожен термоелемент складався з пари напівпровідників *P* та *N*-типу, які було з'єднано між собою металевими (мідними) комутаційними пластинами в вигляді однакових прямокутних

паралелепіпедів $5 \times 15 \times 1,5$ мм. Перша та остання комутаційні металеві пластини являли собою контактні виводи для під'єднання проводів електроживлення. Для п'яти конструкцій термоелектричних модулів створено п'ять відповідних математичних моделей (рис. 14), кожна з яких була розрахована чисельним методом.

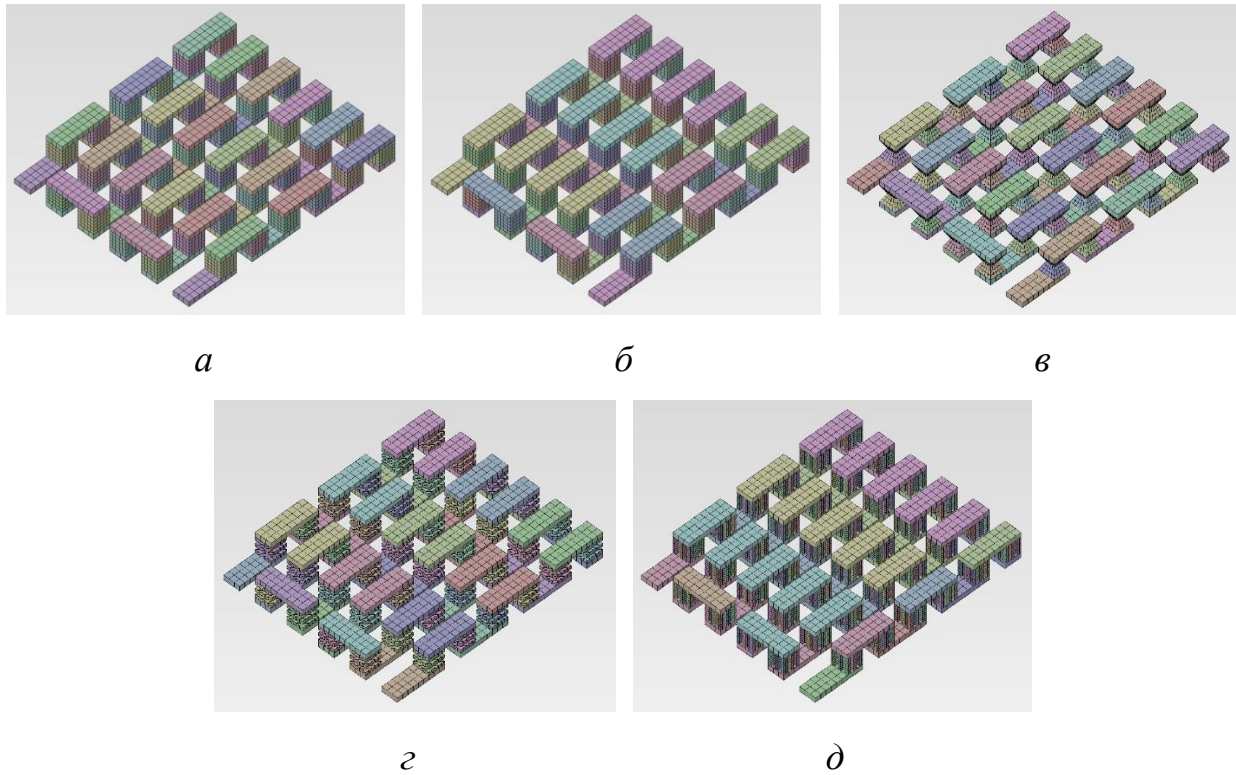


Рисунок 14. Розрахункові кінцево-елементі моделі термоелектричних модулів з різними геометричними формами напівпровідників: напівпровідники з формою куба (*a*); напівпровідники з формою куба з наскрізним квадратним отвором (*б*); напівпровідники з формою двох усічених пірамід (*в*); напівпровідники з формою куба з двома виїмками (*г*); напівпровідники з формою окремих кубоїдів (*д*)

В якості граничних умов було задано нульовий електричний потенціал зовнішньої крайньої торцевої поверхні останньої в ланцюзі термоелектричних елементів комутаційної пластини, а температура всіх нижніх поверхонь холодних комутаційних пластин вважалась рівною $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зовнішні поверхні термоелектричних модулів вважались адіабатично теплоізованими, тобто

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

моделювання термоелектричних модулів проводилось в більш напруженому режимі їх роботи. Значення термоелектричних коефіцієнтів, коефіцієнтів електро- та теплопровідності для всіх п'яти математичних моделей приймалися однаковими.

Перша, друга, третя та четверта кінцево-елементні моделі термоелектричних модулів (рис. 14, *a-г*) містили 81 просторовий об'єкт, в тому числі 20 напівпровідників *P*-типу і 20 напівпровідників *N*-типу, а також 41 комутаційну пластину [151]. П'ята кінцево-елементна модель термоелектричного модуля (рис. 14, *д*) містила 401 просторовий об'єкт, в тому числі 180 напівпровідників *P*-типу і 180 напівпровідників *N*-типу, а також 41 комутаційну пластину. Щодо статистичної кількості вузлів та кінцевих елементів, то в кожній з п'яти розрахункових моделей термоелектричних модулів вони були різними: перша модель (рис. 14, *a*) налічувала 40572 вузли і 6107 кінцевих елементів, друга модель (рис. 14, *б*) містила 35932 вузли і 4307 кінцевих елементів, третя модель (рис. 14, *в*) включала 45852 вузли і 7107 кінцевих елементів, четверта модель (рис. 14, *г*) охоплювала 59726 вузлів і 25345 кінцевих елементів, п'ята модель (рис. 14, *д*) забезпечувала 104292 вузли і 12627 кінцевих елементів. Внесення розрахункових налаштувань та сам процес розрахунку всіх п'яти моделей термоелектричних модулів зі значною кількістю вузлів і кінцевих елементів потребували відповідних обчислювальних потужностей.

Результати розрахунків п'яти моделей термоелектричних модулів для зручності проведення порівняльного аналізу їх робочих характеристик показано на графіках у вигляді сімейства кривих на рис. 15-16. На рис. 15 показано графіки робочих характеристик $t(I)$ для температури t , $E(I)$ для напруженості E електричного поля, $J(I)$ для омічного (джоулевого) нагріву J при силі постійного струму в діапазоні від 0 до 5 А, а на рис. 4 наведено графіки робочих характеристик $j(I)$ для густини струму j та $q(I)$ густини теплового потоку q .

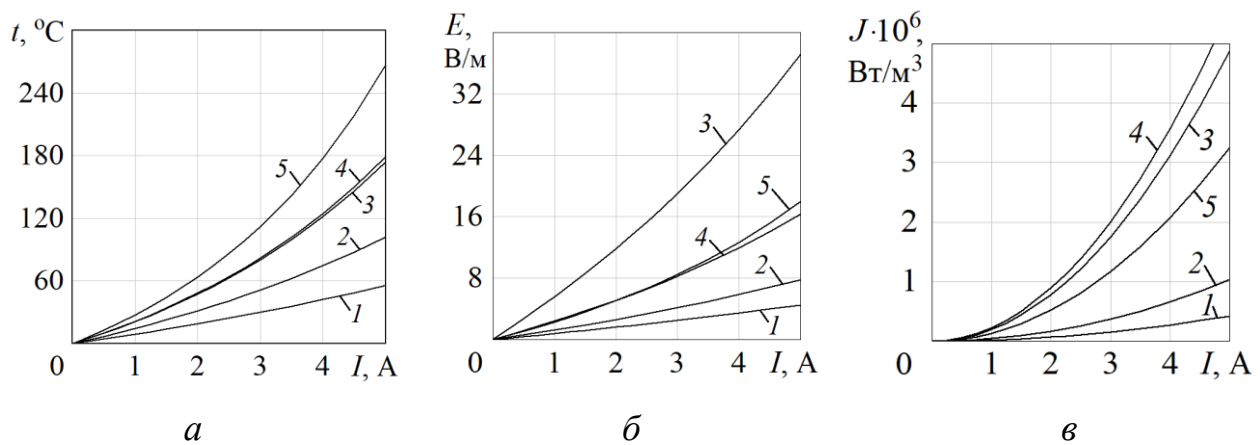


Рисунок 15. Графіки залежностей температури $t(I)$ (а), напруженості електричного поля $E(I)$ (б) та омичного (джоулевого) нагріву $J(I)$ (в) від сили робочого струму I , що проходить через термоелектричний модуль електрообладнання транспорту: 1 – для класичної конструкції напівпровідників у формі куба; 2 – для конструкції напівпровідників у формі куба з наскрізним квадратним отвором; 3 – для конструкції напівпровідників у формі двох усічених пірамід; 4 – для конструкції напівпровідників у формі куба з двома виїмками; 5 – для конструкції напівпровідників у формі окремих кубоїдів

Свідченням підвищення термоелектричного ефекту в термоелектричних модулях є підвищені значення температури на стороні гарячих комутаційних пластин. Аналіз графіка на рис. 15, а показав, що всі запропоновані геометричні форми напівпровідників (криві 2-5) дають помітне підвищення температури на гарячій стороні комутаційних пластин в порівнянні з базовою класичною геометричною формою напівпровідника (крива 1). Розташування кривої 5 на графіку для температури t (рис. 15, а) свідчить про те, що найбільше використання термоелектричного ефекту досягнуто при конструкції термоелектричного модуля з геометрією напівпровідників у формі дев'яти окремих прямокутних паралелепіпедів (кубоїдів) замість одного в формі єдиного куба. Криві 2-4, також, свідчать про збільшення термоелектричного ефекту, проте в меншій мірі. Наведені криві для температур (рис. 15) відображають її верхні межі для розглянутих термоелектричних модулів, а також дозволяють

оцінити значення сил струму, при яких буде перевищено допустимий нагрів $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ на гарячій стороні комутаційних пластин, що може призвести до пошкодження або навіть виходу з ладу термоелектричних модулів. Крім того, за деякими даними для підтримки найбільш високих значень ККД термоелектричного модуля рекомендується, щоб значення сили струму забезпечувало перепад температур між холодними і гарячими комутаційними пластинами, який би не перевищував $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

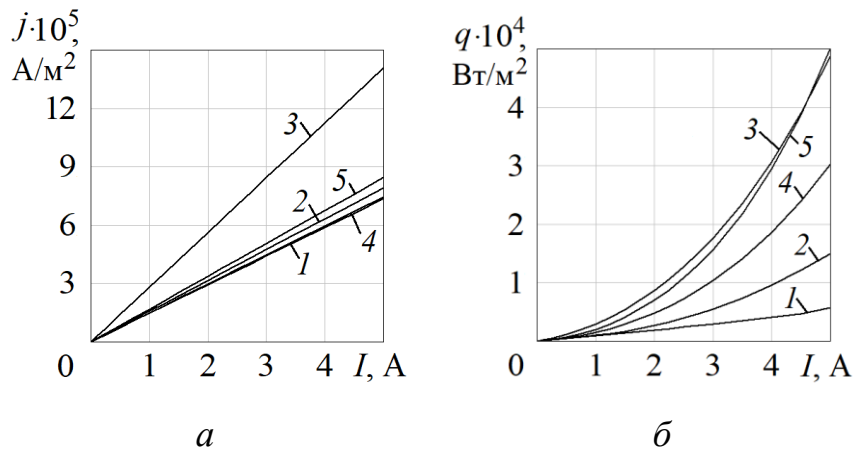


Рисунок 16. Графіки залежностей густини електричного струму $j(I)$ (а) та густини теплового потоку $q(I)$ (б) від сили робочого струму I , що проходить через термоелектричний модуль електрообладнання транспорту: 1 – для класичної конструкції напівпровідників у формі куба; 2 – для конструкції напівпровідників у формі куба з наскрізним квадратним отвором; 3 – для конструкції напівпровідників у формі двох усічених пірамід; 4 – для конструкції напівпровідників у формі куба з двома виїмками; 5 – для конструкції напівпровідників у формі окремих кубоїдів

На рис. 15, б міститься інформація про напруженість електричного поля по моделям термоелектричних модулів. Всі чотири нові конструкції термоелектричних модулів мають більші значення напруженості електричного поля (криві 2-5) в порівнянні з базовою конструкцією термоелектричного модуля з напівпровідниками в формі куба (крива 1). Найбільші значення омічного

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

(джоулевого) нагріву (рис. 15, в) в конструкціях термоелектричних модулів з напівпровідниками в формі куба з двома виїмками (крива 4) та напівпровідниками в формі двох усічених пірамід (крива 3).

Найбільші значення густини струму (рис. 16, а) характерні для термоелектричного модуля з напівпровідниками в формі усічених пірамід (крива 3), а найбільші значення густини теплового потоку (рис. 16, б) в термоелектричному модулі з напівпровідником у формі усічених пірамід (крива 3) і у формі окремих кубоїдів (крива 5).

На основі проведеного порівняльного аналізу робочих характеристик п'яти термоелектричних модулів з різною геометричною формою напівпровідників отримано конкретні дані, які можуть виявитись корисними при виборі конкретної найбільш оптимальної конструкції термоелектричного модуля для підвищення ефективності електрообладнання транспорту в конкретних експлуатаційних режимах.

Таким чином, було створено п'ять математичних моделей термоелектричних модулів з однаковими загальними габаритними розмірами 55×65 мм та висотою 8 мм, що складались з ланцюга 20-ти послідовного з'єднаних «П-подібною змійкою» та однаково розміщених в просторі термоелементів. Створені моделі відрізнялись між собою геометричними формами напівпровідників: напівпровідники з формою куба зі стороною 5 мм; напівпровідники з формою куба зі стороною 5 мм з наскрізним квадратним отвором 3×3 мм; напівпровідники з формою двох однакових усічених пірамід висотою 2,5 мм і з основами у вигляді квадратів 5×5 мм та $2,5 \times 2,5$ мм; напівпровідники з формою куба зі стороною 5 мм з двома виїмками, які огинають його бокові поверхні (наскрізні пази квадратного профілю 1×1 мм); напівпровідники з формою в вигляді дев'яти окремих кубоїдів $1 \times 1 \times 5$ мм.

На основі п'яти створених математичних моделей термоелектричних модулів виконано чисельний розрахунок та проведено порівняльний аналіз робочих характеристик для температури t , напруженості E електричного поля,

омічного (джоулевого) нагріву J , густини струму j та густини теплового потоку q .

Встановлено, що найбільше використання термоелектричного ефекту Пельтьє досягнуто в термоелектричному модулі з напівпровідниками в формі окремих дев'яти кубоїдів. Крім того, термоелектричний ефект збільшується, проте в меншій мірі, в термоелектричних модулях з напівпровідниками в формі двох усічених пірамід та в формі куба з двома виїмками.

Отримані значення робочих параметрів дозволяють встановити діапазони безпечної роботи термоелектричних модулів та підвищити ефективність термоелектричного електрообладнання водного транспорту в конкретних експлуатаційних режимах.

Термоелектричний модуль з компенсованими комутаційними пластинами. Дослідження термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами є актуальними через виникнення термічних напружень внаслідок лінійних розширень в матеріалах при нагріванні [148, 149, 158]. Термічні напруження можуть бути причиною виходу з електротехнічних установок, що є особливо не бажаним в суднових умовах [155].

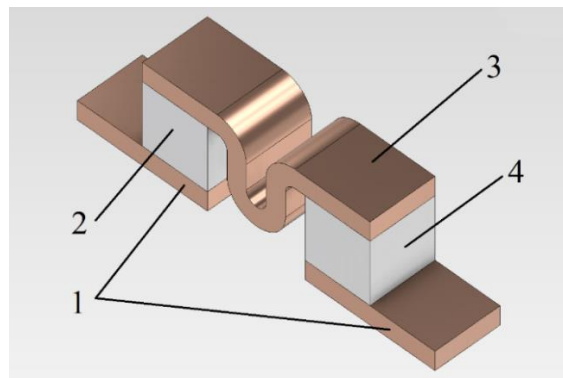


Рисунок 17. Термоелектричний елемент з компенсованою комутаційною пластиною: 1 – комутаційні пластини; 2, 4 – напівпровідники; 3 – компенсована комутаційна пластина

Термоелектричний модуль з компенсованими комутаційними пластинами конструктивно складається з ланцюгів послідовно з'єднаних між собою

термоелектричних елементів. Конструкцію термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною показано на рис. 17.

Термоелектричний елемент з компенсованою комутаційною пластиною (рис. 17) складається зі звичайних мідних комутаційних пластин 1 на холодній стороні термоелемента, з напівпровідника *N*-типу 2, з компенсованої мідної комутаційної пластини 3, що має вигин, а також з напівпровідника *P*-типу 4. Напівпровідники *N*- та *P*-типу геометрично представляють собою форму куба з довжиною ребра 5 мм. Мідні комутаційні пластини мають товщину 1,5 мм.

Причини виникнення термічних напружень в термоелектричних елементах пов'язані з необхідністю застосування в них електротехнічних матеріалів, які повинні мати достатньо високу тепло- та електропровідність, що в свою чергу призводить до більшого коефіцієнта лінійного розширення [155, с. 17]. Зазначені властивості ще більше посилюють вплив температурних розширень на стороні гарячих комутаційних пластин термоелектричних елементів. При невеликих перепадах температур в термоелектричних охолоджувальних пристроях і теплових насосах для уникнення термічних напружень іноді виявляється достатнім використовувати компенсаційні елементи на гарячих комутаційних пластинах [155].

Креслення термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною, яке містить дані про його основні лінійні та радіальні розміри наведено на рис. 18.

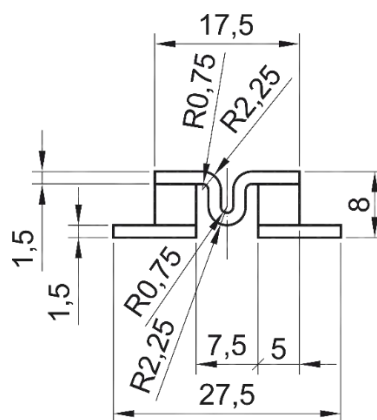


Рисунок 18. Креслення термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною

Далі в дослідженні було створено термоелектричний модуль з компенсованими комутаційними пластинами з габаритними розмірами $55 \times 62,5$ мм (рис. 19), який складається в 18-ти термоелектричних елементів (рис. 17-18). З урахуванням довжини крайніх контактних пластин габаритні розміри спроектованого термоелектричного модуля становлять $55 \times 67,5$ мм.

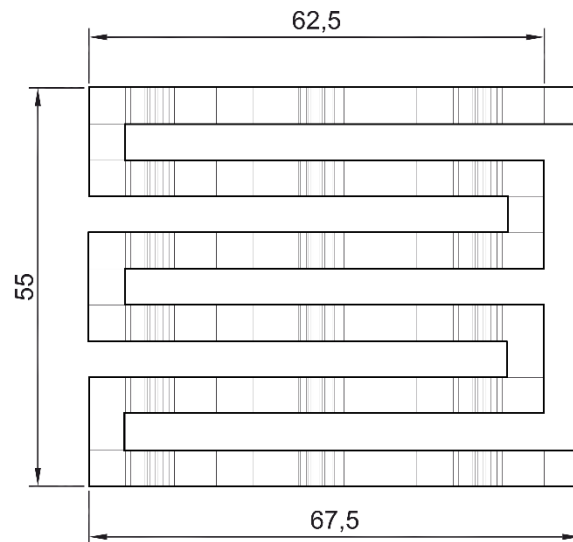


Рисунок 19. Габаритні розміри спроектованого термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами

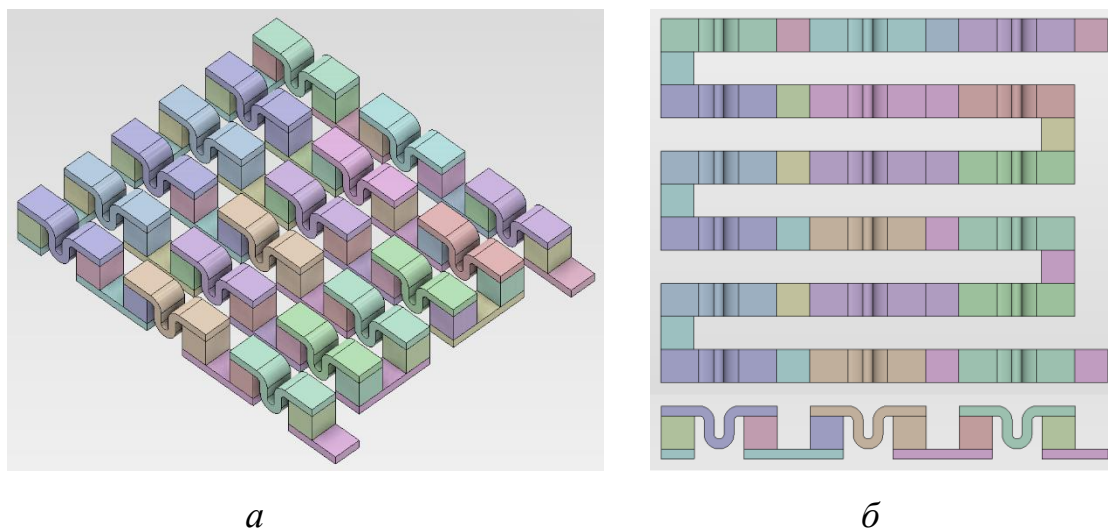
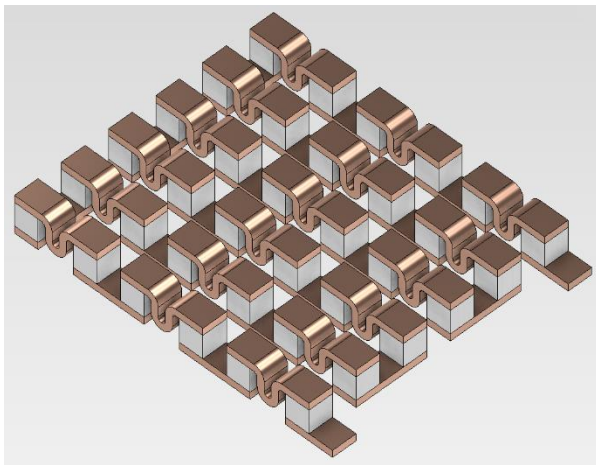


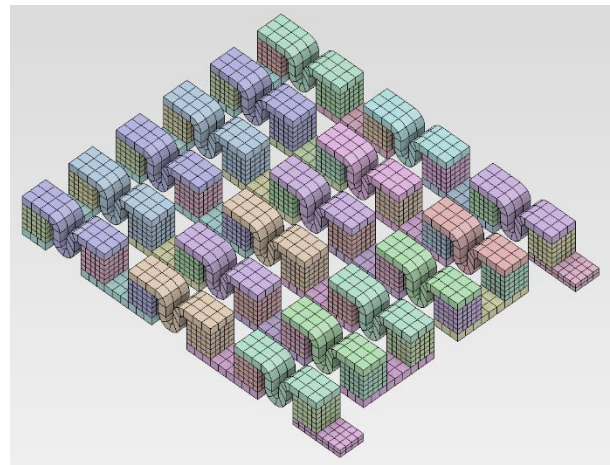
Рисунок 20. Геометрична модель термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами: *a* – 3D-модель; *б* – вигляд зверху (П-подібна змійка) та вигляд збоку

На рис. 20, *а* наведено геометричну модель термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами, а на рис. 20, *б* показано вигляд зверху та вигляд збоку на той самий термоелектричний модуль.

Геометрична 3D-модель термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами (рис. 20, *а*) може бути візуалізована з урахуванням обраних електротехнічних матеріалів (рис. 21, *а*) та розбита на окремі розрахункові елементи (рис. 21, *б*), далі її можна розрахована чисельно з використанням одного з так званих «сіткових» методів розрахунку [147, 157].



а



б

Рисунок 21. Візуалізована модель та розрахункова кінцево-елементна модель термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами

Результати розрахунку термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами можна представити в зручній графічній формі у вигляді картин розподілу основних електричних і теплових величин, а також у $\Delta t = f(I)$ різниці температур Δt між гарячими і холодними комутаційними пластинами від сили постійного струму I , що проходить через ланцюг термоелектричного модуля у вигляді функціональної залежності.

Результати розрахунку термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами на базі методу скінченних елементів показано на рис. 22-24. В якості граничних умов розрахунку було прийнято нульовий потенціал (0 В) торцевої поверхні останньої комутаційної пластини на холодній стороні термоелектричного модуля, та нульове значення температури (0 °С) нижніх поверхонь комутаційних пластин на холодній стороні термоелектричного модуля. Розрахунок проводився з урахування розсіювання теплоти в оточуюче середовище з зовнішніх поверхонь компенсованих комутаційних пластин на гарячій стороні термоелектричного модуля.

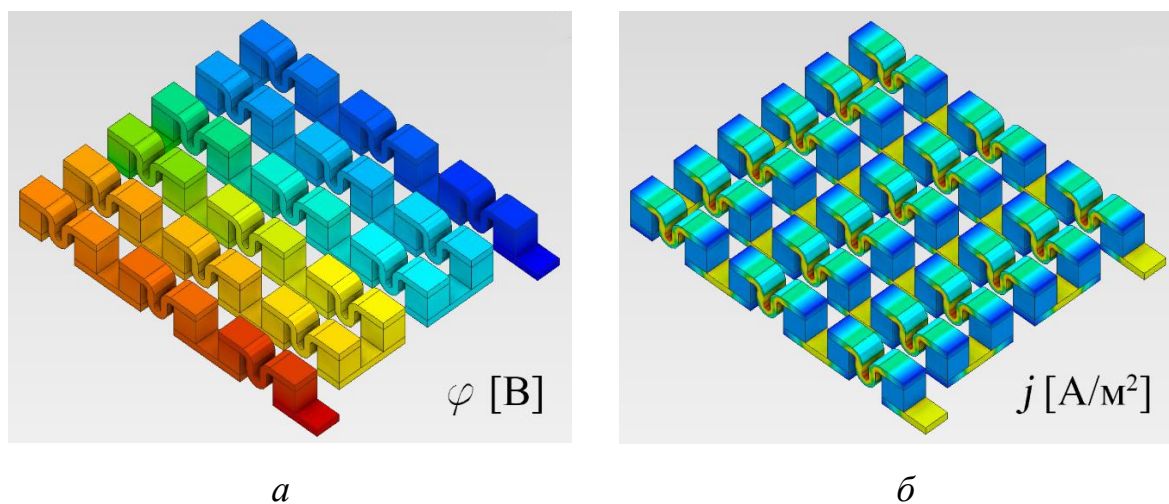


Рисунок 22. Розподіл електричного потенціалу φ [В] та густини струму j [А/м²] по 3D-моделі термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами при силі робочого струму 1,5 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

Розподіл електричного потенціалу (рис. 22, *a*) при силі постійного струму 1,5 А, що проходить через ланцюг термоелектричного модуля, становить від 0 до 0,2 В. Розподіл густини струму (рис. 22, *б*) при силі постійного струму 1,5 А, що проходить через ланцюг термоелектричного модуля, вказує на те, що максимальні значення густини струму до $3,3 \cdot 10^5$ А/м² спостерігаються в областях посередині контактних комутаційних пластин як на холодній, так і на гарячій стороні термоелектричного модуля.

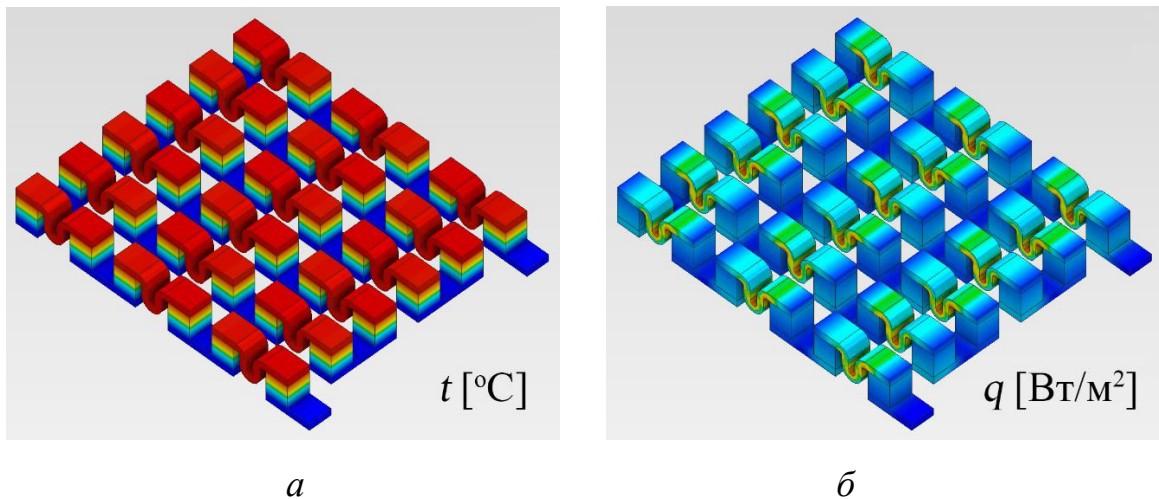


Рисунок 23. Розподіл температури t [$^{\circ}\text{C}$] та густини теплового потоку q [Вт/м^2] по 3D-моделі термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами при силі робочого струму 1,5 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення; зелений, жовтий кольори – середні значення; рудий, червоний кольори – максимальні значення)

Розподіл температури (рис. 23, а) при силі струму 1,5 А, що проходить через ланцюг термоелектричного модуля, вказує на максимальне значення температури $13,2^{\circ}\text{C}$ на стороні гарячих комутаційних пластин термоелектричного модуля.

Розподіл густини теплового потоку на рис. 23, б дозволяє оцінити бажаний ефект від застосування компенсованих комутаційних пластин як компенсаційних елементів спроектованого термоелектричного модуля. Можна побачити, максимальні значення густини теплового потоку $2412,7 \text{ Вт/м}^2$ розташовані в областях посередині компенсаційних пластин, а тому, внаслідок застосування подібних компенсаційних елементів зменшуються термічні напруження в самому термоелектричному модулі, оскільки збільшена площа теплового розсіювання комутаційних пластин на гарячій стороні термоелектричного модуля.

Функціональну залежність $\Delta t = f(I)$ різниці температур Δt між гарячими і холодними комутаційними пластинами від сили постійного струму I , що

проходить через ланцюг термоелектричного модулю, для діапазону струмів від 0 до 3 А зображено на рис. 24.

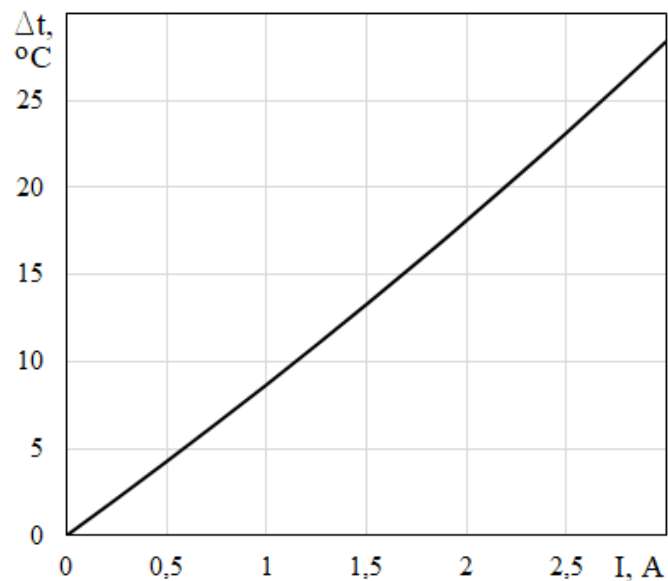


Рисунок 24. Функціональна залежність $\Delta t = f(I)$ різниці температур Δt між гарячими і холодними комутаційними пластинами від сили постійного струму I

З графіка (рис. 24) видно, що зі збільшенням сили постійного струму I зростає різниця температур Δt між гарячими та холодними пластинами термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами. При силі постійного струму 1 А розрахована різниця температур становить $\Delta t = 8,6$ °C, а при силі постійного струму 2 А різниця температур збільшується приблизно в 2,1 рази і становить $\Delta t = 18$ °C. При силі струму 3 А різниця температур становить $\Delta t = 28,4$ °C, тобто збільшується в 3,3 рази від значення при силі струму 1 А.

Основні результати роботи впроваджено в освітній процес, що дозволило продемонструвати складні електричні і теплові процеси, що відбуваються в спроектованому термоелектричному модулі з компенсованими комутаційними пластинами при вивченні явищ прямого та зворотного термоелектричного ефекту.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Таким чином, проведено аналітичний огляд термоелектричних модулів в судновому електрообладнанні та в якості судових джерел енергії. Розглянуто класичні конструкції термоелектричних модулів, при використанні яких не вирішеними залишаються питання термічних напружень внаслідок лінійних розширень в матеріалі при нагріванні, що може призвести до не бажаного виходу з ладу електрообладнання в судових умовах.

Створено креслення термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною, на основі якого спроектовано термоелектричний модуль з компенсаційними елементами у вигляді комутаційними пластин, що мають вигин, та розміщені на гарячій стороні модуля. Габаритні розміри спроектованого термоелектричного модуля становлять $55 \times 62,5$ мм, конструктивно він представляє собою ланцюг з 18-ти термоелектричних елементів з компенсованою комутаційною пластиною, що з'єднані послідовно.

На основі кінцево-елементної термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами проведено розрахунок з використанням чисельного методу. За результатами розрахунку встановлено робочі характеристики та розподіл основних електричних і теплових параметрів термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами.

Встановлено, що наявність компенсованих комутаційних пластин в спроектованому термоелектричному модулі призводить до збільшення густини теплового потоку саме в області посередині цих пластин при максимальному значенні до $2412,7$ Вт/м². Наявність компенсаційних пластин на гарячій стороні термоелектричного модуля призводить до зменшення термічних напружень в матеріалах за рахунок збільшеної площі розсіювання теплоти в оточуюче середовище.

В роботі результати дослідження термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами представлено в графічній формі у вигляді розподілу електричного потенціалу ϕ [В], густини струму j [А/м²], температури t [°С], густини теплового потоку q [Вт/м²] при силі постійного струму 1,5 А. Також, результати представлено у вигляді функціональної

залежності $\Delta t = f(I)$ різниці температур Δt між гарячими і холодними комутаційними пластинами від сили постійного струму I в діапазоні від 0 до 3 А. Встановлено, що при силах постійного струму 1, 2 і 3 А різниці температур між холодними і гарячими комутаційними пластинами термоелектричного модуля становлять відповідно 8,6 °С, 18 °С і 28,4 °С.

Зменшення термічних напружень в матеріалі сприяє зменшенню виходу з ладу термоелектричного електрообладнання, що є особливо не бажаним в суднових умовах. Тому застосування спроектованого термоелектричного модуля з компенсованими комутаційними пластинами в судновому термоелектричному обладнанні є доцільним та перспективним.

Термоелектричний елемент з напівпровідниками у формі двох усічених пірамід та компенсованою комутаційною пластиною. Одним з можливих варіантів підвищення використання термоелектричного ефекту є конструктивне вдосконалення термоелектричних елементів за рахунок підбору певних геометричних форм термоелектричного матеріалу. При цьому не менш важливими залишаються питання дотримання термічних напружень в термоелектричному матеріалі в допустимих температурних діапазонах роботи термоелектричних вузлів транспортного електрообладнання. Як відомо, наявність компенсованої комутаційної пластини в конструкції термоелектричного елемента призводить до зменшення термічних напружень за рахунок збільшеної площі розсіювання теплоти в оточуюче середовище.

Було спроектовано модернізований термоелектричний елемент з напівпровідниками у формі двох усічених пірамід та компенсованою комутаційною пластиною (рис. 25) [148].

Розрахункова математична модель модернізованого термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною складається з пари напівпровідників P - та N -типу у формі двох однакових усічених чотирикутних пірамід з висотою 2,5 мм кожна і мідних комутаційних пластин товщиною 1,5 мм, одна з яких як компенсаційний елемент має прогин. Кожна з усічених чотирикутних пірамід представляє собою багатогранник, дві з граней якого

представляють собою квадрати більшого та меншого розмірів зі сторонами довжиною відповідно 5 мм і 2,5 мм, а інші грані – рівнобічні трапеції з аналогічними довжинами великої і малої основ відповідно 5 мм і 2,5 мм.

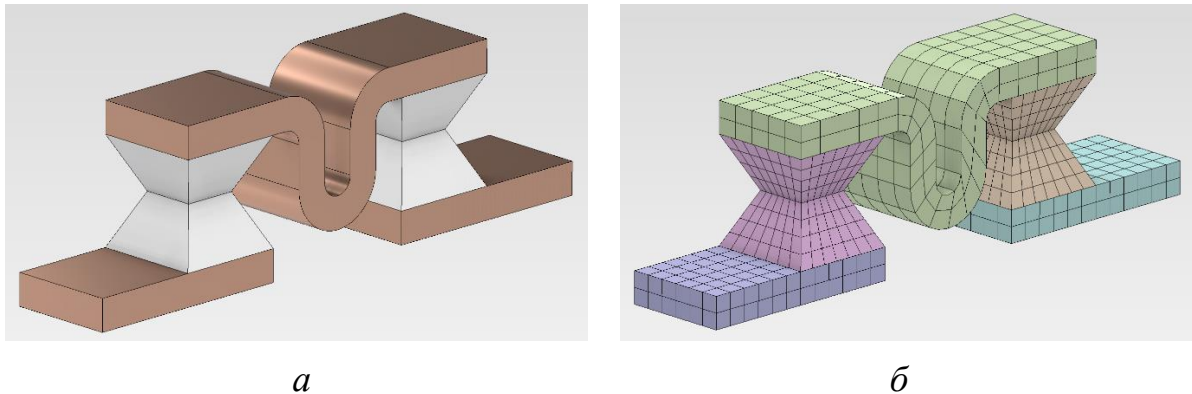


Рисунок 25. Геометрична (а) та кінцево-елементна (б) моделі модернізованого термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною

В роботі з використанням методів комп'ютерного моделювання отримано основні електротеплові робочі параметри модернізованого термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною. Розрахунок проведено з урахуванням розсіювання теплоти в оточуюче середовище з зовнішніх поверхонь розглядуваного термоелектричного елемента за рахунок вільної конвекції.

Таким чином, було спроектовано модернізований термоелектричний елемент з напівпровідниками у формі двох усічених пірамід і з компенсованою мідною комутаційною пластиною для транспортного електрообладнання. За результатами проведеного чисельного розрахунку отримано основні робочі характеристики модернізованого термоелектричного елемента з компенсованою комутаційною пластиною. Встановлено, що підвищення ефективності використання термоелектричного ефекту досягнуто за рахунок збільшення не менше ніж в 2 рази різниці температур між гарячою компенсованою комутаційною пластиною та холодними комутаційними пластинами, при цьому забезпечено прийнятні значення термічних напружень.

Термоелектричний елемент з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною. Як зазначалось вище, термоелектричні елементи є складовою частиною термоелектричних модулів, які є основними компонентами термоелектричних вузлів транспортного електроустаткування. Від правильного конструктивного рішення одиничного термоелектричного елемента в значній мірі залежить якісна та надійна робота термоелектричних вузлів транспортного електроустаткування. Однією з основних умов, якій повинна відповідати конструкція термоелектричного елемента, є усунення або значною мірою зменшення механічних напружень, що виникають в останньому в результаті стискання холодних та розширення гарячих комутаційних пластин. Вищезазначене зумовлює необхідність подальшого пошуку шляхів підвищення ефективності використання прямого та зворотного термоелектричних ефектів та зменшення механічних напружень в термоелектричних вузлах транспортного електроустаткування.

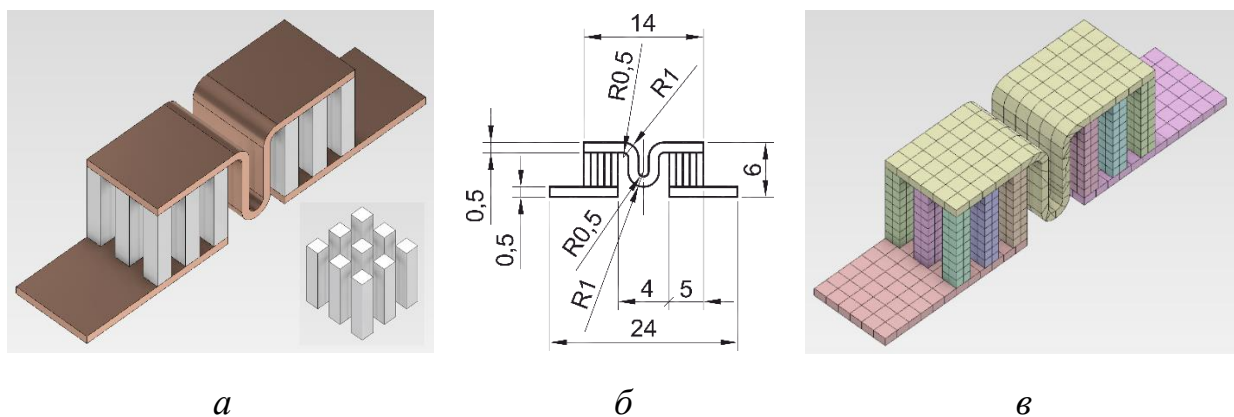


Рисунок 26. Геометрична модель (а) термоелектричного елемента з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною, його креслення (б) та кінцево-елементна модель (в)

На конкретному прикладі проведено конструювання термоелектричного елемента з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною, створено та чисельно розраховано його математичну модель, встановлено розподіл його основних робочих параметрів [149].

Модель термоелектричного елемента з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною (рис. 26) складається з трьох комутаційних пластин, одна з яких має спеціальний вигин (компенсована), та з напівпровідників *P*- і *N*-типу (по дев'ять однакових кубоїдів в кожній групі). Габаритні розміри термоелемента – $24 \times 5 \times 6$ мм (без урахування товщин пластин ізоляційного корпусу), розміри кожного кубоїда – $1 \times 1 \times 5$ мм. Налаштування математичної моделі здійснювалось з урахуванням подібного моделювання в роботах [156] і [148, 151, 158]. Для оцінки верхньої температурної межі поверхні термоелектричного елемента приймалися адіабатично теплоізованими, оскільки при цьому він працює в більш напруженому експлуатаційному режимі, а механічні напруження, що виникають внаслідок температурного стискання та розширення, будуть максимальними.

Розподіл основних робочих параметрів термоелектричного елемента з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною для транспортного електроустаткування показано на рис. 27. На ньому містяться градієнтні зображення при силі робочого струму 1 А для поля електричного потенціалу ϕ в діапазоні значень $[0; 2,2 \cdot 10^{-2}]$ В, для поля густини струму j в діапазоні значень $[6,1 \cdot 10^3; 5,7 \cdot 10^5]$ А/м², для поля напруженості електричного поля E в діапазоні значень $[0; 2,3]$ В/м, для поля температури t в діапазоні значень $[0; 27,5]$ °С, для поля густини теплового потоку q в діапазоні $[0; 3,7 \cdot 10^3]$ Вт/м², для поля джоулевого нагріву J в діапазоні значень $[107,8; 1,3 \cdot 10^5]$ Вт/м³.

При проходженні струму через термоелектричний елемент верхня комутаційна пластина починає нагріватися та відповідно розширюватися. Нижні комутаційні пластини, навпаки, починають охолоджуватися та стискатися. Під впливом цих сил в термоелектричному елементі створюються значні механічні напруження, які можуть призвести до його руйнування. Оскільки повністю усунути механічні напруження не представляється можливим, то в даній роботі запропоновано конструкцію термоелектричного елемента, в якому механічні напруження знижено настільки, що вони не призводять до виходу термоелектричного елемента з ладу. Одна з комутаційних пластин, що має вигин,

представляє собою компенсовану комутаційну пластину у вигляді ресори. В цьому випадку під впливом механічних напружень, що виникають в термоелектричному елементі, компенсована комутаційна пластину має змогу вигинатись, не виходячи за межі пружної деформації. Переріз компенсованої пластини повинен бути таким, щоб робочий струм, який через неї проходить, не виділяв помітної кількості джоулевого тепла.

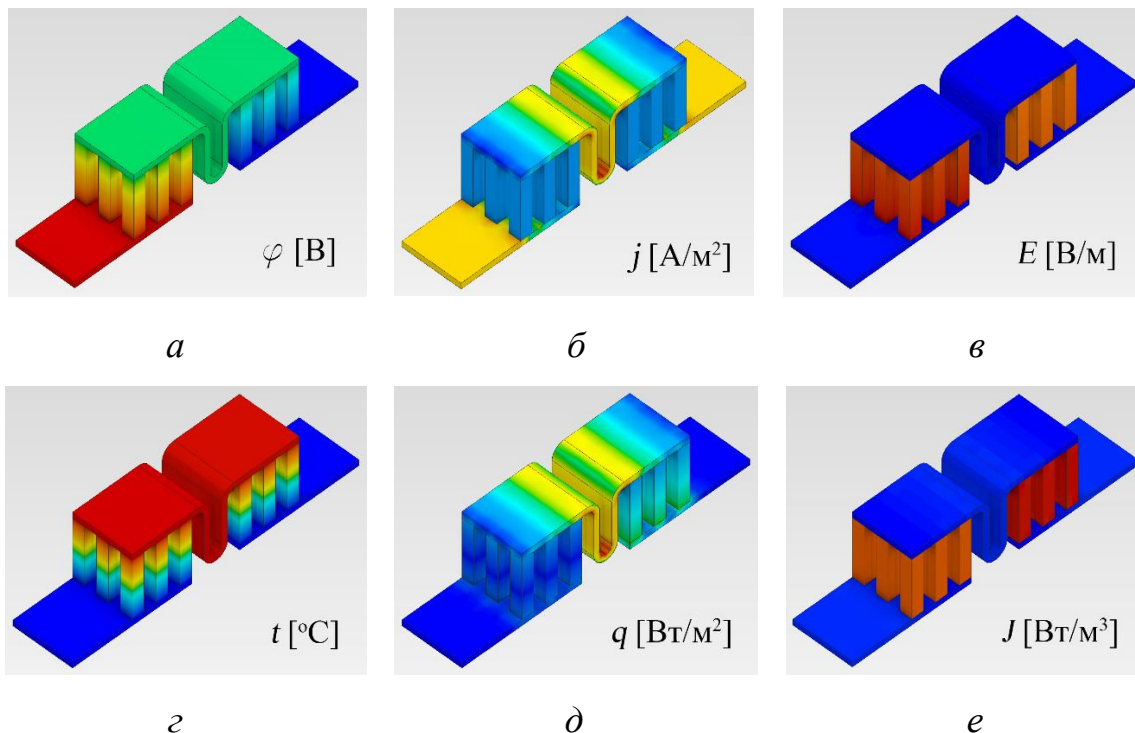


Рисунок 27. Розподіл електричних і теплових параметрів по моделі термоелектричного модуля з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластину при силі постійного струму 1 А (синій, блакитний кольори – мінімальні значення діапазону; зелений, жовтий кольори – середні значення діапазону; рудий, червоний кольори – максимальні значення діапазону): *a* – електричний потенціал φ в діапазоні $[0; 2,2 \cdot 10^{-2}]$ В; *б* – густина струму j в діапазоні $[6,1 \cdot 10^3; 5,7 \cdot 10^5]$ А/м²; *в* – напруженість електричного поля E в діапазоні $[0; 2,3]$ В/м; *г* – температура t в діапазоні $[0; 27,5]$ °С; *д* – густина теплового потоку q в діапазоні $[0; 3,7 \cdot 10^3]$ Вт/м²; *е* – джоулевий нагрів J в діапазоні $[107,8; 1,3 \cdot 10^5]$ Вт/м³

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Встановлено, що при робочих струмах 1, 2 і 3 А через термоелектричний елемент з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною його температурні нагрівання становили відповідно 27,5, 63,9 і 112,5 °С. Отримано результати, які дають можливість зробити висновок про те, що в термоелектричному елементі з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною відбувається підвищення використання термоелектричного ефекту Пельтьє, а сама його конструкція забезпечую зменшення механічних напружень в напівпровідниках.

Таким чином, можна зробити загальний висновок про те, що в дослідженні з поміж іншого було викладено ряд конкретних розрахункових прикладів з термоелектричними модулями і термоелектричними елементами класичних і нових перспективних конструкцій для підвищення термоелектричного ефекту Пельтьє. Використання цих термоелектричних модулів і термоелектричних елементів в електрообладнанні на транспорті може сприяти підвищенню ефективності його роботи.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.5.1

5.1 Ecological aspects of the analysis of the activity of the organic form enterprise of the eastern Opillia

Greening is a direction of agricultural development, based on the mastering of ecological methods of management, ensures the expanded reproduction of natural and anthropogenic resources due to the formation of sustainable ecological and economic systems, aimed at increasing the volume of production of competitive products through the creation of a sustainable agricultural landscape using ecological methods of management based on the implementation adaptive landscape systems of agriculture, rational involvement in economic turnover and increasing the efficiency of the use of natural, material and labour resources in rural areas [161]. Studying the experience of conducting ecological agriculture in European countries, it is necessary to single out the common reasons for the interest of enterprises in the transition to alternative production. First of all they are caused by the possibility of selling their products at higher prices due to their higher quality. The use of leguminous crops in crop rotations allows solving the issue of providing fodder for livestock and organic fertilizers for crop production. Therefore, the majority of ecological farms develop their fields of plant and animal husbandry. The organisation of in-house processing and direct sales of products makes it possible to use the labour force more rationally and increase the company's profit. All the factors listed above, which prove the need of the development of ecological production, fully apply to domestic agriculture as well. Today the uncontrolled use of natural resources, the use of extensive resource-intensive technologies, and the low level of environmental awareness of society cause irrational use of nature and, ultimately, lead to significant environmental degradation and a decrease in the production of high-quality and environmentally safe products at domestic agroindustrial enterprises [162]. The environmental responsibility of the development of entrepreneurship in rural areas is mainly associated with the functioning of vertically integrated structures - agricultural holdings. The activities of

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

these structures have both positive and negative consequences. On the one hand they are able to increase the efficiency of the agrarian sector of the economy, exert a positive influence on the development of business entities in rural areas, regions as a whole, infrastructure, ensure the inflow of investments, implement innovative activities, etc. On the other hand they cause the emergence of acute problems, primarily of an ecological nature. Researchers believe that the development of agroholdings will have negative social and environmental consequences in the future, because their export orientation, aimed at obtaining quick profits, leads to disruption of crop rotation and thus degradation of agricultural lands, reduction of fodder crops, abandonment of animal husbandry.

The cause of a number of environmental problems caused by agriculture is the excessive use of chemicals, primarily mineral fertilisers and chemical plant protection agents. Taking into account the above, the policy of regulation in the field of chemicalisation of agricultural production should be aimed not only at maximising the volume of agricultural production, but also necessarily at encouraging the preservation and restoration of soil fertility, the introduction of innovative technologies and techniques, developments and achievements of science in the field of ecologically safe agriculture. The intentions of the Ukrainian state to comprehensively support ecological entrepreneurship are manifested primarily in the adopted legal acts. First of all, these are Articles 3, 16, 50 of the Constitution of Ukraine, the Law of Ukraine "Basic Principles (Strategy) of State Environmental Policy for the Period Until 2030" [163,164]. In particular, the specified law stipulates that within the framework of the implementation of the Central Development Strategy until 2030, it is envisaged to unite the efforts of the state, enterprises and the population in solving the following issues: overcoming military aggression by Russia and reintegration of the occupied territories; reduction of environmental pollution; decrease in the level of diseases, increase in the average life expectancy of a person; reduction of energy and resource intensity of products; formation of a developed system of renewable energy sources; increasing the efficiency of national energy and resource saving programs; creation of a positive environmental image of Ukraine for effective promotion of the country in the

international space and integration into world society; production of ecological products (organic products) to ensure food security, public health and sustainable economic development [165].

It should be noted that plowed land in Ukraine is one of the highest in the world and reaches up to 57%, and agricultural land - 80%. Intensive agricultural use of lands leads to their significant depletion, reduction of soil fertility due to their over-compaction, loss of structure, water permeability, etc. As a result, previously fertile lands become unsuitable for further use in agricultural production. Scientists have proven that rational, ecologically safe land use can be ensured when a third of the land will always remain in its natural state. This emphasises the expediency of the developed proposals. Thus, the development of ecologically oriented entrepreneurship cannot happen spontaneously or temporarily, because it is a complex multistage and multilevel process that requires constant monitoring of production processes. Making a decision on the transition to an ecologically oriented vector of development is possible only if there is confidence in the ecological expediency and interest in the usefulness of one's business.

The purpose of writing the article is the substantiation of ecological approaches and the analysis of practical recommendations for the formation of a mechanism for the development of environmentally safe agriculture; determining the agroecological state of agrarian landscapes located within the zones of influence of man-made objects, as well as conducting an analysis of the state of territories subject to organic farming methods according to a set of indicators characterizing the territorial distribution and intensity of the manifestation of soil degradation processes, the degree of disturbance of the ecological balance in the balance of humus and basic nutrient elements and both ecological and agrochemical state of the lands of intensive agricultural use in the eastern region of Opillia.

Results of observations. Alternative production should be considered as a priority for the development of ecologically oriented entrepreneurship in Ukraine. First of all, we are talking about organic production of agricultural products, the experience of which confirms the formation of a positive effect for all participants in this process.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Along with the production of organic food products in Ukraine, the production of the necessary technological elements is developing: organic seeds, approved by the standards of organic production of plant protection products, biological preparations for combating pests and diseases of plants and animals, fodder and feed additives.

Research on agroecosystems at the "Living Earth of Potutura" LLP (organic farming method) 300 hectares of land, of which 200 are arable, 34 dairy cows, a garden with vegetables and herbs - 15 people take care of this farm, two of whom are Swiss (Elias de Boer and Christina Lieberger). Here, they not only follow the principles of organic production, but also apply the system of biodynamic agriculture, which was developed by the Austrian mystic philosopher Rudolf Steiner, known in particular as the creator of Waldorf pedagogy. From a worldview, biodynamic agriculture involves perceiving the farm as a whole organism, treating the soil as living, and using natural, specially made materials for working with soil, compost, and plants. Christina Lieberger in Switzerland taught horticulture at a Waldorf school, and in Potutura she supervises the field of herb cultivation. Biodynamic farming in the cultivation of herbs involves the use of compost and a lot of manual labour.

According to the results of the observations, an ecological assessment of the condition of the soils of the agricultural enterprises of Zhyva Zemlia Potutura LLC was carried out in Potutura vilage, Berezhany district and LLC "Agroprodservice" Ternopil region. Judging from the data of two farms, the following can be stated: the content of alkaline hydrolysed nitrogen is at a low level, because the nitrogen of mineral fertilizers is almost completely lost in the year of its application, this element is the most important element, as the basis of all living organisms, the doses of nitrogen application in In general, on farms humus content of 2.41% and 2.73%, respectively, is average. Soils with a soil solution reaction ranging from weakly acidic to neutral are widespread on the territory of the studied farms. Acidity indicator (Potutura) pH salt. – 6.3, and the hydrolytic acidity is 1.77 mg-eq/100g, (Agroprodservice) pH salt. - 5.9, and the hydrolytic acidity is 1.92 mg-eq/100 g of soil.

It is worth to consider the problem separately from the content of alkaline hydrolyzed nitrogen, which is mostly at a low level, because the nitrogen of mineral

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

fertilizers is almost completely lost in the year of its application, this element is the most important element, as the basis of all living organisms. It should be noted that there is a significant spatial heterogeneity of nitrogen provision even within one field, which requires a differentiated approach when developing a feeding system. When calculating doses of nitrogen fertilizers, the residual nitrate of the soil is taken into account. The main forms of nitrogen released in fertilizers are: Amide (NH_2). It is transformed in the soil into ammonium, and later nitrate form. Ammonium (NH_4). The ammonium form of nitrogen is partially transformed into the nitrate form. Nitrate (NO_3) is not retained by the soil and is easily washed into deeper layers.

Lack of nitrogen strongly inhibits the growth and development of the plant. Appears in the form of chlorosis. The leaves become light green, small leaves turn yellow prematurely from the tips. In cereals, tillering slows down, stems are short. On crops, there is a deterioration of flowering, early fall of the ovary. Also, taking into account the high ability of nitrogen to be reutilized and the well-developed grass vegetation, it can be assumed that at the beginning of the growing season, the reserves of alkaline hydrolyzed nitrogen in the studied soils may increase by 15-20% compared to the recorded values. Yield can be significantly reduced if nitrogen deficiency accompanies the entire growing season.

An important condition in farms with an organic method of land use (Living Earth-Potutory LLC) is the ban on the use of synthetic mineral fertilizers. Accordingly, to ensure high yields, the producer needs to look for an alternative for them. If it is possible to use natural minerals for phosphorus and potassium, then what to do with nitrogen? This element is directly associated with obtaining maximum productivity. The primary attention of producers to nitrogen fertilizers is also confirmed by statistical data: on 1 ha of arable land, an average of 27.0 kg of nitrogen is applied, which is 4 times more than phosphorus and potash fertilizers! What is the alternative to nitrogen mineral fertilizers? First of all, we are talking about **organic fertilizers**. In general, in order for the production of products to be considered biological, it is necessary to apply from 14 to 34 t/ha of organic fertilizers. The main purpose of applying such fertilizers

is to increase the content of organic matter and improve the nutritional regime. A wide range of macro- and microelements is applied with organic fertilizers.

We offered the investigated farms alternative ways of enriching the soil with nitrogen. These are, for example: **1. Compost**, technologies for its accelerated production are emerging. Thus, the technology of accelerated natural degradation of organic substances under controlled conditions has been developed and is constantly being improved. As a result of composting in 60-65 days, a valuable fertilizer is obtained, in which the content of organic substances is at least 75%, and at least 50% of nutrients in a form easily accessible to plants. It also lacks pathogenic microflora in dangerous concentrations, viable weed seeds, and the fertilizer has a weakly alkaline or neutral reaction. As a result of high-temperature biofermentation of the compost mass in aerobic conditions, the nutritional value of the finished product increases, and its environmental friendliness is ensured. Parameters of the finished product: the content of the active substance in 1 ton of compost is at least 50–70 kg, including nitrogen – 15–20 kg, phosphorus – 10–15 kg, potassium – 15–20 kg. Depending on the substrate, the NPK content in compost can be within 1.35; 0.57; 0.97, it has a dark color. Noteworthy is the change in the smell of the compost material - from stinky to the "smell of the earth" caused by the products of actinomycetes' life.

"Green" organic fertilizers - siderates. Special crops of plants, the above-ground mass of which is partially or completely incorporated into the soil, Siderats contribute to the natural reproduction of soil fertility. In the fields occupied by them, the upper layer does not dry out, the biota does not die, but only promotes photosynthesis, increasing the accumulation of nutrients. As side crops, perennial leguminous grasses are used (asparagus, alfalfa), annual legumes (vetch), which are more useful for enriching the soil with nutrients, as well as buckwheat, oil radish, mustard, as well as mixtures of vetch and seed oats, oil radish and seed oats, phacelia, amaranth, rapeseed, rye grass. **3. Cultivation of leguminous crops.** Due to the nitrogen fixation of nodule bacteria, it is possible to additionally obtain 30-250 kg/ha of nitrogen. After harvesting, more than 30% of biologically fixed nitrogen remains in crop and root residues and is used by subsequent crops. In addition to symbiotic

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

nitrogen fixation, representatives of this family accumulate a significant amount of this element in root and surface residues. Plant residues of leguminous crops with a narrower C:N ratio (20-30:1) mineralize very quickly. Thus, approximately 70% of pea residues are decomposed already in the first two weeks after they are dug into the soil.

This inevitably leads to nitrogen losses. Achieving a balance between the release of nitrogen from decomposing residues and the need for it by crops is the optimal option that ensures an increase in the overall efficiency of the farming system. This can be regulated by the timing of the cultivation of cover crops in the soil. In general, the following dependence is observed: the more mature the plants, the wider the C:N ratio and the slower the process of their decomposition. It is generally known that it is advisable to use the remains of the predecessor (straw, chaff) as a source of nitrogen.

In terms of nutrition, 3-4 tons of straw = 9 tons of manure. This is a "free" source of organic matter and nutrients (+30-40 kg of nitrogen). But in Ukraine, only 45% of straw is directly used in the field, part of which can be burned. Such inefficient use of natural resources is unacceptable, especially in the practice of organic farming. 30-50% of nitrogen is lost from the upper layer by burning the remains of the precursor. It is worth noting that the plant residues of the vast majority of crops are characterized by a wide C:N ratio (60-80:1). That is why, to accelerate mineralization, 10 kg of nitrogen must be applied to 1 ton of straw, 7 kg to 1 ton of corn residues. In this case, it is also possible to do without the use of mineral fertilizers, using the latest approaches to nitrogen nutrition of crops in the organic farming system.

4. System of minimum tillage. 5. Application of biological preparations (as fertilizers, inoculants, biodestructors, means of protection against diseases and pests) In the conditions of refusal of mineral nitrogen fertilizers, the need to introduce microbiological preparations, which include nitrogen fixers, is increasing. There are selective strains of nitrogen-fixing microorganisms for certain types of crops: for legumes - rhizobophyte, winter wheat - diazophyte, corn - albobacterin, barley - rhizenterin, sugar beet - polymyxobacterin. And only under the condition of the correct selection of the drug, it is possible to obtain the maximum productivity of nitrogen fixation (Fig. 2).

Діапазони кількостей азоту симбіотично фіксованого із рослинних решток після збору врожаю (Briggs et al 2005)

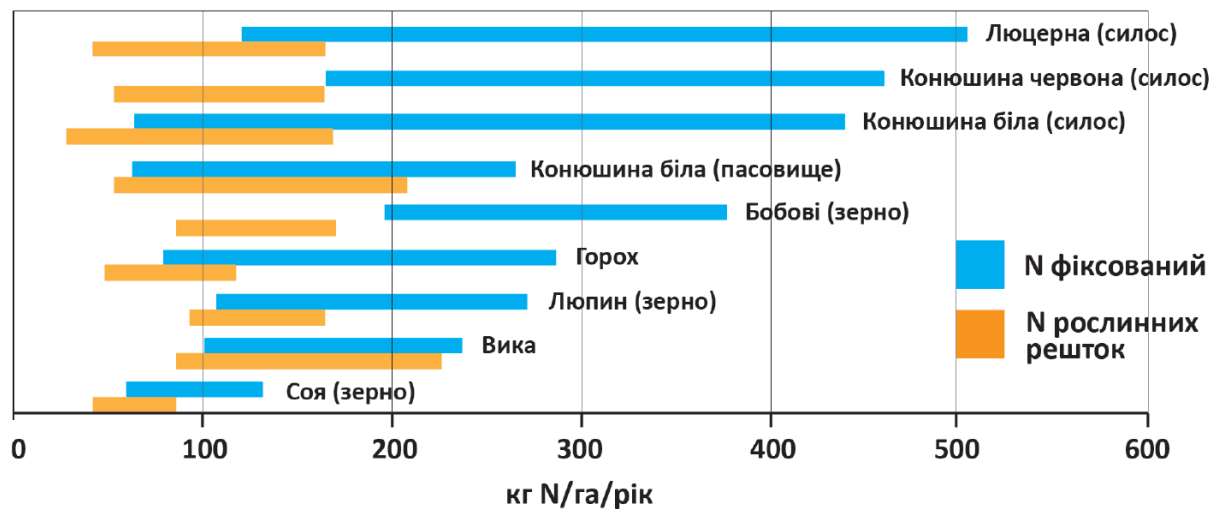


Figure 2. Fixed nitrogen of plant residues of leguminous crops.

Let's consider how to use nitrogen most effectively and how to avoid mistakes when applying nitrogen fertilizers. Often, even successful and experienced farmers hesitate when certain field situations arise: whether to apply nitrogen fertilizers or not. There is a simple rule: if the plants can take these fertilizers, then they can be applied. But if it is dry, or the plants are in a state of stress, or at the last stage of ripening and the plant tissues are already dead, then fertilizers should not be applied. After all, in this case, plants are unable to consume and assimilate nutrients from fertilizers, and therefore, to turn them into a crop.

To ensure good development, plants should not experience nitrogen starvation during the entire vegetation period — from the emergence of seedlings to the formation of generative organs. It is worth paying attention to reveal the soil's ability to retain and give nitrogen to plants. For example, soil with a heavier mechanical composition, where plants are sown with increased density, can give more nitrogen to the plants. Therefore, it is possible to reduce the rate of nitrogen application in this part of the field. But at the same time, more nitrogen may be needed on lighter soils if they have a lower ability to hold and release nitrogen to the plants.

Among those that are most often used is **manure from livestock farms**. However, in terms of nitrogen nutrition, this type of fertilizer is not very effective. The nitrogen content in manure ranges from 0.5 to 0.8%, depending on the species of

animals and the chemical composition of the litter. This means that from 25 tons of cattle manure (0.5% N) about 125 kg of nitrogen will be applied, of which the plant will use 40 kg in the first year. This amount is not enough to ensure a deficit-free balance of this element. The absolute advantage of manure is the optimal C:N ratio of 20:1. Such an indicator is also typical for soils. This means that the manure does not disturb the ratio of carbon to nitrogen. In addition, this fertilizer has a positive effect on the reproduction of soil fertility and significantly increases the indicators of the nutritional regime. The cost of manure is one of the lowest among organic fertilizers. However, there are not many livestock farms left in Ukraine, and to be more precise, the livestock industry is just beginning to recover. This is evidenced by the average rate of application of organic fertilizers - 0.26 t/ha. Therefore, it is not so easy to buy manure, which means that you need to have your own farm (Fig. 3).

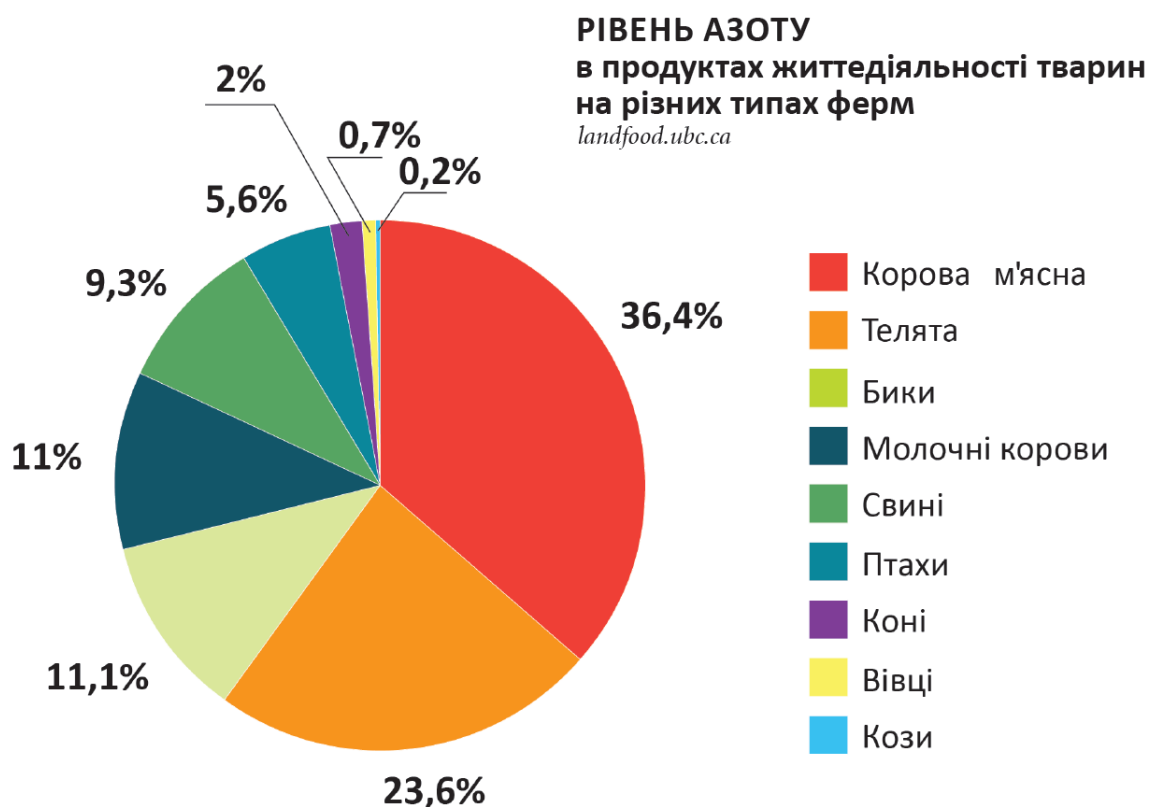


Figure 3. Manure from livestock farms.

Here are some tips for using this fertilizer:

1. To reduce nitrogen losses, manure must be applied in the shortest possible time. A few days of scattered but unearned fertilizer will cost the farm 30-50% of N;

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

2. In the conditions of organic farming, the quality of fodder will directly determine the quality of manure. That is, food for animals must be supplied from areas with organic farming to avoid problems with exceeding the MAC for heavy metals, radionuclides or pesticide residues. If the animal consumes a lot of weed seeds with its feed, problems with weeding may arise. And it is forbidden to solve such a problem by chemical means;

3. A variety of microflora "lives" in manure. On the one hand, this is a plus for the soil, on the other hand, there is an additional danger of plant diseases, and therefore, a lack of harvest and a decrease in product quality.

On acidic soils, it is advisable to use excreta - waste from sugar factories. Fertilizer helps restore soil fertility and optimize nitrogen nutrition (0.8% N). However, the stool must meet certain environmental standards. Therefore, it is necessary to carry out its chemical analysis for use. From the possibility of applying nitrogen-containing organic fertilizers, we will move on to the cultivation of crops that contribute to the additional accumulation of nitrogen.

Therefore, with the help of modern organic fertilizers and microbiological preparations, it is possible to build an optimal system of nitrogen nutrition during organic production. When the soil recovers its functionality after a certain period (10-20 years), the need for nitrogen will decrease to a minimum.

Conclusion. We have a closed circle, from which it is possible to break out only through the creation of reliable ecological protection systems against harmful emissions into the air, wastewater treatment and the cultivation of organic agricultural products. Ukraine should use the world experience of conducting environmental activities taking into account the ecological requirements of environmental protection. Thus, world practice highlights the following principles of ecologically oriented agricultural production:

- 1) establishment of agricultural management rules - the Code of Good Agricultural Practice;
- 2) spread of low-cost (balanced, compromise, adaptive) production systems;

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

3) the development of organic (biological, ecological) production - involves the widespread use of biological approaches in agricultural production, the refusal to use pesticides or their regulated use only in seed processing, the ban on the use of genetically modified organisms, etc.

We would like to conclude with the words stated in the preface to the basic rules of the International Federation of Ecological Agriculture IFOAM, which was created in 1972 in Versailles: "Since time immemorial, man has known that his ability to influence the environment far exceeds his right to do so."

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.6.1

6.1 Method and algorithms of construction of high-reliability terahertz channel infrastructure for 5G mobile communication systems

В реальних умовах при використанні терагерцового діапазону хвиль найбільші труднощі системам 5G NR у більшості випадків привносять рухливі перешкоди, такі як люди і транспортні засоби, які є блокаторами поширення радіосигналу [171,172]. При цьому якщо обладнання тимчасово потрапляє в стан блокування радіосигналу деяким об'єктом, то залежно від середовища розповсюдження сигналу та відстані між мобільним пристроєм і базовою станцією NR BS (англ. New Radio Base Station) цей пристрій може або випасти із зони покриття BS, або знизити свою схему модуляції та кодування таким чином, щоб ймовірність помилки на рівні каналу не перевищувала наперед визначеного цільового значення.

Одним із перспективних напрямів у вирішенні даної проблеми авторами пропонується робоча гіпотеза проведення досліджень щодо інтеграції технологій реконфігурованих інтелектуальних поверхонь та блокчейн з організацією розподілених обчислень для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль. Таким чином, пропонується виключити можливі втрати, а в основному – усунути мережну складову кругової затримки. Для цього одними з нових технологій ІКТ для практичної реалізації є прикордонні системи з множинним доступом (з англ. MEC – Multi-access Edge Computing), туманні обчислення (з англ. Fog computing), технології блокчейн та системи взаємодії пристрій-пристрій (з англ. D2D - Device-to-Device communications) [173,174,175].

При об'єднанні мережевих технологій SDN/NFV, реконфігурованих інтелектуальних поверхонь, інфраструктурних технологій розподілених обчислень (MEC/Fog) і технології блокчейн може бути отриманий позитивний синергетичний ефект, що виявляється в таких особливостях: швидка

масштабованість мережі та хмар, повний контроль потоків передачі даних, слайсинг ресурсів, стійкість, самовідновлення, що забезпечить подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

З цієї точки зору для реалізації такої задачі представляє інтерес мікросервісний архітектурний стиль розробки та реалізації Програмного забезпечення (ПЗ), що активно розвивається у останні роки. Дане ПЗ є набір програмних блогів – мікросервісів та логіку їх взаємодії. При цьому, мікросервіс може бути представлений у вигляді цілої підсистеми, що реалізує набір функцій послуги, або досить атомарної структури ПЗ – функції. Рівень «атомарності» та незалежності мікросервісів визначається командою розробки у кожному конкретному проекті, у тому числі враховуючи інструменти розробки програмного забезпечення.

Таким чином, вищезгадана синергія інфраструктурних технологій може бути гармонічно додана архітектурою розробки та принципами розгортання мікросервісного програмного забезпечення послуг, щодо подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах, Особливо у даній тематиці викликає інтерес об'єднання рішень туманних обчислень, блокчейн та мікросервісів.

У цій роботі пропонується нова структура динамічних туманних обчислень, що може враховувати попит послуги у тій чи іншій зоні обслуговування абонентів, забезпечувати міграцію необхідних мікросервісів послуги для подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах. Щодо практичних досліджень, у роботі розглядаються алгоритми К-середніх для визначення центру скупчення користувачів, а також бджолиний алгоритм для визначення пристрою туману, який виконує необхідні вимоги до міграції на нього відповідного мікросервісу для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

Інфраструктура архітектурних рішень для високонадійного каналу терагерцового діапазону

На рис. 1 наведено пропонована структура архітектурних рішень взаємодії розподілених обчислень із мікросервісною підтримкою при блокуванні передачі в мобільних системах. Ця структура покликана об'єднати хмарні структури багаторівневих прикордонних обчислень та туманних обчислень, а також мережну інфраструктуру, побудовану на основі технологій SDN/NFV, реконфігурованих інтелектуальних поверхонь, блокчейну, враховуючи, зокрема, рівень оркестрації. Таким чином, об'єднана інфраструктура дозволяє реалізовувати нові підходи до розподілу обчислень, у тому числі на межі мережі та на самих кінцевих пристроях, у тому числі пристроях D2D.

Дане рішення реалізують рівень PaaS і забезпечує необхідну логіку взаємодії всіх мережових та обчислювальних ресурсів (так звана оркестрація), а також на додаток забезпечують накладену бізнес/системну логіку рішень.

В даному випадку розглядається підхід до управління через інфраструктурний інтерфейс (рівень додатків оркестратора обчислювальних ресурсів, рівень додатків контролера(ів) мережі SDN/NFV). Дана можливість дозволяє реалізовувати бізнес-логіку послуг як мережного, так і сервіс-оператора. Але, крім того, завдяки закладеному рівню абстрагування від фізичних ресурсів є можливість створення службових додатків-сервісів, які реалізують системну та бізнес-логіку оператора з управління пристроями підконтрольної інфраструктури.

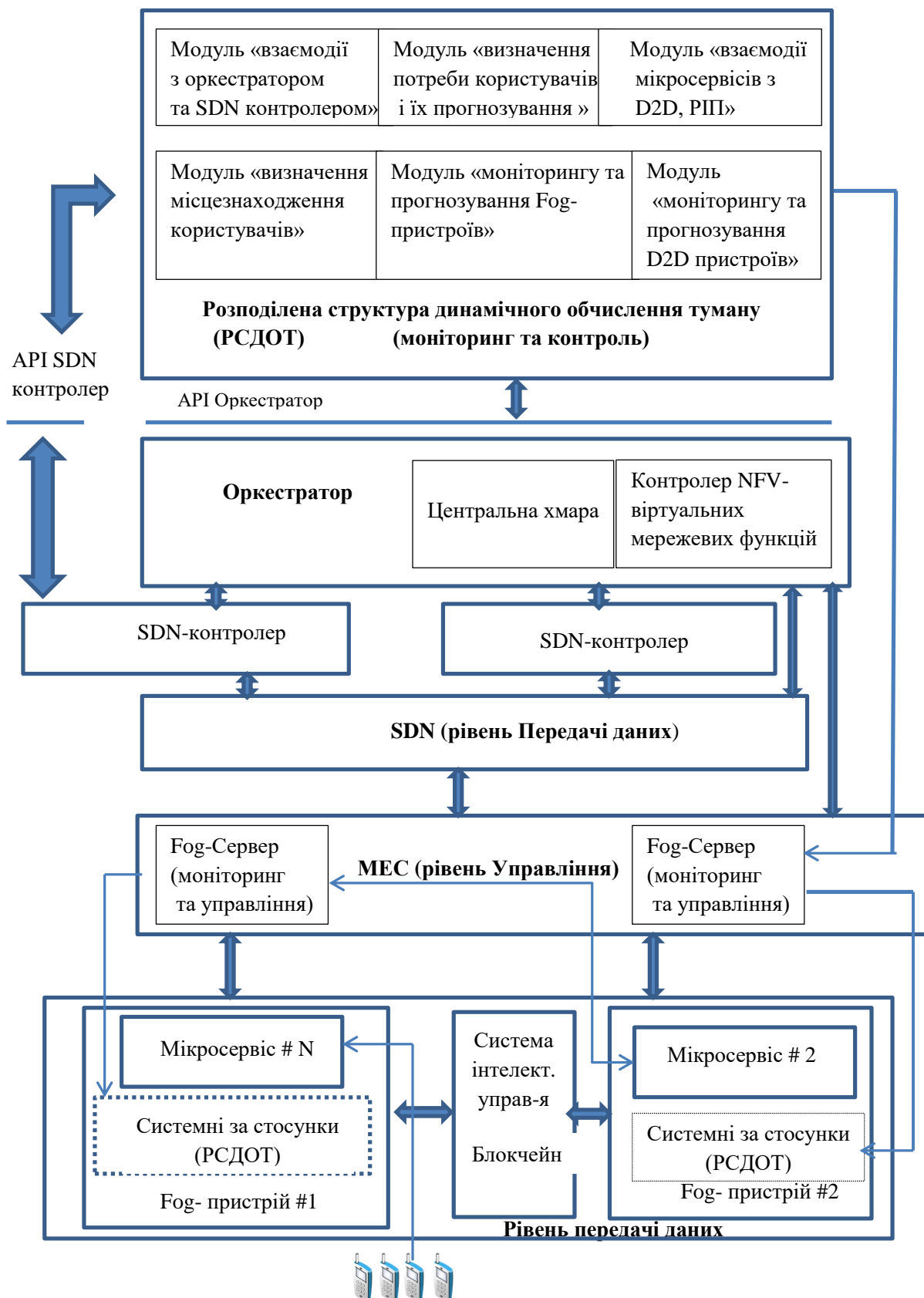


Рис.1. Запропонована інфраструктура архітектурних рішень

Таким чином, запропонована система моніторингу та управління, що є інфраструктурним додатком (програмний комплекс), що реалізує в собі в якості алгоритмів алгоритми машинного інтелекту, дозволяє певною мірою автоматизувати і навіть зробити інфраструктуру інтелектуальною, яка не потребує постійного контролю та управління з боку людей, висококваліфікованих спеціалістів. А також дозволить якісно змінювати структуру мережі з погляду їхньої реакції на дії із зовнішнього боку (зростання або блокування трафіку) - мережа підлаштовуватиметься під поточні потреби, перерозподілятиме навантаження при блокуванні передачі в мобільних системах, враховуючи правила QoS. Крім того, така мережа враховуватиме її потужнісні характеристики, моніторитиме та надаватиме прогностичну аналітику щодо необхідності збільшення/зменшення її потужних параметрів (мережеві ресурси, обчислювальні ресурси об'єднаної хмарної інфраструктури) для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

Алгоритм динамічного перерозподілу Fog-пристроїв

Як уже було зазначено вище, в рамках інфраструктури архітектурних рішень передбачається динамічний перерозподіл Fog-пристроїв. Для цього при переході з одного Fog-стільника в іншій або при первинному підключенні, кожен Fog-пристрій надсилає ширококомовний запит з метою виявлення найближчого Micro Cloud структури МЕС. Після виявлення Fog-пристроїв надсилає дані для реєстрації у виявленому Fog-стільнику. Для реєстрації Fog-пристроїв передає такі дані про свої обчислювальні віртуальні ресурси, виділені для передачі їх в оренду, як частина Fog- стільника:

- Центральний процесорний пристрій (кількість ядер та тактова частота ядра). Даний параметр на стороні сервера дозволяє розрахувати продуктивність пристрою (частини виділеної потужності виділеного віртуального простору);
- виділена кількість логічного оперативної обчислювальної пам'яті для віртуального простору;

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

- виділена кількість логічного постійної обчислювальної пам'яті для віртуального простору;
- Коди активних та доступних технічно бездротових технологій (наприклад, 802.11ax, 5G тощо);
- Дозволена швидкість передачі даних для сторонніх сервісів (цей параметр може бути обмежений з метою збереження якості основного зв'язку для користувача);
- Підтримувана система віртуалізації та оркестрації;
- Підтримуваний формат мікросервісів для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

Після цього головний сервер Fog-стільника визначає можливість підключення даного Fog-пристрою із зазначеними параметрами. У разі позитивного рішення Fog-сервер направляє повідомлення-підтвердження очікування підключення Fog-пристрою. Fog-сервер також передає унікальний згенерований внутрішній системний код. Цей код необхідний для подальших процесів взаємодії Fog-пристрою зі статичною хмарною інфраструктурою МЕС. У тому числі для системи управління міграцією мікросервісів додатків з метою однозначної ідентифікації кожного з Fog-пристроїв у Fog-стільниках в умовах їх фізичного переміщення. Після цього повідомлення Fog-сервер здійснює передачу параметрів з'єднання. В результаті, Fog-пристрій, що підключається, відправляє повідомлення-підтвердження Fog-серверу про готовність. Далі, Fog-сервер отримує права на використання у своїх цілях (агрегування) обчислювальних ресурсів, наданих Fog-пристроями обчислювальних та мережних ресурсів. Варто зазначити, що міні-хмари обчислювальної структури МЕС має отриману інформацію про всі підконтрольні Fog-стільники.

Алгоритм для моніторингу та управління інфраструктурою архітектурних рішень

У даній роботі пропонується розглянути системне завдання щодо визначення центру накопичення користувачів сервісу для забезпечення подолання ефектів блокування передачі, а також одночасного визначення обчислювального потенціалу певного середовища туманних обчислень для визначення пристрою на яке відбудуватиметься міграція мікросервісу для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

Для вирішення ряду підзавдань у рамках вищеописаної задачі пропонується використовувати набір ефективних алгоритмів обробки даних. Загальний алгоритм, який закладається у інфраструктуру архітектурних рішень, відображено на рис.2.

У цій роботі будуть розглянуті частини алгоритму, виділені штрих пунктиром. Для вирішення завдань, визначених у цьому загальному алгоритмі дій, пропонується дослідити застосування ефективних алгоритмів штучного інтелекту. У досліджуваних завданнях, у рамках цієї роботи, будуть розглянуті алгоритми кластеризації рухомих об'єктів та бджолиний алгоритм, а також методику визначення функціональної залежності між параметрами інфраструктури розробленої мережі.

Завдання визначення центру користувачів

Одним із завдань, згідно з алгоритмом інфраструктури архітектурних рішень, зображеного на рис.2, є періодичним визначенням центру скупчення користувачів. Для здійснення пошуку центру пропонується використовувати алгоритм кластеризації К-середніх (від англ. K-means) [176,177]. Даний алгоритм характеризується простотою реалізації та швидкістю виконання. Априорними даними є кількість кластерів (задається до початку процесу кластеризації, і його значення має високий вплив на отримання кінцевого результату).

У межах одного Fog-стільника будуть присутні області з різною щільністю скупчення споживачів сервісу, щодо забезпечення подолання ефектів

блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

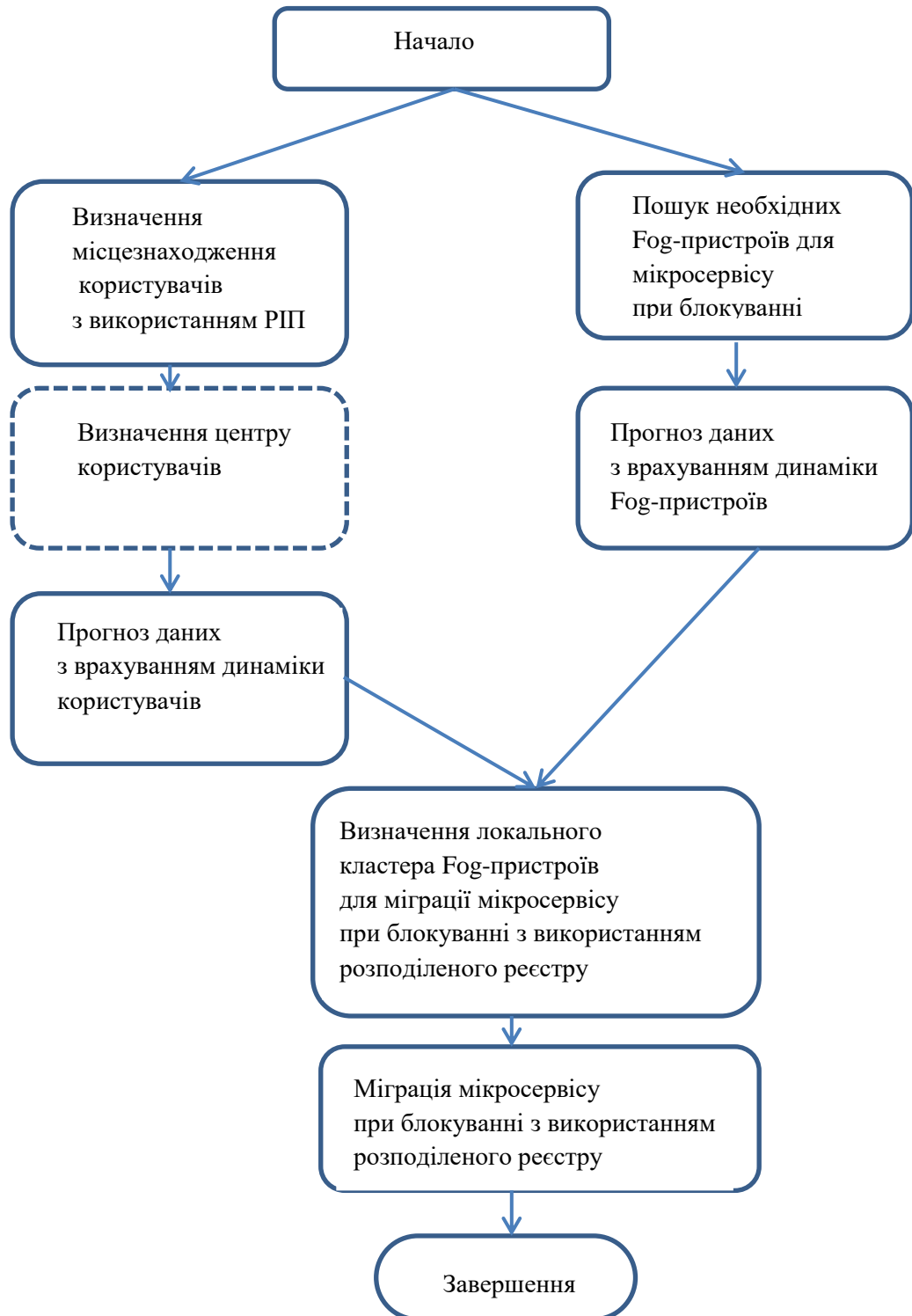


Рис.2. Загальний алгоритм функціонування розробленої інфраструктури

При цьому розміри таких скупчень також не однакові. Тому пошуку центру скупчення користувачів застосовується алгоритм кластеризації K-

середних. Однією з вихідних умов у рамках даної роботи є статичність пристроїв D2D, смартфонів та інших пристроїв, що утворюють Fog-зони. Також в реальних умовах координати пристроїв і Fog-пристроїв пропонується визначати за допомогою реконфігурованих інтелектуальних поверхонь.

Роботи обраного алгоритму виконуються в наступні чотири кроки:

1. Задаються вхідні дані: координати x , y та z точок. Також задаються кількість кластерів та їх початкові центри. Привласнення користувачів (пристроїв користувача) до найближчих центрів кластерів. Система моніторингу просторових характеристик мережі мобільного зв'язку дає змогу забезпечити гнучкий процес збору даних для аналітичних засобів машинного навчання, не створюючи при цьому надлишкове використання ресурсів. Ключовою відмінністю запропонованої системи моніторингу від традиційних систем, які використовують мобільні мережі є те, що в основі процесу моніторингу є кінцеві абоненти, які здійснюють збір даних про показники ефективності функціонування мереж, включаючи інформацію про рівень задоволеності якістю сервісу. Такий підхід неможливо реалізувати існуючими засобами мобільного моніторингу, які передбачені у стандарті 5G, оскільки вони передбачають централізоване функціонування в мережах домену одного стільникового оператора, що суттєво ускладнить процес узгодження результатів моніторингу між операторами для формування консенсусної бази даних. Така система може базуватися на використанні відомого протоколу MQTT для телеметрії даних безпосередньо на IoT-пристроях абонентів [174].

2. Визначення центрів мас Fog-пристроїв, що входять до кластера.

3. Порівняння центрів мас та передбачуваних центрів кластерів.

4. Якщо центри мас і ймовірні центри кластерів рівні, то центри кластерів вважаються остаточно визначеними і всі приписані до них користувачі позначаються як елементи кластера.

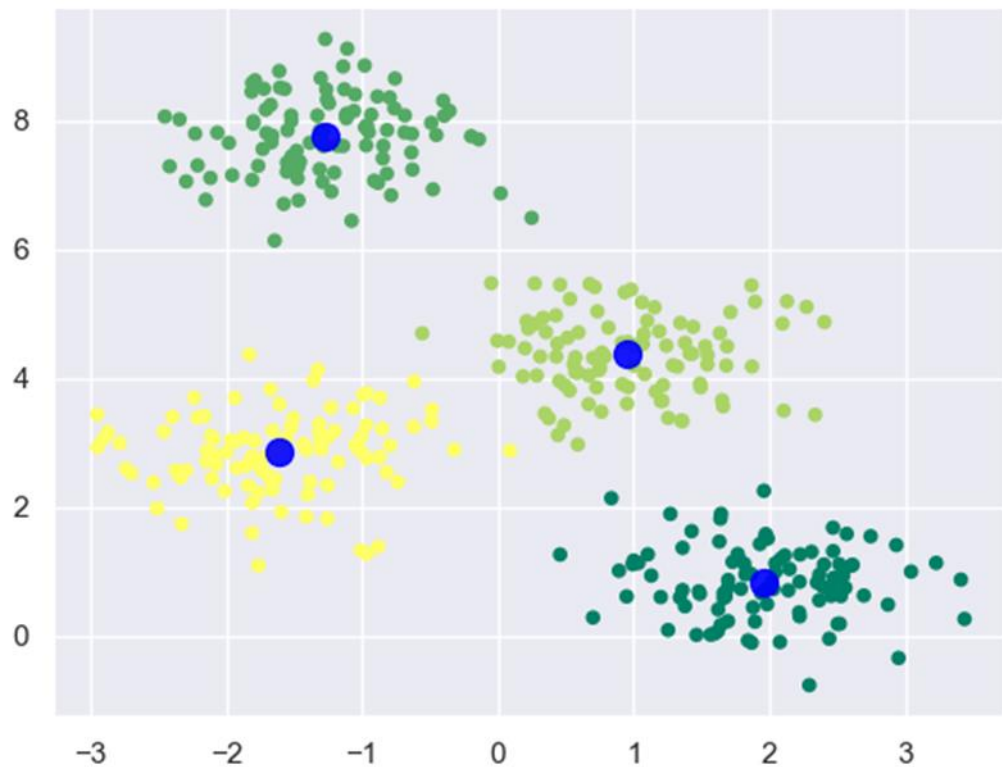


Рис. 3. Приклад результату роботи алгоритму кластеризації К-середніх.

Для подальшого моделювання запропонованого алгоритму було розроблено програмну модель на основі мови Python та відповідних бібліотек Pandas, Matplotlib, Scikit-learn [178]. На стадії моделювання алгоритму К-середніх можна визначити центри скупчення користувачів, а також радіус їхнього розкиду щодо їхнього розташування.

Завдання визначення пристрою туманних обчислень для подальшої міграції мікросервісів для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

Другим досліджуваним завданням у рамках даної роботи є завдання визначення тих Fog-пристроїв, які мають вільні необхідні обчислювальні можливості та задовольняють умовам міграції на них мікросервісу для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль з подальшим розгортанням

та включенням у загальну архітектуру. В рамках даного підпроцесу інфраструктурі архітектурних рішень необхідно вирішити задачу оптимізації: для заданої функції, що описує стан Fog-пристроїв через набір параметрів серед усіх можливих значень цієї функції необхідно знайти таке значення, при якому ця функція набуває максимальних значення. Градієнтні алгоритми не можуть впоратися з оптимізацією такої функції, тому що їхнє рішення зійдеться до найближчого екстремуму біля початкової точки [179]. Для задач знаходження глобального максимуму чи мінімуму використовують так звані алгоритми глобальної оптимізації. До одного з таких алгоритмів належать бджолиний алгоритм [180]. Він був розроблений на підставі принципу поведінки біологічних організмів, зокрема, здатності груп бджіл працювати як єдине ціле. Основна ідея парадигми методу бджолиної колонії взята з поведінки бджіл при пошуку місць, де можна знайти якомога більше нектару.

Алгоритм для раціонального вибору Fog-пристроїв

Для вирішення поточного завдання в цій роботі були визначені параметри, що описують Fog-вузол з метою забезпечення якості обслуговування. Глобально завдання сформульовано так: необхідно підтримувати термін обслуговування за рахунок вибору Fog-вузла, на який необхідно мігрувати мікросервіс. Таким чином, мінімізована фітнес-функція виглядає так:

$$T = \sum_{i=1}^N W_i t_i, \quad (1)$$

де:

T - параметр, що розраховується,

W - вага відповідного параметра,

t_i -- параметри, що описують стан Fog - пристрої,

n - кількість таких параметрів.

У даній роботі використовуються три параметри:

t_1 - затримка розповсюдження,

t_2 - час обробки запиту мікросервісу,

t_3 - час обробки запиту блокчейном.

Перший параметр визначається через тайм-трекер лише на рівні інфраструктури архітектурних рішень. А другий і третій параметри визначаються пристроєм - час обробки завдань.

Для досягнення задачі підвищення якості надання послуги для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль необхідно встановити функціональну залежність між параметрами мережі, тобто потрібно визначити вплив показників ефективності (t_1, t_2, t_3) на ключовий показник якості T .

Задача встановлення функціональної залежності між параметрами мережі t_1, t_2, t_3 та T будемо вирішувати шляхом використання сплайнів [181]. Сплайн – це функція, що складається з фрагментів однакового виду, котрі зшиті між собою. Це одна з ключових ознак сплайнів, що відрізняє його від інших функцій. Існують різні способи побудови сплайнів на основі їх різновидів [182]. Проте, найбільший інтерес викликають локальні кубічні ермітові сплайни (КЕС). Для побудови його знаходяться вузли склейки таким чином, що сплайн на всьому інтервалі задовольняється умовами методом найменших квадратів:

$$\sum_{i=1}^N [S_{pi} - y_i] = \min, \quad (2)$$

де N - кількість відліків на інтервалі, що спостерігається;

i – порядковий номер відліку;

S_{pi} – сплайн;

y_i – вхідні дані.

Визначив формулу (2) забезпечуємо, що сумарне квадратичне відхилення сплайну від функції, що апроксимується y_i буде мінімальним.

Методика визначення функціональної залежності між параметрами інфраструктури розробленої мережі

Крок 1. Представлення значень вимірних параметрів t_1, t_2, t_3 у матричному вигляді.

Крок 2. Розраховуємо матрицю планування P котра має блочно-діагональну структуру внаслідок локальних властивостей функції.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Крок 3. На основі отриманих даних для кожного параметра t_1, t_2, t_3 розраховуємо вектор ординат вузлів склейки сплайну та проведемо апроксимацію за допомогою КЕС.

Крок 4. Визначасмо ступінь впливу параметрів t_1, t_2, t_3 на T . Коефіцієнти аналітичного зв'язку знаходимо за умови, що середньоквадратична похибка прогнозу параметра T з параметрів t_1, t_2, t_3 буде мінімальною.

Крок 5. На основі вищезазначених даних проводимо статистичне вирівнювання часових рядів параметра T .

Дана методика оцінює ступінь впливу кожного з параметрів t_1, t_2, t_3 на параметр T з майбутнім середньостатистичним прогнозом даних, що приводить до реалізації вибору певного параметру для подальшого його покращення або оптимізації. Одночасно розроблена методика вирізняється простотою розрахунків, за рахунок чого забезпечує високу швидкодію при обчисленні, що, у свою чергу, важливо для роботи в реальному часі при обробці даних для забезпечення подолання ефектів блокування передачі в мобільних системах при застосуванні терагерцового діапазону довжин хвиль.

Для подальшого моделювання запропонованого алгоритму було розроблено програмну модель на основі мови Python та відповідних бібліотек NumPy, Pandas, Matplotlib, Math та інші [178]. Вихідні дані для генерування інформації про пристрої користувачів можна взяти з першої програмної моделі.

6.2 Розробка просторово-частотно-часового методу оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу регіональними підсистемами

ВСТУП

Робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем радіочастотного моніторингу (РП РЧМ) загальних користувачів з контролю використання радіотехнологіями і радіоелектронними засобами (РЕЗ) національного радіочастотного ресурсу (РЧР) шляхом розробки науково-методичного апарату з єдиною системою показників та критеріїв і програмно-алгоритмічного забезпечення для проведення автоматизованих розрахунків. Також в роботі обґрунтовані специфіка і показники оцінювання ефективності роботи різнотипних станцій радіоконтролю по комплексному виконанню основних завдань радіомоніторингу для оптимізації їх кількісного і якісного складу в РП РЧМ і проводиться аналіз отриманих результатів для розробки рекомендацій спрямованих на розвиток і модернізацію поточного стану РП РЧМ в цілому.

Проведено інформаційно-аналітичні дослідження за принципами побудови, структурою, функціями, важливістю завдань, технічним оснащенням і об'єктам радіомоніторингу національних систем радіочастотного моніторингу (СРЧМ) України та інших країн, на підставі яких сформульовано задачу оцінювання ефективності і процесу ведення радіомоніторингу підсистемами і засобами РЧМ.

Вперше створено науково-методичний апарат оцінювання техніко-виробничої (інтегральної) ефективності функціонування СРЧМ з радіомоніторингу реального використання РЧР, що включає вдосконалений системно-методологічний підхід, просторово-частотно-часовий метод охоплення радіочастотним моніторингом випромінювань РЕЗ, методику розрахунку з єдиною системою показників і критеріїв ефективності, процедури розрахунку і прогнозу показників ефективності на трьох рівнях ієрархії СРЧМ.

Для автоматизації процедур розрахунків інтегральних техніко-виробничих і часткових виробничих показників ефективності ведення радіочастотного моніторингу станціями радіоконтролю (СРК), РП РЧМ і СРЧМ в цілому, їх стаціонарною та мобільною складовими за заданий період часу і прогнозування їх на майбутні періоди розроблено програмно-алгоритмічне забезпечення.

На основі вихідних даних за реальними характеристиками РП РЧМ і СРК, що визначаються розробленою методикою, проведені розрахунки зазначених вище показників ефективності для всіх РП РЧМ в Україні, аналіз яких дозволив виявити сильні і слабкі сторони ведення радіочастотного моніторингу кожною РП РЧМ з контролю функціонування кожної групи радіотехнологій та вирішення кожного завдання РЧМ. Отримані результати розрахунку дозволили розробити рекомендації щодо розвитку і вдосконалення СРК, РП РЧМ і національної СРЧМ загальних користувачів.

6.2.1 Обґрунтування методологічного підходу до оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу регіональними підсистемами і засобами радіоконтролю

Відповідно до рекомендацій системного аналізу процес прийняття рішень необхідно починати з виявлення і чіткого формулювання кінцевої мети.

Мета функціонування системи визначає способи і форми дій, їх характер і системну упорядкованість, а також засоби досягнення і виступає як певний механізм інтеграції різних дій в систему «мета - засіб - результат». Мета функціонування СРЧМ тісно пов'язана з поняттями «радіочастотний моніторинг» і «система радіочастотного моніторингу», в зв'язку з чим виникла необхідність в уточненні даних понять.

За нашим визначенням [183] **радіочастотний моніторинг** - це комплекс узгоджених за задумом, завданням, місцем і часом організаційних і технічних заходів щодо збору, обробки, аналізу, узагальнення, зберігання та відображення даних про параметри сигналів і характеристики контрольованих РЕЗ для оцінки стану використання РЧР та підтримки прийняття управлінських рішень в сфері

його регулювання.

Дане визначення узагальнює відомі визначення поняття «радіочастотний моніторинг» з урахуванням його цільової та операційної спрямованості [184].

Під **системою радіочастотного моніторингу** будемо розуміти сукупність розподілених на місцевості стаціонарних та мобільних СРК, каналів зв'язку і пунктів управління, засобів збору, обробки, аналізу, узагальнення та зберігання даних про завантаженість смуг частот, параметрах сигналів і характеристиках випромінювань РЕЗ, розміщених в контрольованому районі.

З цих визначень і аналізу сутності завдань, покладених на СРЧМ [185,186, 187-196, 197-199], слідує, що головною метою її функціонування ($A_{СРЧМ}$) є оцінка стану використання РЧР для підтримки прийняття управлінських рішень в сфері його регулювання (планування, виділення, присвоєння, ЕМС, міжнародної координації).

Радіочастотний ресурс, який використовується РЕЗ різного призначення, характеризується не тільки смугою виділених частот, але і областю простору і інтервалом часу, в межах яких існують їх радіовипромінювання. Виходячи з цього, для оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ за аналогією з заходом використання спектра, введеної в [200], доцільно ввести поняття міри ступеню охоплення виділеного РЧР системою радіомоніторингу у вигляді контрольованого просторово-частотно-часового континууму

$$V^k = S^k \cdot F^k \cdot T^k, \quad (1)$$

де S^k - контрольований простір, F^k - контрольований частотний діапазон, T^k - час контролю.

Міра (1) визначає суть **методологічного просторово-частотно-часового підходу** до оцінки ефективності функціонування СРЧМ і встановлює діалектичний зв'язок між виділеним для використання РЧР та ступенем його охоплення радіомоніторингом. У відповідності з цим підходом функція цілепокладання, що характеризує здатність СРЧМ вирішувати задачі і досягати

відповідної мети її функціонування, є функцією виділеного і контрольованого просторово-частотно-часового континуума:

$$\Phi(A_{\text{СРЧМ}}) = f(S, S^k, F, F^k, T, T^k). \quad (2)$$

При фіксованих значеннях виділеного S , F , T ця функція може бути представлена у вигляді:

$$\Phi(A_{\text{СРЧМ}}) = f(S^k, F^k, T^k). \quad (3)$$

Цілепокладання є найважливішою складовою частиною системного підходу. В об'єктивному сенсі під ціллю(метою) розуміється той стан, до якого прагне система, заради чого вона існує.

Ціллю системи є ієрархія простих позицій (підцілей). Тому декомпозиція головної цілі функціонування будь-якої національної СРЧМ на підцілі повинна базуватися на аналізі її структурно-ієрархічної побудови та основних задач, що вирішуються на відповідних рівнях ієрархії. Розглянуті в попередніх роботах [] загальні підходи і вимоги до побудови СРЧМ визначили, що для забезпечення вирішення задач радіочастотного моніторингу в країнах з територією в сотні тисяч квадратних кілометрів національні СРЧМ будуються за трирівневим ієрархічним принципом.

Залежно від розміру території держави СРЧМ можуть містити від двох до чотирьох ієрархічних рівнів. Для прикладу на малюнку.1 приведена адаптована з урахуванням вимог нормативних документів [201-205] узагальнена трирівнева організаційна структура СРЧМ, по якій побудована СРЧМ України.



Малюнок 1. Узагальнена організаційна структура системи радіочастотного моніторингу

Центральний пункт управління забезпечує управління роботою РП РЧМ і контроль їх діяльності, а також узагальнення результатів радіомоніторингу всіх РП РЧМ. Проведення радіомоніторингу є виключно прерогативою РП РЧМ. Завданням технічної служби радіомоніторингу є підтримка і забезпечення вирішення нестандартних завдань радіомоніторингу.

Управління роботою всієї СРЧМ на вищому рівні здійснює спеціалізована організація, яка визначає завдання системи радіомоніторингу і забезпечує ресурси СРЧМ. В Україні такою спеціалізованою організацією є Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації.

Інформаційну основу СРЧМ складають стаціонарні СРК, які вирішують завдання радіомоніторингу в межах певного регіону (зони радіодоступності). Їм можуть бути підпорядковані додаткові СРК, зокрема: стаціонарні станції, які управляються дистанційно, а також мобільні СРК.

Згідно із загальним управління частотами і смуг радіочастот, який у всесвітньому масштабі визначається Міжнародною таблицею розподілу радіочастот [199], а в Україні - НТ РСЧ [200], діапазон радіочастот від 9 кГц до 40 ГГц в Україні розподілений між більш ніж 30 радіослужбами. Повний перелік радіотехнологій, що застосовуються в даний час в Україні, визначається ПВ РЧР та містить понад 50 найменувань [191] в складі яких функціонують близько 140

тис РЕЗ. Але не всі радіотехнології мають однакове поширення в Україні і підлягають РЧМ з боку держави. До найбільш поширених радіотехнологій можна віднести технології: КВ радіозв'язку; УКХ радіозв'язку; радіорелейного зв'язку; супутникового зв'язку; безпроводний радіодоступ; технології систем радіомовлення, які, в свою чергу, діляться на системи аналогового і цифрового звукового мовлення і системи аналогового і цифрового телевізійного мовлення.

Радіотехнології системи супутникового зв'язку включають в себе велике різноманіття окремих підсистем, зокрема, підсистеми радіонавігаційної, радіоаматорського, радіомовної служб, служби космічних досліджень Землі, служби космічної експлуатації, підсистеми супутникового зв'язку, фіксованого та рухомого супутникових служб і т.д. Найбільшою за кількістю систем і стандартів радіозв'язку є категорія систем бездротового доступу.

Зазначена кількість РЕЗ, навіть без урахування РЕЗ спеціального призначення, найбільш інтенсивно використовують діапазон частот від 30 МГц до 6 ГГц і створюють складну радіоелектронну обстановку в регіонах країни

Аналіз основних характеристик РЕЗ різних технологій свідчить про те, що для радіомоніторингу радіовипромінювань РЕЗ, які відносяться до однієї радіослужби, але використовують різні види модуляції, методи доступу до середовища передачі даних і різні види сигналів, необхідні різні методи виявлення радіовипромінювань і вимірювання їх параметрів. Отже, для уніфікації процедур РЧМ доцільно розділити РЕЗ різних радіотехнологій на певні групи, для кожної з яких допустимо використання однакових методів обробки радіовипромінюванні засобів технічного контролю. З цієї точки зору в роботі [183] всі діючі в Україні радіотехнології було запропоновано розділити на чотири групи:

$j = 1$ - традиційні радіотехнології (аналогове телевізійне та звукове мовлення, цифровий та аналоговий транкінговий радіозв'язок, радіозв'язок передачі даних, ультракороткохвильовий радіозв'язок, аналоговий короткохвильовий радіозв'язок. пейджинговий радіозв'язок, радіозв'язок берегових і суднових станцій, радіотелеметрія і радіодистанційне управління,

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

радіотелеметрія охоронних і пожежних систем, радіоподовжувачі абонентських телефонних ліній, всього $I_1 = 12$), які контролюються стаціонарними СРК, а поза зоною ЕМД стаціонарних СРК – мобільними СРК.

$j = 2$ - радіотехнології стільникового зв'язку (типу GSM-900-1800, E-GSM, R-GSM, CDMA-450-800, IMT-2000 (UMTS), D-AMPS, R-GSM (режим "frequency hopping"), DECT, всього $I_2 = 4$), для радіомоніторингу яких використовуються спеціалізовані багатофункціональні мобільні СРК з визначенням радіоканалів базових станцій.

$j = 3$ - радіотехнології широкосмугового, мультимедійного і мультисервісного радіодоступу ($I_3 = 3$), які контролюються спеціалізованими засобами ТРК, що транспортуються багатофункціональними мобільними СРК.

$j = 4$ - радіотехнології радіорелейного зв'язку, радіолокації і радіонавігації, супутникового радіозв'язку, телеметрії і телекерування супутникових мереж, багатоканального наземного телерадіомовлення, випромінювальні пристрої промислового, наукового, медичного та побутового призначення ($I_4 = 5$), які контролюються спеціалізованими вимірювальними лабораторіями або аналізаторами спектра і осцилографами загального призначення, а супутникового радіозв'язку - спеціалізованими станціями супутникового моніторингу.

Ведення радіомоніторингу зазначених груп радіотехнологій реалізується різними методами з застосуванням різних видів устаткування. Так, РЧМ радіоелектронних засобів широкосмугового радіодоступу, стільникового зв'язку та більшості наземних цифрових радіотехнологій (зокрема передавачів мультимедійного і мультисервісного радіодоступу) повинні проводитися із застосуванням спеціалізованих засобів радіоконтролю. РЧМ випромінювань передавачів аналогового і цифрового звукового і телевізійного мовлення, ультракороткохвильового (УКХ) і короткохвильового (КВ) радіозв'язку, зв'язку передачі даних має здійснюється переважно стаціонарними засобами в зонах їх радіодоступності і мобільними (рухомими) засобами (станціями) загального призначення поза зонами радіодоступності стаціонарних засобів. Мобільні

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

засоби повинні використовуватися також для уточнення результатів радіоконтролю і пошуку джерел радіовипромінювань в їх межах зон радіодоступності стаціонарних СРК. Для здійснення моніторингу випромінювань радіорелейних станцій в надвисокочастотному (СВЧ) діапазоні необхідні спеціалізовані мобільні вимірювальні лабораторії, а для моніторингу супутникових транспондерів і геолокації земних станцій супутникового зв'язку - спеціалізовані станції супутникового (космічного) моніторингу.

СРЧМ України загальних користувачів активно розвивалася протягом останніх 20 років і на сьогоднішній день є однією з найбільших в Європі [184]. Вона була побудована ДП «УДЦР» і за станом на 01.01.2014 р включала до свого складу майже 200 стаціонарних і понад 140 мобільних СРК, в тому числі 6 мобільних вимірювальних лабораторій, одну станцію супутникового радіомоніторингу і одну станцію радіоконтролю в КВ-діапазоні. При цьому всі стаціонарні СРК працюють в автоматизованому режимі, а їх функціональні і технічні можливості повністю відповідають вимогам Міжнародного союзу електров'язку до станцій радіоконтролю [197-199]. Деякі зразки мобільних СРК, спеціалізовані станції радіоконтролю типу ССТК і РМ-ШСД є унікальними. На вказаний період процесом радіомоніторингу були охоплені 107 населених пунктів із загальною кількістю населення 39 млн. чоловік і загальною кількістю близько 140 тис. РЕЗ [184, 203] з відсотком охоплення не менш 87% в діапазоні частот від 30 МГц до 6 ГГц і понад 75% в смугах частот від 6 ГГц до 40 ГГц. В умовах дефіциту вільного РЧР для забезпечення необхідних темпів розвитку сфери телекомунікацій існуючої СРЧМ проводиться постійний контроль використання національного РЧР [199], дотриманням користувачами РЧР порядку і правил його використання, виконанням умов наданих ліцензій і дозволів на експлуатацію РЕЗ, своєчасного виявлення і усунення дій радіоперешкод і незаконно діючих передавачів.

Місце, мета, завдання та сфера повноважень СРЧМ в Україні визначаються Законом України "Про радіочастотний ресурс України" [190].

Історично так склалося, що СРЧМ України складається з двох окремих

систем: СРЧМ в смугах радіочастот загального користування і СРЧМ в смугах радіочастот спеціального користування. При цьому обидві системи функціонують автономно і незалежно один від одного. Взаємодія між ними організовано на рівні надання іншій системі інформації за запитом. СРЧМ в смугах радіочастот спеціального користування складається з підсистем радіомоніторингу дванадцяти центральних органів виконавчої влади [190], які самостійно вирішують питання радіомоніторингу у відповідних смугах радіочастот: Міністерства Оборони, Служби безпеки України та Міністерства внутрішніх справ та ін.

Організаційно СРЧМ в смугах радіочастот загального користування складається з управління радіочастотного моніторингу (УРЧМ), як структурного підрозділу УДЦР та підрозділів радіоконтролю в 26 регіональних філіях УДЦР [191]. Структура взаємодії органів радіочастотного моніторингу у смугах радіочастот загального користування в Україні зображена на рис. 2 [204].

Система радіочастотного моніторингу УДЦР має ієрархічну структуру і включає в себе наступні елементи:

- пункт управління АСРМ в м.Києві;
- РП РЧМ в Києві;
- підрозділи радіоконтролю в 25 РП РЧМ УДЦР інших обласних центрів та м Севастополь;
- управління радіочастотного моніторингу УДЦР.

Технічну основу СРЧМ УДЦР становить автоматизована система радіомоніторингу (АСРМ) [204]. Управління РЧМ УДЦР забезпечує виконання завдань радіомоніторингу в Києві і надання допомоги регіональним філіям УДЦР в частині виконання спеціальних формалізованих задач радіомоніторингу та технічного радіоконтролю в регіонах, а також вирішення завдань з виявлення радіоперешкод.

Пункт управління АСРМ призначений для управління і координації робіт з РП РЧМ. Робота починається з планування завдань радіомоніторингу для РП РЧМ і згодом формування завдань для регіону в цілому і окремих віддалених

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

постів РКП [196-199]. Отримана за результатами радіомоніторингу інформація регіонального рівня збирається, обробляється, аналізується і зберігається на центральному ПУ в базі даних (БД), яка містить останні зміни з урахуванням частотних присвоєнь і РЕЗ в РП РЧМ.

На РП РЧМ покладено вирішення завдань радіомоніторингу в межах регіонів (областей). Узагальнена структура РП РЧМ, яка зараз реалізована в більшості регіональних філій ДП «УГЦР№» включає до свого складу:

- пункт управління РП РЧМ;
- стаціонарні СРК в обласному центрі;
- віддалені стаціонарні СРК в деяких містах регіону;
- мобільні СРК;

- канали зв'язку для забезпечення взаємодії між ПУ РПРЧМ і РКП. Пункт управління РП РЧМ оснащений АРМ управління РС-157Р і АРМ обліку частотних присвоєнь і результатів радіомоніторингу РС-135Р.

За своїми функціональними можливостями АРМ РС-135Р здатне забезпечувати:

- планування радіомоніторингу для окремих РКП в складі РП РЧМ;
- супровід, поповнення та збереження адміністративних і технічних даних про частотних присвоєнь і РЕЗ, які територіально розташованого в межах області;
- формування звітних документів за результатами радіомоніторингу;
- перевірку функціонування АРМ РС-157Р шляхом надання контрольних завдань;
- підготовку завдань з моніторингу (контролю) роботи окремих РКП;
- розрахунок зон покриття РЕЗ;

За своїми функціональними можливостями АРМ РС-157Р здатне забезпечувати:

- підготовку і видачу завдань на проведення радіомоніторингу для окремих СРК в складі РП РЧМ;
- підготовку і видачу завдань на проведення радіомоніторингу для

мобільних СРК;

- отримання інформації за результатами радіомоніторингу від окремих РКП і мобільних СРК;

- обробка результатів радіомоніторингу (в тому числі, узагальнення інформації від декількох СРК у випадках проведення синхронного пеленгування і визначення місцезнаходження радіовипромінюючих РЕЗ);

- перевірку функціонування каналів зв'язку з віддаленими СРК;

- накопичення і збереження результатів радіомоніторингу в БД радіо обстановки.

Під час обробки результатів радіомоніторингу, отриманих від окремих стаціонарних і мобільних СРК здійснюється поділ радіовипромінювань РЕЗ і ідентифікація РЕЗ. Це дозволяє виявляти і визначати місцезнаходження незаконно діючих передавачів, оцінювати завантаження діапазону частот і контролювати параметри сигналів в автоматичному режимі.

Для забезпечення вирішення завдань щодо визначення місцезнаходження РЕЗ стаціонарними засобами в обласних центрах розгорнуто мережу з декількох стаціонарних СРК оснащених багатофункціональними комплексами радіомоніторингу з функціями радіопеленгування. При цьому загальна обробка результатів пеленгування для розрахунків місцезнаходження РЕЗ виконується на пункті управління РП РЧМ. Багатофункціональні СРК типу РМ-2500р і АІК-С одночасно виконують також завдання щодо виявлення та технічного аналізу радіовипромінювань. Віддалені СРК в інших містах області виконують лише завдання виявлення радіовипромінювань і їх технічного аналізу.

Таким чином, в Україні створено структурно складна СРЧМ, яка вирішує великий спектр завдань, спрямованих на регулювання ефективного використання національного РЧР. Її можливості в значній мірі визначаються складом засобів радіомоніторингу, їх кількістю, функціональними і технічними можливостями, а також топологією. Однак, як зазначено в [206], найкращою була б така структура і склад СРЧМ, яка забезпечувала б охопленням кожного населеного пункту мінімум двома стаціонарними пеленгаторами, що є

недозволеною «розкішшою» через великі фінансові витрати. У зв'язку з цим виникає необхідність в оцінюванні техніко-виробничо-економічної ефективності процесу ведення радіомоніторингу СРЧМ і подальшої оптимізації її структури.

Кожна з регіональних підсистем вносить свій внесок в досягнення головної цілі функціонування всієї СРЧМ. Відповідно ціллю функціонування РП РЧМ ($A_{РПРЧМ}$) є збір, обробка, аналіз, узагальнення та збереження даних про параметри сигналів і характеристики випромінювань РЕЗ для оцінки і забезпечення ефективного використання РЧР в межах регіонального просторово-частотно-часового континууму. Одночасно кожна СРК вносить свій внесок в оцінку використання РЧР в певній просторово-частотно-часовій області (зоні дії).

В межах заданого просторово-частотно-часового континууму система, підсистеми та засоби вирішують цілком певні задачі, які можна розбити на дві групи [191, 207]. Перша група задач вирішується на всіх рівнях ієрархії національної СРЧМ. До них відносяться задачі збору, обробки, аналізу, узагальнення та зберігання інформації, необхідної для оцінки використання виділеного РЧР. Друга група задач вирішується на верхніх рівнях системи і включає підготовку даних, пропозицій і рекомендацій для прийняття рішень в сфері регулювання РЧР.

Перша група задач є вихідною по відношенню до другої групи і визначає підцілі функціонування СРЧМ на всіх ієрархічних рівнях. Аналіз цих задач дозволяє визначити основні підцілі функціонування національних СРЧМ на всіх рівнях їх ієрархії [184]. Смісловий зміст декомпозованих підцілей функціонування СРЧМ України, визначений на основі аналізу нормативних документів, що регламентують діяльність державних органів у сфері радіочастотного моніторингу, наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Підцілі функціонування СРЧМ

Підцілі для рівня			Найменування підцілі
СРЧМ	РП РЧМ	СРК	
$A_{СРЧМ\ 1}$	$A_{РПРЧМ\ 1}$	$A_{СРК\ 1}$	Контроль відповідності параметрів випромінювань зареєстрованих РЕЗ нормативним документам
$A_{СРЧМ\ 2}$	$A_{РПРЧМ\ 2}$	$A_{СРК\ 2}$	Контроль зайнятості смуг радіочастот
$A_{СРЧМ\ 3}$	$A_{РПРЧМ\ 3}$	$A_{СРК\ 3}$	Виявлення незаконно діючих передавачів
$A_{СРЧМ\ 4}$	$A_{РПРЧМ\ 4}$	$A_{СРК\ 4}$	Виявлення джерел радіозавад роботі РЕЗ

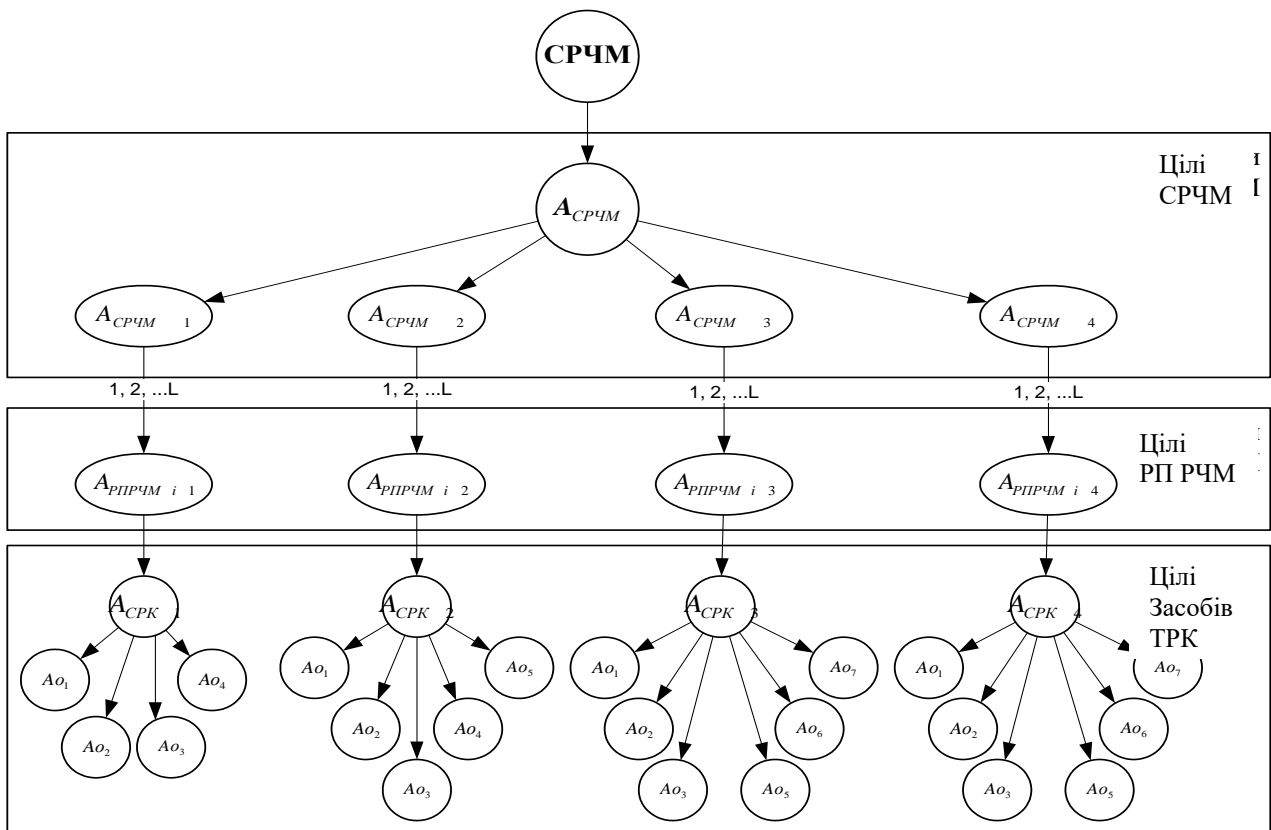
Для досягнення наведених підцілей функціонування РП РЧМ і СРЧМ в цілому, СРК на своєму рівні ієрархії реалізують повністю або частково виконання елементарних операцій [184], які представлені в табл. 2.

Для досягнення поставленої цілі необхідна цілеспрямована діяльність СРЧМ, яка реалізується в процесі виконання операції. Під операцією в системному підході розуміється [204, 208-209] сукупність цілеспрямованих дій, об'єднаних загальним задумом і єдиною метою, що і включено в запропоноване вище визначення радіочастотного моніторингу. Операцією в даному випадку є процес ведення радіомоніторингу СРЧМ.

Таблиця 2. Операції, що виконуються СРЧМ

№ з.п.	Найменування операції	Умовне позначення
1.	Пошук і виявлення випромінювань РЕЗ за частотою і напрямком	Ao_1
2.	Інструментальне оцінювання параметрів випромінювань РЕЗ	Ao_2
3.	Ідентифікація радіовипромінювань РЕЗ	Ao_3
4.	Ідентифікація РЕЗ	Ao_4
5.	Спостереження за радіовипромінюванням	Ao_5
6.	Пеленгування РЕЗ	Ao_6
7.	Визначення місцезнаходження РЕЗ	Ao_7

Операція формується в рамках, які в якості основних компонентів містять орган управління операцією, підсистеми, активні засоби і об'єкти контролю (мал. 2).



Малюнок 2. Співвідношення між головною ціллю функціонування і декомпозованими підцілями на різних рівнях ієрархії СРЧМ

По відношенню до СРЧМ ціль операції $A_{СРЧМ}$ виступає основним системоутворюючим фактором, як спосіб інтеграції різних дій в єдину послідовність (принцип цілеобумовленості). Крім того, вона дозволяє встановити єдину метрику показників результату операції на рівнях органу управління операцією, підсистем, активних засобів і об'єктів контролю.

Ефективне проведення операції СРЧМ забезпечується сукупністю її загальносистемних, структурних і функціональних властивостей.

До загальносистемних властивостей СРЧМ належать цілісність, стійкість, спостережуваність, керованість, детермінованість, відкритість, динамічність та інші. До структурних властивостей включають склад, взаємозамінність, організацію, складність, масштабність, просторовий розмах, централізованість,

обсяг та інші.

Зупинимось докладніше на розгляді менш вивчених функціональних властивостей, які характеризують процес ведення радіомоніторингу. До функціональних (поведінкових) властивостей відносяться результативність, ресурсомісткість, оперативність, продуктивність, економічність, активність, потужність, швидкодія, точність та ін.. Властивості, що характеризують процес ведення радіомоніторингу СРЧМ для досягнення головної цілі операції, називаються операційними властивостями або властивостями операції [208, 209].

6.2.2 Розробка показників та критеріїв оцінювання ефективності функціонування регіональних підсистем

Якість результату операції і алгоритм, що забезпечує його отримання (стратегія), оцінюються функціональними показниками якості операції, основними з яких, на наш погляд, є:

- **результативність** Q , яка визначає отриманий цільовий ефект (результат) для досягнення якого функціонує система;
- **ресурсомісткість** C , що характеризує витрати (ресурси) всіх видів, що використовуються для отримання цільового ефекту;
- **оперативність** T_0 , яка визначає витрату часу реквізит для досягнення мети операції.

У сукупності результативність, ресурсомісткість і оперативність породжують комплексну властивість - ефективність R_{ef} процесу ведення радіомоніторингу СРЧМ - ступінь його пристосованості до досягнення цілі, а саме: оцінки стану використання РЧР. Комплексна властивість проявляється при веденні радіомоніторингу СРЧМ і залежить як від властивостей операції, так і від властивостей зовнішнього середовища.

Для кількісної оцінки результату операції стосовно СРЧМ введемо узагальнений показник результату операції у вигляді вектора $R_{ef} = \{R_Q, R_C, R_{T_0}\}$, компоненти якого суть показники окремих результатів, що відображають

результативність, ресурсомісткість і оперативність операції. Уявімо узагальнений показник результату операції у вигляді степеневі функції

$$R_{\text{эф}} = \zeta_0 \cdot Q^{\zeta_1} \cdot C^{\zeta_2} \cdot T_o^{\zeta_3}, \quad (4)$$

де $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ - показники ступеня.

Параметри функції показника результату $\zeta_0, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ можуть набувати значень $0, \pm 1$. У табл. 3 наведені практичні варіанти використання узагальненого показника результату операції.

Таким чином, узагальнений показник результату операції в вигляді (4) дозволяє отримати для різних значень $\zeta_0, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ як основні показники, так і найважливіші похідні показники по продуктивності і ефективності-вартості.

Таблиця 3. Показники ефективності СРЧМ

№ з. п.	Параметри функції операції	Вид показника	Найменування показника
1.	$\zeta_0 = \zeta_1 = 1; \zeta_2 = \zeta_3 = 0$	$R_Q = Q$	Корисний ефект
2.	$\zeta_0 = \zeta_2 = 1; \zeta_1 = \zeta_3 = 0$	$R_C = C$	Вартість операції
3.	$\zeta_0 = \zeta_3 = 1; \zeta_1 = \zeta_2 = 0$	$R_T = T_o$	Час на операцію
4.	$\zeta_0 = \zeta_1 = 1;$ $\zeta_2 = 0; \zeta_3 = -1$	$R_{\Pi} = \frac{Q}{T_o}$	Продуктивність в операції
5.	$\zeta_0 = \zeta_1 = 1; \zeta_2 = -1; \zeta_3 = 0$	$R_E = \frac{Q}{C}$	Ефективність-вартість операції

Відповідальним моментом дослідження ефективності операції є вибір показників і критеріїв ефективності.

Показник ефективності операції $W[\Phi(A_{\text{СРЧМ}})]$ є міра ступеня відповідності реального результату операції необхідному або потенційному значенням.

Критерій ефективності - це правило, що дозволяє зіставити стратегії (алгоритми отримання результату), що характеризуються різним ступенем досягнення цілі, і здійснювати спрямований вибір стратегій з множини

допустимих.

Відповідно до введеного узагальненого показника результату операції (4) і його частковими значеннями (таблиця 3) для оцінювання ефективності функціонування СРЧМ можуть використовуватися різні групи показників, що характеризують ефективність технічної, економічної, оперативної, техніко-економічної та техніко-виробничої діяльності по досягненню головної цілі. При цьому необхідно сформулювати відповідні критерії, що визначають надійність вирішення покладених завдань, та економічний ефект від їх виконання.

Найбільш важливою і універсальною з точки зору запропонованого просторово-частотно-часового підходу є група техніко-виробничих показників і критеріїв ефективності, що дозволяє оцінити корисний результат функціонування національної СРЧМ.

Для практичного оцінювання цієї групи показників і критеріїв використовуємо **імовірнісний і детермінований** підходи.

При **імовірнісному підході** в якості загального показника ефективності функціонування СРЧМ на верхньому рівні використовується ймовірність досягнення цілі за рішенням усіх завдань РЧМ

$$P_{1Z} = P(Q_{<Z>} <> \Psi_{<Z>}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Omega_Q(Q_{<Z>}) d\Theta_{\Psi}(\Psi_{<Z>}), \quad (5)$$

де $\Omega_Q(Q_{<Z>}) = P(Q_{<Z>} <> Q_{<Z>}^*) = P(\bigcup_{z=1}^Z (Q_z <> Q_z^*))$ - інтегральний закон

розподілу випадкового вектора Q_z корисного результату операції з моніторингу заданого просторово-частотно-часового континууму;

$\Theta_{\Psi}(\Psi_{<Z>}) = P(\Psi_{<Z>} <> \Psi_{<Z>}^*) = P(\bigcup_{z=1}^Z (\Psi_{<Z>} <> \Psi_{<Z>}^*))$ - функція розподілу

випадкового вектора $\Psi_{<Z>}$ необхідних результатів з моніторингу заданого просторово-частотно-часового континууму.

Оскільки підцілі (табл. 1) є несумісними подіями і РП РЧМ незалежно

вирішують поставлені перед ними задачі радіомоніторингу, то узагальнений показник P_{1Z} ефективності функціонування СРЧМ в загальному випадку представляється у вигляді суперпозиції ймовірностей досягнення цілей регіональними підсистемами:

$$P_{1Z} = \bigcup_{z=1}^d \bigcup_{z=1}^Z \rho_z P_{1z} (Q_z \langle \rangle \Psi_z) = \bigcup_{l=1}^d \bigcup_{z=1}^L \bigcup_{z=1}^Z \rho_z P_{2lz} (Q_{lz} \langle \rangle \Psi_{lz}), \quad (6)$$

де P_{1z} і P_{2lz} - ймовірності досягнення кожної z -ої підцілі на центральному та регіональному рівнях; l і L - номер і кількість РП РЧМ; ρ_z - вагові коефіцієнти, які визначаються централізовано методом експертної оцінки для кожної з підцілей, для яких має виконуватися умова $\sum_{z=1}^Z \rho_z = 1$.

При цьому критерії ефективності задаються частковими предикатами:

$$G_{1Z} : P_{1Z} \geq P_{1Z}^{mp}; G_{1z} : P_{1z} \geq P_{1z}^{mp}. \quad (7)$$

На другому рівні ймовірність досягнення цілі l -ої РП РЧМ по кожній z -ій частковій задачі визначається суперпозицією ймовірностей виконання завдання m -ми СРК по n -им РЕЗ (смугах частот)

$$P_{2lz} = \bigcup_{m=1}^d \bigcup_{n=1}^N P_{3lzm} (Q_{lzm} \langle \rangle \Psi_{lzm}), \quad (8)$$

де P_{3lzm} - ймовірність виконання завдання контролю m -им СРК по n -му РЕЗ (смузі частот); M і N - кількість СРК і РЕЗ l - ої РП РЧМ.

Для даного рівня критерій досягнення кожної z -ої підцілі виражається частковим предикатом

$$G_2 : P_{21z} \geq P_{21z}^{mp} . \quad (9)$$

На третьому рівні ймовірність досягнення цілі m -им СРК з контролю випромінювання n -ого РЕЗ (смуги частот) в l -ої РП РЧМ визначається суперпозицією ймовірностей виконання всіх H_z операцій (табл. 2), необхідних при вирішенні z -ої задачі

$$G_{3h} : P_{3lzm} \geq P_{3lzm}^{mp} ; P_{lzmnh} \geq P_{lzmnh}^{mp} . \quad (10)$$

Тоді відповідно до введеної раніше міри контролю використання РЧР (1) найбільш повною характеристикою ступеня пристосованості СРЧМ до досягнення цілі (показником ефективності) на контрольованій території в смузі контрольованих частот і на заданому інтервалі часу буде ймовірність

$$P_{lZ} = \bigcup_{l=1}^L \bigcup_{z=1}^Z \rho_z P_{2lk} \left(S_{lk}^k \geq S_{lk}^{mp}, F_{lk}^k \geq F_{lk}^{mp}, T_{lk}^k \leq T_{lk}^{mp} \right) = \bigcup_{l=1}^L \bigcup_{z=1}^Z \bigcup_{m=1}^M \bigcup_{n=1}^N \bigcup_{h=1}^{H_z} \rho_z P_{lzmnh} \left(S_{lzmnh}^k \geq S_{lzmnh}^{mp}, F_{lzmnh}^k \geq F_{lzmnh}^{mp}, T_{lzmnh}^k \leq T_{lzmnh}^{mp} \right). \quad (11)$$

На основі виразів (6) - (11) нескладно отримати часткові (за завданнями) і інтегральні (за рівнями) імовірнісні показники ефективності функціонування СРЧМ з урахуванням охоплення відповідного просторово-частотно-часового континууму. Зокрема, в табл. 4 представлені інтегральні імовірнісні показники ефективності функціонування СРЧМ, РП РЧМ і СРК для планово встановленого часу контролю $T^{(k)}$ (змiна, місяць, квартал, рік).

З аналізу виразу (11) випливає, що в якості показників і критеріїв ефективності функціонування СРК по виконанню зазначених в табл. 2 операцій, можуть бути використані імовірнісні просторові-частотно-часові і точнісні, представлені в табл. 5.

Таблиця 4. Інтегральні ймовірнісні показники ефективності функціонування СРЧМ, РП РЧМ і СРК

Рівень ієрархії	Показник ефективності	Аналітичний вираз
СРЧМ	P_{1L}	$P_{1L} = \bigcup_{l=1}^L P_{2lZMN} (S_l^k, F_l^k, T^k) = f(S^k, F^k, T^k)$
РП РЧМ	P_{2lZMN}	$P_{2lZMN} = \bigcup_{z=1}^Z \bigcup_{m=1}^M \bigcup_{n=1}^N \rho_z P_{3lZmn} (S_{lzm}^k, F_{lzm}^k, T^k) = f(S_l^k, F_l^k, T^k)$
СРК	P_{3lZmn}	$P_{3lZmn} = \bigcup_{z=1}^Z \bigcup_{n=1}^N \rho_z P_{3lZmn} (S_{lzm}^k, F_{lzm}^k, T^k) = f(\Delta S_l^k, \Delta F_l^k, T^k)$
<p>де: $P_{3lZmn} (S_{lzm}^k, F_{lzm}^k, T^k) = \bigcup_{h=1}^{H_z} P_{lzmnh} \left\{ \vec{\eta} \in \Delta S_l^k \wedge \vec{\alpha} \in \Delta F_l^k \times \Delta T^k / P_{0m}(f_n, \beta_n) \wedge P_{1m}(\vec{\alpha}) \right\}$;</p> <p>$\vec{\eta} = \{x_n, y_n\}$ – вектор координат РЕЗ;</p> <p>$\vec{\alpha} = \{f_n, \Delta f_n, \Delta \omega_n, U_n, \tau_n, t_n\}$ – вектор сигнальних ознак випромінювань РЕЗ;</p> <p>f_n – несівна частота;</p> <p>Δf_n – ширина спектру;</p> <p>$\Delta \omega$ – девіація частоти;</p> <p>U_n – напруженість поля;</p> <p>τ_n – тривалість сигналу;</p> <p>t_n – тривалість радіовипромінювання;</p> <p>$P_{0m}(f_n, \beta_n)$ – ймовірність виявлення випромінювання РЕЗ по частоті і напрямку;</p> <p>$P_{1m}(\vec{\alpha})$ – ймовірність ідентифікації випромінювання РЕЗ по вектору сигнальних ознак.</p>		

Таблиця 5. Показники і критерії ефективності функціонування СРК

Найменування показника ефективності	Показник ефективності	Критерій ефективності
1. Імовірність охоплення випромінювань РЕЗ по простору, частоті і часу	$P_{3lZmn} (\Delta S_l^k, \Delta F_l^k, T^k)$	$P_{3lZmn} (\Delta S_l^k, \Delta F_l^k, T^k) \geq P_{3lZmn} (\Delta S_l^{mp}, \Delta F_l^{mp}, T^{mp})$
2. Імовірність пошуку і виявлення випромінювання РЕЗ за частотою і напрямком	$P_{0m}(f_n, \beta_n)$	$P_{0m}(f_n, \beta_n) \geq P_{0m}^{mp}(f_n, \beta_n)$
3. Імовірність ідентифікації випромінювання РЕЗ за вектором сигнальних ознак	$P_{1m}(\vec{\alpha})$	$P_{1m}(\vec{\alpha}) \geq P_{1m}^{mp}(\vec{\alpha})$

4. Середньоквадратична помилка вимірювання напрямку на РЕЗ	$\sigma_m(\beta_n)$	$\sigma_m(\beta_n) \geq \sigma_m^{mp}(\beta_m)$
5. Середньоквадратична помилка ідентифікації координат РЕЗ	$\sigma_m(\vec{\eta})$	$\sigma_m(\vec{\eta}) \geq \sigma_m^{mp}(\vec{\eta})$
6. Середньоквадратична помилка вимірювання сигнальних ознак випромінювання РЕЗ	$\sigma_m(\vec{\alpha})$	$\sigma_m(\vec{\alpha}) \geq \sigma_m^{mp}(\vec{\alpha})$

Для порівняння результатів ефективності функціонування СРЧМ за звітні періоди необхідно визначити систему детермінованих кількісних показників ефективності, значення яких відповідали б значенням відповідних імовірнісних показників, що характеризують заданий рівень якості функціонування системи.

Детермінований підхід до оцінки ефективності функціонування базується на тому положенні, що сукупність завдань радіомоніторингу вирішується в деякій частині просторово-частотно-часового континууму. Результатом операції СРЧМ з урахуванням (1) є проконтролювати частина просторово-частотно-часового континууму

$$Q = V^k = S^k \cdot F^k \cdot T^k$$

Для подальшого розгляду проблеми введемо такі позначення: V/N_Z - радіоспан, яку обіймає радіовипромінювання одного джерела; V^k/N_Z - контрольований радіоспан; $N_Z = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ - загальна кількість випромінювань джерел по під цілях операції, наведених табл. 1.

Тоді за логікою міркувань (5) - (11) введемо узагальнений показник ефективності функціонування СРЧМ по оцінці стану використання РЧР $Q = V^k = S^k \cdot F^k \cdot T^k$:

$$W^V = \left(\frac{V^k}{N_Z}\right) / \left(\frac{V}{N_Z}\right) = \frac{V^k}{V} = \frac{S^k \cdot F^k \cdot T^k}{S \cdot F \cdot T} = \sum_{l=1}^L \sum_{z=1}^Z \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{N_z} \sum_{h=1}^{H_z} \rho_z \frac{\Delta S_{lzmnh}^k \Delta F_{lzmnh}^k \Delta T_{lzmnh}^k}{\Delta S_{lzmnh} \Delta F_{lzmnh} \Delta T_{lzmnh}}, \quad (12)$$

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

де: $\Delta S_{lzmnh}^{\kappa} \Delta F_{lzmnh}^{\kappa} \Delta T_{lzmnh}^{\kappa}$ - просторово-частотно-часовий континуум, контрольований m -им СРК, який виконує h операцій по n -му РЕЗ (або смузі частот) при виконанні z -ої задачі в l -му регіоні;

$\Delta S_{lzmnh} \Delta F_{lzmnh} \Delta T_{lzmnh}$ - просторово-частотно-часовий континуум, на якому зареєстровані РЕЗ (смузи частот);

ρ_z - коефіцієнт важливості задачі;

H_z - загальна кількість операцій, необхідних для вирішення z -ї задачі;

M - загальна кількість СРК;

Z - загальна кількість задач РЧМ;

L - загальна кількість РП РЧМ.

При цьому критерій ефективності визначається вимагаємим значенням показника ефективності, який обґрунтовується виходячи з фінансово-економічних, технічних і організаційних можливостей СРЧМ

$$W^V \geq W^{Vmp} . \quad (13)$$

Розроблена на основі детермінованого підходу система кількісних показників оцінки ефективності функціонування СРЧМ за плановий період $T^{(\kappa)}$ представлена в таблиці 6. Науково-практична значущість і особливості використання показників, наведених у табл. 6, полягають в наступному.

Показник W^V в табл. 6 є основним показником ефективності контролю стану використання РЧР. Часткові показники (W^S , W^F , W^T) можуть бути використані для виявлення резервів підвищення ефективності функціонування СРЧМ з контролю заданих зон дії, частотного діапазону і витрат часу.

Показники 3 і 4 необхідні для оцінки ефективності функціонування стаціонарної та мобільної складових СРЧМ і визначення шляхів їх вдосконалення та взаємодоповнення.

Показник продуктивності 5 доцільно використовувати для оцінки обсягу робіт з радіомоніторингу РЧР, виконаних СРЧМ, регіональними підсистемами і

засобами (СРК) контролю за певний період часу.

Таблиця 6. Узагальнена таблиця показників ефективності функціонування
СРЧМ на всіх рівнях ієрархії

Найменування показника	Аналітичний вираз
1. Показник ефективності контролю використання РЧР	$W^V = \frac{S^K \cdot F^K \cdot T^K}{S \cdot F \cdot T}$
2. Часткові показники ефективності контролю використання виділеного РЧР по території, частотному діапазону і часу	$W^S = S^K / S, \\ W^F = F^K / F, W^T = T^K / T$
3. Показник ефективності функціонування стаціонарної складової СРЧМ	$W^{VC} = \left(\frac{S^{KC} \cdot F^{KC} \cdot T^{KC}}{S \cdot F \cdot T} \right)_{в \text{ зоне ЭМД}}$
4. Показник ефективності функціонування мобільної складової СРЧМ	$W^{VM} = \left(\frac{S^{KM} \cdot F^{KM} \cdot T^{KM}}{S \cdot F \cdot T} \right)_{вне \text{ зоны ЭМД}}$
5. Показник продуктивності СРЧМ за одиницю часу (годину, зміну, добу)	$\Pi = \frac{S^K \cdot F^K \cdot T^K}{T}$
6. Показник ефективності функціонування СРЧМ стосовно рішення сукупності задач оцінки використання РЧР	$W = \sum_{z=1}^Z \rho_z \cdot W_z, \quad \sum_{z=1}^Z \rho_z = 1$
6.1. Показник ефективності контролю відповідності параметрів випромінювань зареєстрованих РЕЗ нормативним документам	$W_1^V = \frac{N_1^K \cdot F^K \cdot T^K}{N_1 \cdot F \cdot T}$
6.2. Показник ефективності контролю зайнятості смуг радіочастот	$W_2^V = \frac{S^K \cdot \Delta F_2^K \cdot T^K}{S \cdot F \cdot T}, \quad \Delta F_2^K = \sum_{n=1}^{N_2} n \cdot \Delta f_n$
6.3. Показник ефективності виявлення незаконно діючих передавачів	$W_3^V = \frac{N_3^K \cdot F^K \cdot T^K}{N_3 \cdot F \cdot T}$
6.4. Показник ефективності виявлення джерел радіозавад роботі РЕЗ	$W_4 = \frac{N_4^K \cdot F^K \cdot T^K}{N_4 \cdot F \cdot T}$
7. Показник ефективності рішення задач контролю РЧР за рахунок реалізації нових властивостей системи	$W_z^{(V)} = \sum_{z=1}^Z \frac{W_z^V - W_z^{HV}}{1 - W_z^{HV}}$

Показники 6 дозволяють оцінити ефективність СРЧМ по вирішенню основних задач оцінки використання РЧР. При цьому показники 6.1, 6.3, і 6.4

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

визначають ефективність радіомоніторингу кількості РЕЗ, незаконно діючих передавачів(НДП) і ДРВ, розміщених на території, з урахуванням їх охоплення по частотному діапазону і витрат часу, а показник 6.2 - ефективність радіомоніторингу кількості зайнятих смуг частот з урахуванням їх охоплення по території і часу. У представленому вигляді показники 6 доцільно використовувати при безперервному процесі радіомоніторингу (контролю). При виявленні НДП і джерел радіозавад завжди існує апіорна невизначеність щодо їх місця розташування, частотних характеристик випромінювання і часу роботи. Дана обставина істотно знижує ймовірність і відповідно ефективність виявлення НДП і джерел РП при проведенні періодичного контролю. У цьому випадку для визначення показника ефективності виявлення НДП доцільно використовувати підхід, при якому на основі результатів радіомоніторингу в попередні періоди часу прогнозується загальна кількість НДП в зоні відповідальності СРЧМ на поточний (плановий) період, $N_3 = N_3^{np}$. Одночасно для визначення показника ефективності виявлення джерел радіозавад необхідно використовувати відомий підхід, заснований на задоволенні заявок користувачів РЧР про наявність завад у виділених смугах частот $N_4 = N_4^3$. Якщо на виявлення НДП і джерел радіозавад керівним органом встановлюється директивний час $T^{\partial\psi}$, то для додаткової оцінки ефективності вирішення цих задач можна використовувати показник оперативності

$$(W_z^{on})_{z=3,4} = T_z^{\partial\psi} - T_z^{\kappa} / T_z^{\partial\psi}. \quad (14)$$

Цей показник може набувати значень від 0 до 1. При від'ємному значенні показника (14) завдання вважається невиконаним.

Техніко-виробничі показники ефективності 6 за рішенням сукупності задач оцінки використання РЧР служать основою для розрахунку як інтегральних, так і виробничих показників ефективності функціонування СРЧМ і її регіональних підсистем.

Показник 7 табл. 6 характеризує ефективність вирішення задач контролю РЧР за рахунок реалізації нових властивостей системи. Цей показник являє собою нормований відносний приріст ефективності рішення z -ої задачі за рахунок удосконалення СРЧМ, значення якого повинно знаходитися в інтервалі $(0 \dots 1)$. При цьому ефективність рішення z -ої задачі при реалізації ідеальної системи дорівнює одиниці, а для реальної системи ця величина завжди буде менше одиниці. Якщо ефективність рішення z -ої задачі по планованому удосконаленню СРЧМ стає менше існуючої, то показник 7 приймає значення менше нуля, що свідчить про негативний ефект.

Відповідно до виразу (12) і табл. 6 процедура оцінювання ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ полягає в розрахунку показників ефективності 6, 5, 4, 3 на рівнях СРК і РП РЧМ. За значеннями цих показників розраховуються показники ефективності стаціонарної 3 і мобільної 4 складових СРЧМ, а потім - показник ефективності функціонування СРЧМ в цілому, наведений в рядку 1 табл. 6.

Запропонований методологічний підхід і розроблена єдина система показників можуть застосовуватися для оцінювання ефективності функціонування будь-яких з національних СРЧМ з мінімальною адаптацією до специфіки функціонування конкретної системи і її основних складових.

ВИСНОВКИ

Для оцінки ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ запропоновано і обґрунтовано використання просторово-частотно-часового методу, який встановлює діалектичний зв'язок між об'єктивно існуючим в просторово-частотно-часовому континуумі РЧР та ступенем його охоплення радіомоніторингом. Використання даного методу дозволило визначити міру радіомоніторингу у вигляді контрольованого просторового-частотно-часового континууму існування РЧР та головну ціль функціонування (ведення радіомоніторингу) СРЧМ у вигляді функції цілепокладання контрольованого і виділеного просторово-частотно-часових континуумів.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Для обґрунтованої трирівневої ієрархічної моделі СРЧМ України в смугах частот загальних користувачів у відповідності з головною метою її функціонування і завданнями на основі системного підходу визначено декомповані підцілі і побудовано «дерево» цілей, підцілей та операцій на відповідних рівнях ієрархії: СРЧМ, РП РЧМ і СРК. Такий підхід забезпечує аналіз будь-якої СРЧМ як цілісного утворення, в якому між структурою і функціями існує взаємозв'язок та взаємозумовленість, з урахуванням всієї сукупності завдань і технічних характеристик її підсистем та елементів.

Для кількісної оцінки результату операції, проведеної СРЧМ, запропоновано узагальнений показник результату операції у вигляді вектора, компоненти якого суть показники найбільш важливих окремих результатів, що відбивають результативність, ресурсомісткість і оперативність операції. Подання узагальненого показника результату операції у вигляді степеневі функції дозволяє отримати систему показників, що включає як зазначені основні показники, так і найважливіші похідні показники по продуктивності і ефективності-вартості. У загальному випадку ця система показників забезпечує оцінювання технічної, економічної, виробничої, техніко-економічної та техніко-виробничої ефективності функціонування СРЧМ, РП РЧМ і СРК по досягненню головної цілі: оцінки використання національного РЧР.

На основі просторово-частотно-часового методу розроблена комплексна система техніко-виробничих показників і критеріїв, що дозволяє оцінювати ефективність функціонування СРЧМ на різних рівнях її ієрархії. Комплексна система показників включає групи імовірнісних та детермінованих показників, що характеризують ефективність техніко-виробничої діяльності по досягненню цілей функціонування СРЧМ, її підсистем і елементів.

Система імовірнісних показників ефективності призначена для якісної оцінки потенційної ефективності ведення радіомоніторингу СРЧМ і прогнозу її розвитку на наступні періоди. Крім того, вона дозволяє також оцінити ефективність ведення радіомоніторингу існуючими СРК і пред'явити вимоги до модернізованих і перспективних засобів.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Детермінована система показників, сформована в рамках запропонованого підходу, дозволяє оцінювати ефективність ведення радіомоніторингу СРЧМ з метою отримання даних, необхідних для управління використанням РЧР, та може застосовуватися на різних рівнях організаційної структури даної системи, починаючи з досягнення загальних цілей системи і закінчуючи окремими операціями РЧМ.

Розроблені математичні моделі, методи та алгоритми впроваджені в навчальний процес на кафедрі «Інформаційно-мережевої інженерії» Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) та використовувались при виконанні двох планових і в чотирьох госпрозрахункових науково-дослідних робіт (відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України) Проблемною науково-дослідною лабораторією радіомоніторингу і обробки радіотехнічної інформації Науково-дослідного центру інтегрованих інформаційних систем і технологій науково-дослідної частини ХНУРЕ.

6.3 Розроблення технології пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної і рослинної сировини

Стаття присвячена питанню розроблення технології пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної і рослинної сировини у закладах ресторанного господарства.

Виробництво та споживання продуктів на основі молочних пастоподібних напівфабрикатів з додаванням висушених яблук та горіхів є доцільним для організму людини та актуальним на сьогоднішній день. Його актуальність можна розглядати з точки зору органолептичного задоволення, позитивного впливу на організм людини та простоти використання в харчовій продукції.

У дослідженнях використано органолептичний, фізичний, фізико-хімічні та розрахункові методи. Вплив різної кількості продукції на фізико-хімічні показники та технологічний процес та якість вихідної продукції.

Досліджували фізико-хімічні та технологічні властивості молочного білка, каррагінану, оливкової олії, морквяного порошку, горіхів лісових. Готовий виріб досліджували за фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Запропоновані науково обґрунтовані розробки сприятимуть організації здорового харчування людей різних конституцій за аюрведичними приписами, дозволять розширити асортимент страв закладів ресторанного господарства.

Поставка проблеми:

Для закладів ресторанного господарства головним моментом в створенні якісної продукції та підвищення прибутку, є правильно побудована система управління та управління процесом виробництва, для поліпшення процесу виробництва запроваджують нові методики та виготовляють нові напівфабрикати різного виду обробки. Тому одним з напрямків є запровадження новітньої продукції для прискорення процесу виробництва, одними із таких є напівфабрикати високого ступеня готовності, оскільки вони мають переваги перед іншими напівфабрикатами:

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

- Простота виготовлення, оскільки вони прості в виготовленні, але мають невеликий термін зберігання, їх можливо готувати невеликими партіями для постійного використання та подальшого виготовлення.

- Високі органолептичні властивості, такі напівфабрикати можуть бути як додатком до страви або соусу й виступати в якості допоміжного компоненту, так і виступати в якості одного з основних компонентів страви.

- Фізико-хімічні властивості, деякі напівфабрикати високого ступеня готовності мають в'язку структуру, та можуть поліпшувати фізико-хімічні властивості продукту, надаючи йому правильної консистенції без використання висококалорійної продукції або хімічних загусників, що дозволяє підвищити органолептичні властивості.

- Дозволяють отримати готову продукцію, яка характеризується високими споживчими властивостями без використання хімічних добавок та консервантів.

- Універсальність, пастоподібні напівфабрикати являються універсальними й можуть одночасно використовуватись на багатьох процесах виробництва.

- Дозволяють вирішити проблему великої кількості відходів на підприємстві, за рахунок використання в них вторинної сировини, наприклад під час чищення моркви залишається багато відходів у вигляді шкірки, її можна використовувати в якості висушеної та подрібненої добавки, яка підвищить органолептичні властивості розроблюваного напівфабрикату високого ступеня готовності.

Тому через великий спектр позитивних властивостей та переваг використання напівфабрикатів високого ступеня готовності в закладах ресторанного господарства, постає питання в огляді літератури, для знаходження уже існуючих напівфабрикатів, визначення їх асортименту, визначення показників якості та знаходження їх проблеми та недоліків для створення новітнього напівфабрикату високого ступеня готовності з поліпшенням методу виготовлення, зменшення відходів під час виробництва або їх повного уникнення, підвищення строку зберігання й найголовніше – це підвищення

органолептичних властивостей та універсальність використання на багатьох процесах виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В асортименті напівфабрикатів із молочних продуктів лідируючу позицію посідають традиційні вироби з використанням молока.

Використання молока при виготовленні напівфабрикатів високого ступеня готовності може нести за собою багато ризиків, в той час як використання молочних білків при виготовленні напівфабрикатів є в рази спрощеним варіантом та більш безпечним.

Це позначається на якості вихідної продукції вироби із молока мають менший строк придатності споживання та являють собою придатне середовище для розмноження шкідливих мікроорганізмів, в той час як використання молочних білків несе за собою позитивні сторони, у вигляді контролю щодо насичення вихідної продукції необхідною кількістю поживних речовин, тобто їх можливо регулювати.

На внутрішньому ринку бізнес із виробництва напівфабрикатів високого ступеня готовності знаходиться на стадії становлення, формування попиту. Водночас на глобальному рівні ринок демонструє впевнене зростання. Наприклад, ринок Європи, будучи досить зрілим (оцінюється в 36 млрд. дол. США), продовжує зростати з CAGR 2,4% у Великій Британії, 2,2% – у Норвегії, та 4% – в Італії [210].

Великі обсяги та динамічне зростання сегменту пояснюється, насамперед, простотою приготування – готові страви достатньо розігріти в мікрохвильовій печі або в духовці. В даний час на світовому ринку представлений величезний асортимент такого типу їжі – це м'ясні другі страви (найпопулярніші – паста болоньезе та курка каррі), вегетаріанська їжа, десерти, також популярністю користується заморожена піца [210].

Головна перевага перед звичною для українського споживача кулінарією – термін зберігання таких напівфабрикатів (при температурі -18°C їжа може зберігатися до півроку). Європа домінує на глобальному ринку готової їжі,

MarketLine оцінює регіональний ринок у 35,9 млрд. дол. США. Примітно, що на 4 країни припадає 72% внутрішнього ринку, що стосується решти 2 – їх частки європейського ринку незначні, по жодній країні даний показник не перевищує 4% [210].

На сьогоднішній день існують декілька розроблень в напрямі пастоподібних продуктів на основі молочної сировини.

Пастоподібний продукт переробки молока та його використання, для отримання пастоподібного продукту з переробки молока, відмінного за властивостями розтяжності та вологоутримування, який можна помістити на тісто для піци, а також рівномірно розтягнути та випікати, а також здатний додати йогуртовий смак до текстури, необхідної для піци, маюючи фігуру, буква тощо на верхній поверхні піци завдяки кращим властивостям збереження форми, ніж у соусу тощо, та виражає дизайн відповідно до намірів готувача піци [211].

Цей пастоподібний продукт переробки молока отримують шляхом сквашування сировини для переробки молока, що містить 8 мас.% твердої речовини знежиреного молока і 3 мас.% молочного жиру, завантаженням високометоксильного пектину в ферментований матеріал при рН ферментований матеріал досягає приблизно 4,5, гомогенізуючи матеріал, зріджуючи гомогенізований матеріал, потім завантажуючи каррагінан, нагріваючи отриману суміш до 80°C і желатинізуючи матеріал [211].

Молочний продукт за даним винаходом являє собою пастоподібний молочний продукт, в якому тверді речовини ферментованого продукту, отриманого з молока, желюються, і має утримання води 40% або більше. Розширюваність становить 1,8 або більше. Оброблений молочний продукт цього винаходу має утримання води 40% або більше [211].

Спосіб отримання пастоподібних молочно-білкових продуктів, відомий спосіб отримання сухого молочного білкового продукту, згідно з яким молочний білок термокальцієвого осаджування обробляють у колоїдному млині, до

отриманої маси додають знежирене молоко, потім гомогенізують і сушать маслом або їх суміш [212].

Сухий молочний білок, отриманий цим методом, є нерозчинною формою і не використовується в їжу людиною, але служить підсилувачем білка, наприклад, у ковбасному виробництві. При приготуванні цього продукту використовуються загальні технологічні прийоми, що застосовуються у виробництві молочно-білкових паст, наприклад, дисперсія та інші. [212].

Відомий також спосіб отримання пастоподібних продуктів з нерозчинної форми молочного білка, згідно з яким білкову основу отримують з вологого молочного білка термокалієвим методом осадження шляхом його диспергування на колоїдному млині, додаванням до отриманої білкової основи. Їх ароматизують, змішують в тістомісильній машині і упаковують. Однак отриманий зазначеним способом продукт має неоднорідну консистенцію і нестійкий при зберіганні. Метою винаходу є підвищення якості готового продукту [212].

З цією метою для приготування білкової основи пропонується використовувати сухий молочний білок, який перед диспергуванням змішують з дисперсантом, дають суміші відстоятися, а після введення наповнювачів в отриману білкову основу суміш перемішують. пастеризовані та повторно дисперговані. У цьому випадку зміщення сухого молочного білка з дисперсантом здійснюється у співвідношенні 1:4 [212].

Формування цілей статті:

Метою статті є розроблення напівфабрикату високого ступеня готовності для закладів ресторанного господарства, який буде насичений поживними речовинами, мати позитивний вплив на здоров'я людини. за рахунок простоти виготовлення продукції та великого спектру застосування обґрунтувати доцільність використання в багатьох напрямках виготовлення продукції.

У дослідженнях нами було використано органолептичний, фізичний, фізико-хімічні та розрахунковий методи.

Виклад основного матеріалу дослідження

Була проведена робота, щодо аналізу базової рецептури напівфабрикату, його виготовленню та знаходженню недоліків [4]. До її складу входять такі компоненти, що відповідають вимогам нормативної документації:

- Молоко – ДСТУ 2661:2010.
- Вуглеводний сироп – ДСТУ 4498:2005.
- Лісові горіхи – ДСТУ 8298:2015.
- Яблука – ДСТУ 8133:2015.

Виготовлення даної молочної пасти, а саме її загущення проходило шляхом додавання вуглеводного сиропу та використання низькотемпературних методів, а саме за допомогою використання вакуумного кристалізатора, цей метод затрачає забагато часу та енергії й новітніх технологій, що не кожне виробництво може собі дозволити.

Саме тому було розроблено інноваційну технологію молочної пасти з використанням більш доступних методів, сировини з подовженим строком зберігання та підвищеною харчовою цінністю, а саме молочної пасти з використанням сушеної тваринної і рослинної сировини.

Такий пастоподібний напівфабрикат на основі сушеної рослинної та тваринної сировини виготовляється за допомогою таких компонентів:

- Молочний білок - ДСТУ 8063:2015.
- Каррагінан – E407, сертифікат якості.
- Оливкова олія - ДСТУ 5065:2008.
- Морквяний порошок – сертифікат якості.
- Горіхи лісові - ДСТУ 8298:2015.
- Вода питна – ДСТУ 7525:2014.

Її виготовлення спрощене, а органолептичні та фізико-хімічні показники покращені за допомогою використання нових продуктів харчування.

Після вибору інноваційної сировини наступним етапом досліджень було вивчення технологічних властивостей модельних систем, визначення

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

найкращого співвідношення задля отримання ідеальної продукції, рецептурний вміст у відсотках який представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Рецептури модельних систем, %

№	Сировина	М.с. 1	М.с. 2	М.с. 3	М.с. 4
1	Молочний білок	40	40	40	40
2	Каррагінан	0.5	1	1.5	2
3	Оливкова олія	0.5	1	1.5	2
4	Морквяний порошок	3	5	7	9
5	Лісові горіхи	26	23	20	17
6	Вода	30	30	30	30
Разом		100	100	100	100

Після складання чотирьох модельних систем, проведемо дослідження адгезії, адгезія харчових продуктів частіше є небажаною. Вона негативно впливає на ефективність використання обладнання. якість продукту, призводить до збільшення витрат сировини і енергетичних ресурсів. Дані адгезії представлені в табл. 2.

Таблиця 2. – Дослідження адгезії модельних систем (М.С.3)

М.С. 1, кПа	М.С. 2, кПа	М.С. 3, кПа	М.С.4, кПа	Контроль, кПа
1200	928	1012	900	1315

Через використання карагінану в поєднанні з оливковою олією та морквяним порошком, а саме різним вмістом в залежності від модельної системи, ми можемо наглядно бачити як різні модельні системи утримують жир.

Після виготовлення чотирьох зразків, проводимо органолептичний аналіз та оцінку для виявлення найкращого співвідношення сировини, за такими даними як колір, аромат, смак та консистенція, дані органолептичної оцінки модельних систем представлено в табл. 3.

Таблиця 3. – Органолептична оцінка модельних систем

Модельна система	Колір	Аромат	Смак	Консистенція	Загальний бал
М.С. 1	4.1	4.1	3.9	3.8	3.9
М.С. 2	3.9	3.8	3.8	3.9	3.8
М.С. 3	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9
М.С. 4	4.1	3.9	3.9	4.2	4

Після проведення оцінки розроблених модульних систем за органолептичними показниками, найкращий результат за органолептичною оцінкою показує модельна система №3. Далі досліджуємо всі чотири модельні системи на седиментаційну та агреговану стійкості. Седиментаційна стійкість – це процес осідання часток під дією сил тяжіння У будь-якій суспензії тверді частки речовини будуть седиментуватися зі швидкістю, що залежить від ступеня дисперсності твердих часток і деяких інших факторів. Тобто чим довше часточки осідатимуть, тим краще виготовлена суспензія, а саме вона являється більш стійкою. Для отримання точних та наглядних результатів кожна модельна система буде дослідження на седиментаційну стійкість впродовж однієї години, в першу чергу потрібно дослідити швидкість руху, тобто осідання часточок результати представлені на рис. 1.

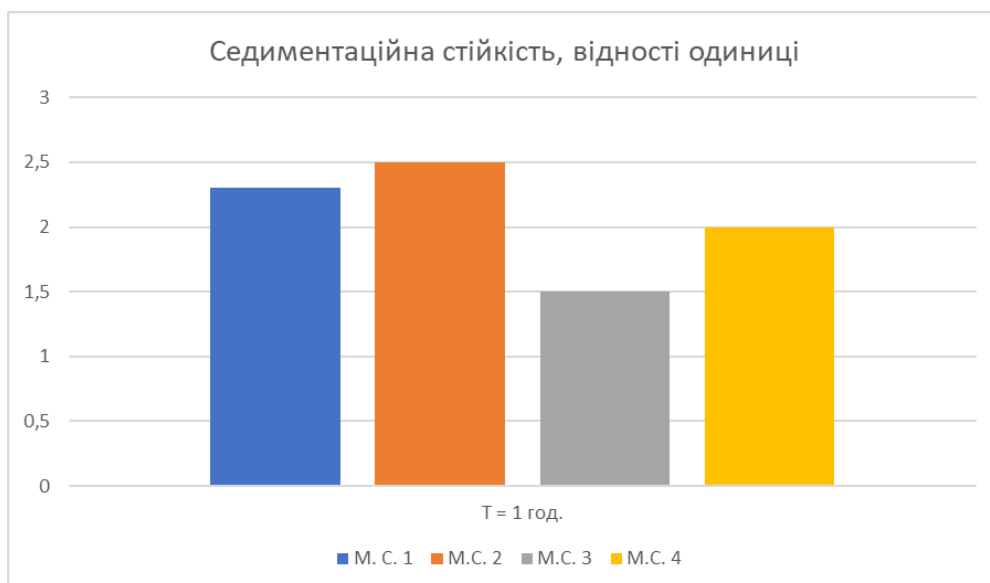


Рис. 1 – Швидкість руху часточок в чотирьох модельних систем.

На рис. 1., ми спостерігаємо що найдовше осідають часточки за модельною системою №3, тобто швидкість осідання прямо пропорційно залежить від радіуса дисперсної фази та дисперсійного середовища і обернено пропорційна в'язкості дисперсійного середовища, це вказує на більшу стійкість суспензії, оскільки стійкість — величина за своїм значенням обернена до швидкості, тому можливо дослідити стійкість суспензії яка буде вказана на рис. 2.

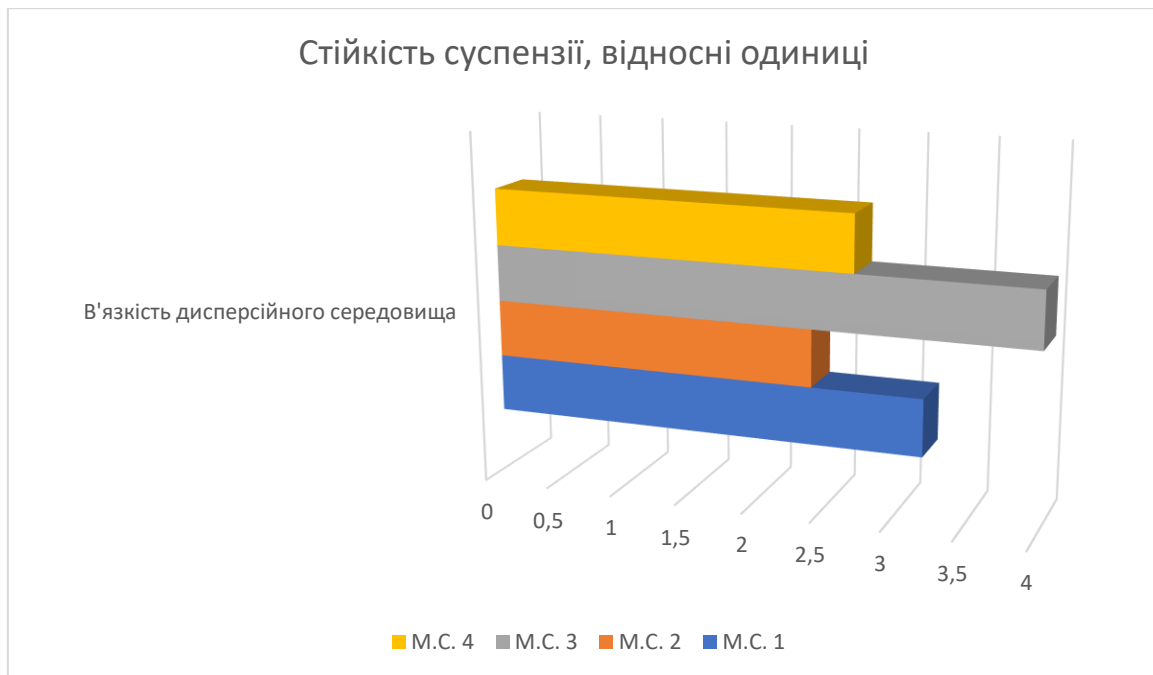


Рис. 2 – Стійкість суспензії чотирьох модельних систем

На рис. 2., стійкість суспензії буде тим більша, чим менший радіус часток дисперсної фази, чим подібніша густина фази і середовища, чим більша в'язкість дисперсійного середовища, саме модельна система №3 показує найкращі результати щодо стійкості суспензії.

Надалі проводимо дослідження агрегативної стійкості, агрегативна стійкість – це здатність зберігати однорідну консистенцію, а також початкові реологічні та седиментаційні характеристики протягом тривалого часу при зберіганні, дослідження проводитимуться протягом 2 днів, найкращим результатом буде модельна система, яка протягом збереження 2 днів та постійною перевіркою кожних 12 год., не втратить своєї структури, визначення проводиться різницею густини в товщині або виділенням на поверхню суспензії

шару чистої води. Результати агрегативної стійкості представлено у вигляді графіку зміни консистенції протягом 2 днів на рис. 3.

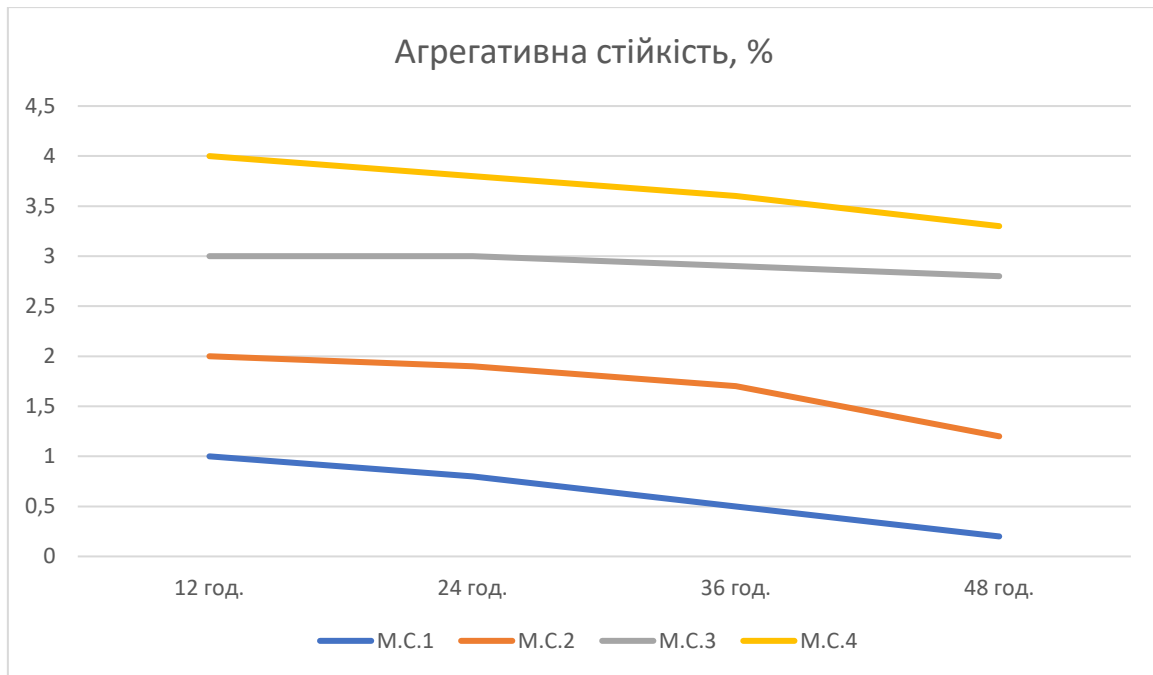


Рис. 3. – Агрегативна стійкість модельних систем протягом 48 год.

Під час проведення дослідження чотирьох модельних систем протягом 48 год., ми спостерігаємо, що модельні системи №1,2,3 та 4 втрачають стійкість своєї структури, найменш за всіх стійкість структури втрачає модельна система №3, яка показує стабільні результати протягом 24 год., та втрачає незначну стійкість, яка входить в рамки дозволених втрат структури протягом певного часу.

Під час практичних досліджень було виявлено, що за органолептичними показниками, седиментаційною та агрегативною стійкістю, модельна система №3, показала найкращі результати та обрана для проведення наступних досліджень під діями температур.

Далі проводимо визначення в'язкості саме модельної системи №3 під дією температури, для отримання оптимального результату дані заносимо до табл. 4.

Таблиця 4. – В'язкість модельної системи під впливом температури

№ модельної системи	Температура	В'язкість, Па*с	Результат
3	70	1200	Консистенція після застигання залишилась неоднорідною, рідкою в деяких місцях.
	75	1300	При температурі 75°C каррагінан в поєднанні з іншими компонентами проявив найкращу в'язкість та утворив найстабільнішу консистенцію.
	80	1720	Консистенція після застигання залишилась неоднорідною. Присутні невеликі грудочки продукції.

Виходячи з практичних результатів досліджень, найкращим варіантом для виготовлення інноваційної молочної пасти буде співвідношення у процентному складі за модельною системою №3, вона показує найкращі органолептичні показники та результати за в'язкістю.

Для більш кращого утворення пасти потрібно провести аналіз розчинення карагінану та утворення ним в'язкої системи під дією різних температур із взаємодією інноваційних компонентів, після проведення цього аналізу було визначено, що модельна система №3 показує найкращі результати в зв'язуванні, утриманні форми та однорідності консистенції під дією температури в 75°C, але для отримання найбільш оптимального варіанту потрібно провести повний органолептичний аналіз, для виявлення недоліків та переваг під впливом різних температур, саме тому проводимо дослідження технологічних параметрів

теплового оброблення пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної та рослинної сировини.

Для отримання більш яскравого контрасту та знаходження всіх недоліків та переваг використання найкращої за попередніми дослідженнями модельної системи №3 під дією різних температур, розглянемо органолептичні показники пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної рослинної та тваринної сировини приготованої за різних температур для визначення найкращої взаємодії каррагінану з іншою інноваційною сировиною та виявлення ідеального зразку. Дані органолептичних показників в залежності від температури до табл. 5.

Таблиця 5. – Органолептичні показники в залежності від температури

№	Температура, °С	Органолептичні показники
1	70	Під дією температури в 70°С, готова продукція показує неоднорідність у вигляді рідкого стану, що вказує на неповне розчинення карагінану під дією такої температури. Що в свою чергу впливає на смак продукції, роблячи сприйняття неприємним. Колір продукції неоднорідний з вкрапленнями.
2	75	Під дією температури в 75°С, готова продукція показує найкращу однорідність та в'язкість, що свідчить про повне розчинення карагінану. Смак відповідає вхідним компонентам, колір однорідний без вкраплень.
3	80	Під дією температури в 80°С, готова продукція показує неоднорідність у вигляді грудочок, що вказує на занадто велику температуру для приготування молочної пасти. Смак відповідає вхідним компонентам. Колір неоднорідний через наявність грудочок.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Під час проведення органолептичного аналізу пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної та рослинної сировини було виявлено, що найкраща температура для проведення пастеризації, тобто теплового оброблення інноваційної сировини – це 75°C, після проведення пастеризації ми отримуємо ідеальний результат за однорідністю та в'язкістю – це свідчить про повне розчинення каррагінану та його правильну взаємодію з іншими компонентами пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної рослинної та тваринної сировини.

Після проведення дослідження з температурою 70°C, ми отримуємо недостатньо в'язкий та однорідний продукт, який поступається органолептичними та фізико-хімічними властивостями, а саме це свідчить про неповне розчинення карагінану при такій температурі.

Приготування при температурі в 80°C вказує на неоднорідність готової продукції, наявність грудочок у складі, що вказує на досить високу температуру приготування.

Під час проведення пастеризації ми повинні витримати певний час для знищення можливих бактерій які можуть міститись в виготовлюваній продукції, саме температура 75°C вказує на бажаний результат органолептичних та фізико хімічних показників з дотриманням часу проведення пастеризації. Саме тому для розроблення рецептури та технології пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної рослинної та тваринної сировини було обрано температуру 75°C.

На підставі досліджень, постає завдання в розробленні технології пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної і рослинної сировини, розроблену за допомогою співвідношень інноваційної продукції по модельній системі №3 та пастеризацією за температури 75°C, під час проведення якої отримуємо ідеальну продукцію, дані заносимо до табл. 6.

Таблиця 6. – Пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної
і рослинної сировини

№	Найменування сировини	100 г. готової продукції		1 кг. Готової продукції	
		Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
1	Молочний білок	40	40	400	400
2	Карагінан	1.5	1.5	15	15
3	Оливкова олія	1.5	1.5	15	15
4	Морквяний порошок	7	7	70	70
5	Горіхи лісові	26	20	260	200
6	Вода	30	30	300	300
Вихід		-	100	-	1000

Після виготовлення інноваційної продукції встановлюються органолептичні та фізико-хімічні показники, які вказані в табл. 7.

Таблиця 7. – Органолептичні властивості пастоподібного напівфабрикату
на основі сушеної тваринної і рослинної сировини

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Пастоподібний напівфабрикат, приємного світло-помаранчевого кольору, без ушкоджень та нерівностей.
Колір	Світло-помаранчевий.
Аромат	Молочно-горіховий аромат з відділками моркви.
Смак	Ніжний молочно-горіховий смак, без зайвих смаків та присмаків.
Консистенція	Однорідна, без зайвих грудочок та вкраплень

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

В табл. 7., представлені органолептичні показники ідеальної продукції після завершення повного процесу виготовлення. Для визначення фізико-хімічних показників в порівнянні з контролем складемо табл. 8.

Таблиця 8 – Фізико хімічні показники пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної та рослинної сировини

Властивості	Показник, інноваційний	Показник, контроль
Масова частка вологи	30% ± 2%	50% ± 2%
Титрована кислотність	20°Т	23°Т
Масова частка жиру	3,4%	5,7%
Вміст клітковини	1,2%	0,8%

Після проведених досліджень, ми отримали очікувані показники інноваційної продукції.

Висновки

З аналізу літературних джерел встановлено, що на сьогоднішній день використання напівфабрикатів високого ступеня готовності є доцільним, з приводу швидкого розвитку Українського ринку в напрямку напівфабрикатів високого ступеня готовності та невеликою кількістю подібних напівфабрикатів.

Основою розробки став напівфабрикат на основі сушеної тваринної та рослинної сировини, який відрізняється від контролю легшим способом виготовлення, великим терміном зберігання більшості інноваційних компонентів, покращеною структурою виробу, своїми жирутримуючими та емульгуючими властивостями.

Обґрунтовано вибір сировини тваринного та рослинного походження, їх комбінування та параметри попереднього оброблення.

Розроблені модельні системи, за допомогою яких проводились дослідження та визначалось найкраще співвідношення продукції за допомогою дослідження адгезії, седиментаційної стійкості, стійкості суспензії, агрегативної стійкості.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Проведено дослідження пастеризації продукції під дією різних температур, за допомогою чого була визначена ідеальна температура, а саме 75°C впродовж 15 хвилин, для проведення пастеризації.

Розроблена поетапна рецептура приготування пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної та рослинної сировини, технологічна схема приготування, органолептичні та фізико-хімічні показники готової продукції, хімічний склад.

Були пройдені всі етапи для теоретичного обґрунтування доцільності виготовлення інноваційної сировини як з точки зору маркетингу, так і з точки зору технології, етапи практичного встановлення її унікальних властивостей та виготовлення пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної і рослинної сировини, обґрунтування її можливих напрямків використання в закладах ресторанного господарства.

6.4 Бірлесіп оқыту арқылы бастауыш сынып мұғалімдерінің сындарлы дағдыларын дамыту құрылымы

Мақалада қазіргі бастауыш сынып мұғалімін инновациялық құралдармен кәсіби даярлау мәселелері қарастырылады. Зерттеудің мақсаты оқытудың бірлескен әдістерін пайдалана отырып, болашақ бастауыш сынып мұғалімдерінің сындарлы дағдыларын қалыптастыру және дамыту моделін әзірлеу және оның мұғалімнің кәсіби дағдыларына әсерін талдау болып табылады.

Бірлескен оқыту әдісі жалпы коммуникативті контекстке батыруды ескере отырып, мәселені бірлесіп шешуді қамтиды.

Әзірленген модель конструктивті дағдыларды оқыту кезеңдерінде аудиториялық және сыныптан тыс ынтымақтастықты қамтиды. Оқытудың құрамдас бөліктерінің бірі-оқу материалын жобалау дағдыларын қалыптастыру. Оқу материалын құрастыруда ынтымақтастықты пайдалану болашақ бастауыш сынып мұғалімдерінде сындарлы дағдыларды қалыптастырудың маңызды және тиімді әдісі болып табылады.

Педагогика саласында білікті мамандарды даярлау мемлекеттік білім беру жүйесінің басты проблемаларының бірі болып табылады.

Бастауыш инновациялық мектеп заманауи технологияларды енгізумен және оқыту әдістерін дамытумен сипатталады, бұл бастауыш сынып мұғалімдерінің кәсіби дайындығына қойылатын талаптарды арттыруды талап етеді. Қазіргі жағдайда мамандарды даярлауға қойылатын талаптар жылдан жылға артып келеді. Бұл білім беру саласындағы болашақ мамандарға да қатысты. Ресейлік білім беру жүйесі университет түлектерінің жоғары кәсіби бағдарымен сипатталады. Мұғалімдерді даярлау саласындағы өзгерістер тек кәсіби құзыретті ғана емес, сонымен қатар оқу материалын өз бетінше құрастыруға және үздіксіз өз бетінше білім алумен айналысуға қабілетті мамандарды (бастауыш сынып мұғалімдерін) даярлауға байланысты мәселелерді қозғады, бұл зерттеудің өзектілігін анықтады [214].

Қазіргі жағдайда болашақ мамандардың маңызды дағдысы конструктивті дағдылар болып табылады. Конструктивті дағдыларға мұғалімнің жаңадан құрылған оқу пәндері бойынша материалды таңдау және құрылымдау қабілеті, сондай-ақ таңдалған материалдың оқушылардың белгілі бір қасиеттерін дамытуға әсерін ескере отырып, алдағы сабақта оқу және Оқу ақпаратының мазмұнын таңдау және құрылымдау жатады. Сондықтан болашақ мамандардың сындарлы дағдыларын дамыту мәселесі қазіргі дидактикада бірінші орынға шығады. Шын мәнінде, университеттерде болашақ мамандарда осы дағдыларды жүзеге асырудың нақты моделі жоқ. Мақсатқа жетудің ең ыңғайлы құралы-конструктивті дағдыларды дамытуда бірлескен әдістерді қолдану [215, с.98].

Бірлескен оқыту мәселені шешуде немесе жаңа өнімді әзірлеуде студенттердің бірлескен командалық жұмысын қолдануды қамтиды. Бұл жағдайда студенттер әріптестерімен өзара әрекеттесуге, идеяларын ұсынуға және қорғауға, тұжырымдамаларды таңдауда сенім мен күмәнмен алмасуға мүмкіндік алады. Сонымен қатар, ынтымақтастық болашақ мұғалімдердің әлеуметтік, танымдық және эмоционалды тұлғасын дамытуда шешуші фактор болып табылады.

Ынтымақтастық стратегиясы бес негізгі элементтен тұрады:

1. тікелей өзара әрекеттесу;
2. әлеуметтік дағдыларды дамыту;
3. жеке жауапкершілік;
4. оң өзара тәуелділік;
5. ақпаратты өңдеудің ең жақсы дағдылары.

Бірлесіп оқытуды ұйымдастыру студенттердің дағдыларын үйлестіруге және олардың құзыреттерін бекітуге ықпал етеді. Бұл, әрине, стратегиялық актив болып табылатын құзыреттерді қалыптастыру кезінде жұмыста қолданылатын білімнің өсуіне ықпал етеді. Бірлесіп оқыту процесінде білімді біріктіру және жеке оқу ортасын құру және білімді құзыреттілікке интеграциялау арқылы "оқытудың табиғилығы" әсері жасалады. Оқытудың ашық және жабық түрлерінің үйлесуі болашақ бастауыш сынып мұғалімдерінің білім беру

процесінде тиімді әлеуметтік өзара іс-қимыл мен шығармашылық белсенділікті ынталандыруға ықпал етеді. Бірлескен әдістерді қолдану бірнеше ішкі процестерден тұрады, олар ауысу процесін қамтиды: ашық білім жасырын (сыртқы); жасырын (әлеуметтену, біріктіру); жасырын ашық.

Барлық ішкі процестер тәжірибе алмасуға ықпал етеді, оның барысында психикалық модельдер мен техникалық дағдылар қалыптасады. Олар бастауыш сынып мұғалімдерінде конструктивті білімді қалыптастыру моделінің негізгі элементтерін құрайды.

Модельге топтық жобаларды пайдалану, бірлескен даму, желілік өзара іс-қимыл және т.б. кіреді. бірлескен оқытудың ерекшелігі-оның уақыт бойынша ұзақтығы, бірақ сонымен бірге бір-бірімен және оқытушымен қарым-қатынасқа тұрақты қол жетімділікті сақтау [217]. Бұл факт болашақ бастауыш сынып мұғалімдерінде сындарлы дағдыларды дамыту моделін қалыптастыруда осы әдістерді қолданудың орындылығын анықтады. Бұл дағдылардың ең толық ашылуы 1-кестеге сәйкес біздің құрылымымыздың негізін құрайтын жобалық өзара әрекеттестікте көрсетілген.

1 кесте. Болашақ мұғалімдердің сындарлы дағдыларын дамыту құрылымы



PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Жоғарыдағы диаграмма модельдің әр компонентінің негізгі көрсеткіштерін егжей-тегжейлі көрсетеді. Мотивациялық компоненттің жалпыланған көрсеткіші болашақ мұғалімдерді психологиялық-педагогикалық даярлау болып табылады. Когнитивті компоненттің интегративті көрсеткіші болашақ мұғалімдердің сындарлы іс-әрекетке теориялық дайындығы болып табылады. Жобалық компонент болашақ бастауыш сынып мұғалімдерінің конструктивті қызметке жобалық дайындығын қорытындылайды. Модельдің танымдық компонентін жүзеге асырудың ең қолайлы әдістері мен формалары:

1. модельдеу, рөлдік ойындар, ми шабуылы, диалогтар мен форумдар сияқты дәстүрлі емес әдістерді қолдану;

2. жобалау қызметі;

3. мультимедиялық визуализация құралдарын пайдалану;

4. шешім қабылдау қабілетін дамытуға ықпал ететін іс-шараларға дайындық;

5. студенттердің фронтальды өзін-өзі талдау, процессаралық және процессаралық жұмыс әдістерін қолдану.

Бұл әдістерді қолданудың негізгі мақсаты-шығармашылық қабілеттерін жандандыру және конструктивті дағдыларды дамыту. Біздің модель үшін ең инновациялық және студенттерге бағытталған жобалық оқыту әдістері таңдалды.

Жобаны оқыту жүйесінің негізін американдық ғалымдардың жұмыстары құрады: Д. Дьюи, В.А. Лай, Э. Торндик. Жобалық өзара әрекеттесу әдісі бүкіл студентті таным процесі жүретін зертхана ретінде пайдалануды қамтиды. Білім беру процесінде жобалық оқыту ерекше жағдайлар жасауды қамтиды, онда студенттер әр түрлі көздерден қажетті білімді өз бетінше және ықыласпен алады, зерттеу дағдылары мен жүйелі ойлауды дамытады, оларды танымдық және практикалық мәселелерді шешуде қолдануға үйренеді. Бұл зерттелген материалға сәйкес жоба бойынша жұмыс жасау кезінде студенттің іс-әрекетін тәуелсіз таңдауды білдіреді, бірақ оның шеңберінен шығу мүмкіндігі қалады. 2-

кестеде көрсетілгендей жобалық қызметтің келесі компоненттерін бөлуге болады.

Кесте 2. Жобалау қызметінің компоненттері

Жобалау қызметінің компоненттері
1. Мәселені талдау 2. Диагнозды тақырыбында 3. Мақсат қою 4. Тапсырмаларды анықтау 5. Кіру құралдарын таңдау 6. Жобаны ресурстық қамтамасыз етуді талдау 7. Ақпаратты іздеу және өңдеу 8. Алынған нәтижелер мен қорытындыларды бағалау 9. Нәтижелерді таныстыру және талқылау

Құрылымдық дағдылардың құрылымы мен мазмұны болашақ бастауыш сынып мұғалімдерін оқытудың қолданылатын принциптерімен анықталады [218]. Біз білім беру процесінің әдістемелік компоненттерін құруға мүмкіндік беретін алты негізгі принципті бөліп көрсете аламыз:

1. бастауыш білім беру принципі-бастауыш мектеп үшін жеткілікті білім деңгейінің қажеттілігі;

2. Интеграция принципі-бастауыш мектеп пәндерін біріктіру арқылы материалдарды жобалауды білдіреді;

3. рефлексия принципі-оқушылардың оқытушылардың жеке тәжірибесі мен тәжірибесін талдау;

4.схемалық принцип - сабақтарда графикалық компоненттерді қолдану қазіргі студенттердің мәтіндік ақпаратқа төмен сезімталдығын талап етеді.

5. жүйелілік принципі-оқу процесінде қиындықтарды біртіндеп арттыру және сындарлы дағдыларды жинақтау болжанады;

6.дараландыру принципі-болашақ бастауыш сынып мұғалімдерін оқытудың өзіндік білім беру траекториясын құру мүмкіндігін анықтайды.

Бірлесіп оқытуда жобалық оқыту әдісінің кейбір әдістерін қарастырайық. Дизайн әдісінің әдістері төрт-бес адамнан тұратын жұптарға немесе шағын

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

топтарға біріктіруді қамтиды. Спенсер қаған бірлесіп оқытудың мынадай әдістерін ұсынды:

1. "жұпта ойлау" әдісі студенттерге ойлар мен ойларды жазу арқылы шешім табуға мүмкіндік береді. Бөлінген уақыттан кейін студенттер өз идеяларын айтады. Содан кейін мұғалім бірлесіп тұжырымдалған жауаптың жариялануын талап етеді.

2. "зигзаг" қабылдау-топтың кейбір мүшелері бір уақытта бір тақырыпта жұмыс істейтін екі топтың мүшелері (үй және сарапшы). Сарапшылар тобында ол жаңа материалды зерттеп, содан кейін оны өз тобының мүшелерімен талқылайды. Талқылау соңында сарапшылар тобы оқушының үй тобына қайтаратын логикалық құрылған сюжетті және талқыланатын тақырыпты түсінуге бағытталған негізгі сұрақтарды дайындауы керек. Топқа оралғаннан кейін студент жобалық топтағы жетістіктер туралы айтып, түсініксіз сәттерді түсіндіреді.

3. "Кері Зигзаг" Жасаңыз.;

4."Зигзаг 2" Алыңыз.

Жалпы жетістікке топ мүшелерінің өзара әрекеттесуі арқылы қол жеткізіледі:

- Ақпарат алмасу;
- Қолдау көрсету және алу;
- Кері байланыс;
- Күш-жігерді жандандыру;
- Жетістіктермен алмасу;
- Тұлғааралық қатынастар;
- Топтың тиімділігін арттыру туралы қамқорлық жасаңыз.

Әлеуметтік тәуелділіктің сандық технологиялар негізінде жүргізілетін топтық ынтымақтастыққа оң әсері белгілі. Бұл бірлескен оқыту жағдайында жоғары нәтижелерге қол жеткізу үшін бейресми әлеуметтенудің маңыздылығын көрсетеді.

Осылайша, оқу материалын жобалау дағдыларын дамыту білім мен дидактикалық материалды ұсынудың әртүрлі формаларын біріктіруді қамтиды. Оқу материалын құрастырудың негізгі кезеңі зерттелетін ақпараттың ішкі мағыналық байланыстарын анықтауға бағытталған оқу материалын құрылымдау болып табылады [216, 24 б.].

Әзірленген модель бірнеше кезеңде жүзеге асырылады [219]: бастапқыда жоба бастамасы пайда болады (бастапқыда оқытушыдан); содан кейін жоба қатысушылары өзара әрекеттесу әдістерін анықтайды (кездесулер, әлеуметтік желілерде немесе мессенджерлерде топтар құру және т. б.); келесі кезеңде жоба қатысушылары бастама көтереді; жобаның негізгі идеяларын әзірлеу және ұйымдастыру

ГЭФ-тегі жыл сайынғы өзгерістер университеттің бастауыш сынып мұғалімдерінен жоғары біліктілікті талап етеді. Бастауыш сынып мұғалімі ғылым мен мектеп арасында делдал болып, ғылыми пәнді академиялық пәнге айналдырады. Болашақ мұғалімдердің оқу материалын құрылымдау идеяларын сауатты игеруі ғана оларға мақсатына жетуге мүмкіндік береді.

Бірлесіп оқыту әдістері оқушылар білім алмасу және ортақ зияткерлік күш-жігер арқылы бір-бірін үйрететін және бір-бірін үнемі өзін-өзі дамытуға ұмтылуға шақыратын бірегей ашық оқу ортасын қалыптастыруға ықпал етеді. Бірлесіп оқыту кезінде студенттер әртүрлі көзқарастарды қарастырады, осылайша өз идеяларын нақты тұжырымдайды және өз көзқарастарын қолдайды.

Бірлескен оқыту төрт негізгі қағидатқа негізделген: өзара іс-қимыл, оң өзара тәуелділік, жеке жауапкершілік, ынтымақтастықты ұйымдастыру.

Сонымен қатар, мектеп сабақтарында бірлесіп оқу Жалпы сыныптағы қарым-қатынасты жақсарта алмайтындығын түсіну керек. Мұғалім оқушыларды мұғалім қалағандай отырғызбауы керек. Оқушылар өздері үшін өздерін жайлы сезінетін нақты топты дербес анықтауы керек. Дәл осы фактор оқушының бұрын сөйлескен топты таңдайтынын анықтайды.

Мектеп сабақтарында бірлесіп оқу процесінде бір мезгілде өзара әрекеттесу туралы есте сақтау қажет. Әрине, сабаққа бөлінген уақыттың көп

бөлігін тек мұғалім айтады. Бірақ студенттердің мұғаліммен өзара әрекеттесуіне уақыт бөлу керек. Бұл уақыт бәрімен сөйлесуге нақты мүмкіндік береді, бұл студенттер үшін Оқу уақытының жалпы өнімділігін едәуір арттырады. Мектеп сабақтарында оқушылар бір-бірімен өсіп келе жатқан динамикамен байланысады. Бұл студенттерге бүкіл сынып алдында өнер көрсетуді бастамас бұрын үлкен сенімділік береді.

Бірлескен оқытуды ұйымдастыру кезінде негізгі принциптерді сақтау қажет.

1. Оқушылардың топтарын сабақ басталғанға дейін, әрине, оқушылардың психологиялық үйлесімділігін ескере отырып, мұғалім құруы керек. Әр топта мықты оқушының, орташа және әлсіз, сонымен қатар қыздар мен ұлдардың болуын қамтамасыз ету қажет екенін түсіну керек. Егер топ бірнеше сабақ ішінде ерекше үйлесімді, тату жұмыс істесе және оның құрамын өзгертудің қажеті болмаса. Егер жаттығу қандай да бір себептермен қосылмаса, онда топтың бастапқы құрамы сабақтан сабаққа дейін өзгеруі керек;

2. Топқа бір тапсырма берілуі керек, бірақ оны орындау барысында рөлдер тікелей осындай топтың жұмыс істейтін мүшелері арасында бөлінуі керек.

3. Бір оқушының ғана емес, бүкіл топтың жұмысын бағалау маңызды. Сонымен қатар, кейбір жағдайларда студенттерге өз жұмыстарының нәтижелеріне тәуелсіз баға беруге болады; мұғалімнің өзі студенттік топтың мүшесін таңдауы керек, ол орындалған тапсырма үшін есеп беруі керек. Кейбір жағдайларда бұл лауазымға әлсіз студент тағайындалуы керек.

Мұғалімнің жұмысы, шын мәнінде, студенттерге әртүрлі педагогикалық әсер етеді. Мұғалімнің оқушылармен іскерлік қарым-қатынасы оқу процесінің алғашқы күндерінен басталуы керек. Қазіргі орыс педагогикасы жағдайында студенттердің бірлескен жұмысы өте сирек кездеседі. Бұл болашақта теріс нәтижелерге әкеледі. Мұндай жұмыс болмаса, студенттер басқа студенттердің қызметіне ерекше назар аудармай, тыныш отыруға дағдыланады. Ол мұғалімді тыңдайды, бірақ оқу материалының негізгі мәнін түсінбейді.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.7.1

7.1 Порівняльний аналіз технологій легування поверхні металевих виробів

З ростом вимог до якості робочого шару, до показників економічної ефективності процесів, до підбора матеріалів залежно від поверхневих властивостей і перетину деталей, а також внаслідок збільшення об'ємної частки комплекснолегованих сталей у процесі виробництва виробів, стають актуальними задачі застосування ресурсосберегаючих технологій для підвищення експлуатаційного ресурсу сталевих виробів, наприклад, легуванням [222-224]. Легування (від лат. ligo– зв'язую, з'єдную), – введення добавок у метали, сплави й напівпровідники для додання їм певних фізичних, хімічних або механічних властивостей [225]. Для легування використовують метали, неметали й лігатури. При легування металів і сплавів можуть утворюватися тверді розчини, суміші двох і більше фаз, інтерметаліди, карбіди, нітриди, оксиди, сульфіди, бориди й інші з'єднання легуючих елементів з основою сплаву або між собою [226-228]. У результаті легування істотно змінюються фізико-хімічні характеристики вихідного металу або сплаву й, насамперед, електронна структура [229]. Легуючі елементи впливають на температуру плавлення [226, 228-230], характер дефектів кристалічних ґраток [229, 232], на формування зерен і тонкої кристалічної структури [233-235], область існування алотропічних модифікацій і кінетику фазових перетворень [228, 236-238], на дислокаційну структуру [226, 229. 234], жаростійкість [229, 232] і корозійну стійкість [239-241], електричні, магнітні, механічні, дифузійні й багато інших властивостей сплавів.

Легування підрозділяють на об'ємне й поверхневе [227]. При об'ємному легуванні легуючий елемент середньо-статистично розподіляється в об'ємі металу. У результаті поверхневого легування легуючий елемент зосереджується на поверхні металу. Легування відразу декількома елементами, певний об'єм і співвідношення яких дає можливість одержати необхідний комплекс

властивостей, називають комплексним легуванням і відповідно сплави – комплекснолегованими. Наприклад, у результаті легування аустенітної хромонікелевої сталі вольфрамом її жароміцність зростає в 2...3 рази, а при спільному використанні W, Ti і ін. елементів – в 10 разів [226].

Розрізняють поняття: легування, мікролегування й модифікування [242]. При легуванні в сплав уводять від 0,2% по масі й більше легуючого елемента, при мікролегуванні – найчастіше до 0,1%, при модифікуванні – менше, ніж при мікролегуванні, або стільки ж, однак завдання, розв'язувані мікролегуванням і модифікуванням, різні. Мікролегування ефективно впливає на будову й енергетичний стан границь зерен, при цьому передбачається, що в сплаві будуть реалізовані два механізми зміцнення – завдяки легуванню твердого розчину й у результаті дисперсійного твердіння. Модифікування сприяє в процесі кристалізації подрібнюванню структури, зміні геометричної форми, розмірів і розподілу неметалічних включень, зміні форми евтектичних виділень, у цілому поліпшуючи механічні властивості. Поверхневе легування здійснюють у шарі до 1...2 мм і використовують для створення особливих властивостей на поверхні виробу.

В основі більшості традиційних процесів поверхневого легування сталей (у сполученні з термічною обробкою), лежить дифузійне насичення елементами з газової або рідкої фази й хімічне осадження з газової фази. Загальна назва цих методів – хіміко-термічна обробка (ХТО). До таких процесів відносять алітування (насичуючий елемент алюміній), цементація (насичуючий елемент вуглець), ціанування (насичуючі елементи вуглець та азот), азотування (насичуючий елемент азот), борування (насичуючий елемент бор) і т.інш. [227].

На машинобудівних заводах України найбільш широке застосування знайшли цементація, азотування й нітроцементація з газових середовищ і дифузійне насичення металами з порошкових сумішей [243-245]. Обробці піддаються відповідальні нарізні сполучення, втулки, зубчасті колеса, деталі механізму коробки зміни передач, ролики, кулачкові пари.

Широке поширення одержало азотування, у результаті якого деталі знаходять високу циклічну міцність і, відповідно, стійкість проти втомного зношування. Тому азотуванню піддають колінчасті вали, циліндри, поршневі кільця, сідла клапанів, зуби шестірень та бага інших деталей [246-248]. Ресурс шийок азотованих колінчастих валів перевищує амортизаційний строк двигуна. Крім зносостійкості, азотування надає деталям і високу корозійну стійкість. Зносостійкість зберігається при нагріванні до 773...873 К (що досить важливо для двигунів внутрішнього згоряння), у той час як при нагріванні цементованої поверхні вище 498..548 К її твердість, а отже, і зносостійкість знижуються [227]. Недоліками методу є збільшення деталей у розмірі й жолоблення. Тому азотовані елементи деталей піддають остаточній обробці у вигляді полірування або шліфування.

Процес електроіскрового легування заснований на переважному руйнуванні (ерозії) матеріалу анода при іскровому розряді [249]. Еродований матеріал під дією спрямованого електромагнітного поля переноситься на поверхню протилежного електрода – катода. При цьому на поверхні останнього утворюється шар зі зміненими структурою й фізико-хімічними властивостями. Існують дві принципові схеми процесу електроіскрового легування. По першій схемі процес складається з наступних етапів: рух анода до катода, пробій міжелектродного зазору, здійснення іскрового розряду, зіткнення електродів, рух анода від зміцненої поверхні. Легування по другій схемі здійснюється без механічного контакту електродів. Товщина шару розплаву, що утворюється при електроіскровому легуванні на поверхні катода не перевищує 10 мкм. У ході процесу електроіскрового легування, матеріал анода й поверхня катода піддаються імпульсній дії високих температур $(278...318) \cdot 10^3$ К й тиску $(10^6...10^8)$ Па), що разом зі складністю й вартістю підготовчих операцій затруднює впровадження процесу в промисловості. До недоліків цього способу також варто віднести тривалість і складність методу, а також крихкість і недостатню зносостійкість отриманого поверхневого шару.

Плазмові методи передбачають нагрівання поверхні за рахунок обробки струменем низькотемпературної плазми [250]. До недоліків плазмової технології варто віднести необхідність у розігріві всього виробу, що приводить до значних температурних деформацій, у також використання як джерело плазми дорогого газу – аргону. Для здійснення плазмового легування можливо використання доступного серійного технологічного устаткування, проте висока пористість напиленого шару і низька міцність знижують достоїнства цих методів.

Від усіх вище наведених методів відрізняється спосіб іонної імплантації, суть якого полягає в тім, що поверхню металу бомбардують у вакуумі потоком іонів легуючого елемента [251]. Імпантований елемент може входити в кристалічні ґратки основи у вигляді твердого тіла, або утворювати досить мілкокристалічні виділення хімічних сполук з компонентами матеріалу основи. Крім того, при впровадженні іона в кристалічних ґратах ініціюється зсув атомів, що приводять до утворення великої кількості дефектів кристалічних ґраток]. Товщина цього насиченого дефектами, й внаслідок цього зміцненого шару, в багато разів перевищує глибину проникнення іонів. Недоліками методу є необхідність використання вакуумних камер і недостатня товщина модифікованого шару, яка в більшості випадків обмежується десятками нанометрів і максимально може бути доведена до 1...2 мкм [252].

Усе ширше застосовуються швидкісні методи нанесення покриттів (хімічні – CVD і фізичні – PVD осадження), але вони поки не в змозі повністю замінити дифузійну ХТО, у результаті якої утворюються поверхневі шари із плавним підвищенням концентрації елементів, що дифундують [253].

Підсумовуючи вищенаведене, можна стверджувати, що сутність методів ХТО сталей полягає в поєднанні термічного й хімічного впливу з метою зміни складу, структури й властивостей поверхневого шару сталей. ХТО підвищує твердість поверхні, зносостійкість, кавітаційну й корозійну стійкість, створює на поверхні сприятливі залишкові напруги стиску, збільшує надійність і довговічність деталей за рахунок наступних процесів: 1) утворення поблизу поверхні деталі активних атомів у середовищі, що насичує; 2) адсорбції

(поглинання) поверхнею металу вільних активних атомів і розчинення їх у металі; 3) дифузії – переміщення адсорбованих атомів у ґратках оброблюваного металу. При цьому обов'язковою є розчинність елемента, що дифундує, в оброблюваному металі й висока температура, що забезпечує необхідну атомам енергію [254].

Проте перераховані методи ХТО мають ряд загальних істотних недоліків як за технологією процесу, так і по властивостях легованого шару. До числа основних недоліків, що обмежують застосування цих способів, як методів обробки що зміцнюють поверхню, можна віднести [252]:

- велику тривалість операції (наприклад, швидкість насичення вуглецем порядку 0,1 мм/год, а для одержання азотованого шару товщиною 0,5 мм на конструкційних сталях при 773...793 К потрібно витратити 50...70 годин), наслідком чого є мала продуктивність процесу;

- деформацію й жолоблення під дією напружень, створюваних умовами нагрівання під час технологічного процесу й наступного охолодження й, як наслідок, необхідність у додаткових операціях механічної обробки;

- крихкість і відлущування зовнішньої частини обробленого шару.

Також недоліками перерахованих вище методів ХТО є невелика товщина легованого шару й його поганий зв'язок зі структурою базового металу. При форсованих режимах експлуатації легований шар швидко зривається з поверхні деталі. Зокрема, легування бором намагалися застосовувати для зміцнення пластин прес-форм і шарошок бурових долот, але безуспішно, тому що шар у процесі роботи розтріскувався й відшаровувався [252]. Деякі з наведених вище методів легування не технологічні, їхній виробничий цикл має досить тривалий період, механізація праці робітників при цьому обмежена, культура виробництва наведених технологій вимагає модернізації.

Відома велика кількість марок сталей і сплавів, для яких не можна знайти універсального способу обробки поверхневого шару, досить ефективного для різних умов експлуатації. У зв'язку зі зростаючими експлуатаційними вимогами до навантажених сталевих деталей різних вузлів і механізмів, актуальними

стають завдання підвищення жаростійкості й тріщиностійкості. Однак звичайна хіміко-термічна обробка із загартуванням і відпуском, хоча й дуже впливає на властивості виробу, у багатьох випадках явно недостатня. Вона найбільшою мірою підходить для підвищення зносостійкості, корозійної стійкості й у меншому ступені для підвищення жаростійкості й жароміцності, а також опору виникненню й поширенню тріщин. Встановлено, що на тріщиностійкість високоміцних сталей вирішальний вплив робить ряд факторів, пов'язаних зі станом поверхневого шару деталі [229]. До їхнього числа відносять локальну корозію, дефекти мікроструктури, залишкові напруги, ділянки концентрації напруг і ін. Для поліпшення тріщиностійкості обробку поверхні необхідно провести так, щоб створити напружений поверхневий шар, що характеризується дією стискаючих напруг. Все це вимагає розробки нових прогресивних методів поверхневої обробки та легування.

Застосування перерахованих вище методів поверхневого легування значною мірою пов'язане з історією розвитку машинобудування в розвинених країнах. Сама еволюція цих методів була викликана прагненням підвищити експлуатаційні якості поверхневих шарів навантажених сталевих виробів. На сучасному етапі розвитку техніки й технології особливу увагу залучають нові методи поверхневого легування, що дозволяють усунути перераховані недоліки вищенаведених методів. В основі цих нових методів лежить використання локальних джерел нагріву. Для модифікування поверхні металів перевага віддається таким методам, які використовують в якості теплового джерела концентровані потоки енергії: лазерні, іонні, ультразвукові та інші.

7.2 Логістичний підхід до формування показників довговічності гідроприводів будівельних і дорожніх машин

Поняття - відображення в мисленні істотних властивостей, зв'язків і відношень предметів або явищ. Основна логічна функція поняття - виокремлення спільного, яке досягається за допомогою відволікання від усіх особливостей окремих предметів. Виходячи з цих визначень, машинобудівна логістична система гідроприводів пов'язана з проблемами, пов'язаними з розробкою конструкції, технологією, виробництвом і експлуатацією відповідної машини. Ці проблеми виникли у 80-х роках через збільшення попиту на продукцію, що має у своєму складі гідропривод. Багато фірм почали проводити дослідження в галузі просування застосування гідроприводу, скорочення витрат і збільшення енергоефективності. У зв'язку з цим у машинобудуванні сформувалося нове поняття, запозичене з економіки, - логістика. В економічній сфері діяльності логістика - управління матеріальними, інформаційними та людськими потоками з метою їх оптимізації (мінімізації витрат). Перша згадка цього слова зустрічається у французькій мові, воно являє собою військовий термін, що означає мистецтво перевезень, постачання та розміщення військових підрозділів. Нині в літературі наводиться велика кількість інтерпретацій поняття логістики. Основне завдання логістики полягає в оптимізації параметрів, що керують процесом продуктивності машини (ефективністю експлуатації). Конструкція сучасної будівельно-дорожньої машини містить у собі гідропривод, до складу якого входять різні елементи. Логістичний підхід до формування гідроприводу має містити в собі методологію розроблення раціональних методів управління матеріальними та інформаційними потоками (передача, зберігання та обробка), націленими на їхню оптимізацію. З цього випливає, що машинобудівну логістичну структуру гідроприводу можна отримати, маючи в своєму розпорядженні наявність інформаційної розробки діагностичних параметрів і відповідний вибір оптимальних режимів

експлуатації. У чому виражається концепція або принципи машинобудівної логістичної системи гідроприводу, розглянемо на такому прикладі елементарної схеми гідроприводу (рис. 1).

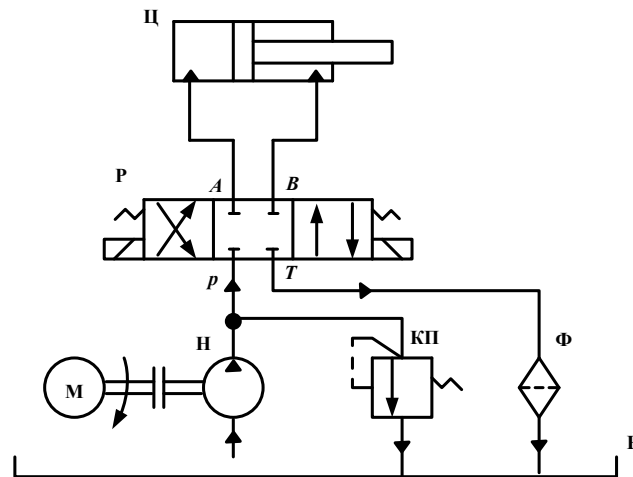


Рисунок. 1 Гідравлічна принципова схема об'ємного гідроприводу з гідроциліндром

Б – гідробак; Н - насос; Р - розподільник; ГЦ - гідроциліндр; Ф - фільтр; КП - клапан запобіжний.

Якщо розглянути гідравлічну схему в логістичній інтерпретації, то вона набуває такого вигляду (рис. 2). Між відповідними елементами необхідно встановити взаємозв'язки. Ці взаємозв'язки будуть основними у формуванні оптимальної роботи гідроприводу. Для перенесення енергії та отримання інформації про параметри робочої рідини перейдемо до основних параметрів потоку робочої рідини гідропривода: переріз трубопроводу, витрата, середня швидкість руху рідини.

З цього випливає, що машинобудівну логістичну структуру гідроприводу можна отримати, маючи в своєму розпорядженні наявність інформаційної розробки діагностичних параметрів і відповідний вибір оптимальних режимів експлуатації.

Досліджуємо зв'язок між структурними та діагностичними параметрами гідроагрегатів у складі гідроприводу. Технічний стан гідроагрегатів

визначається їхніми внутрішніми витокми, значення яких залежить від величини зазорів [255,256,259...261]. У процесі експлуатації ці зазори збільшуються, що призводить до збільшення внутрішніх витоків і перерозподілу витрати робочої рідини в усьому гідроприводі. Тому зв'язок між структурними та діагностичними параметрами гідроагрегатів може бути встановлений на основі рівняння витрати робочої рідини

$$F_0 = nV_0 - \sum_{i=1}^n Q_i - \Pi_{гд} = 0, \quad (1)$$

$$F_0 = nV_0 - Q_n \left(p, t, n, \sum_{i=1}^{n1} S_{in} \right) - Q_p \left(p, t, \sum_{j=1}^{n2} S_{jp} \right) - Q_{гд} \left(p, t, \sum_{m=1}^{n3} S_{mгд} \right) - \Pi_{гд} = 0 \quad (2)$$

де nV , $Q_0 \sum_i$, $\Pi_{гд}$ - відповідно подача, внутрішні витки в гідроагрегатах і продуктивність, що витрачається на виконання робочої операції гідромотором або гідроциліндром (гідродвигуном).

Під час здійснення статопараметричного методу використовують такі діагностичні параметри [255, 256]: вимірюють і підтримують постійними частоту обертання насоса, тиск і температуру робочої рідини (n , p , t - відтворювані параметри), а за зміною продуктивності (визначальний параметр), яка вимірюється в кожного діагностованого гідроагрегата, визначають технічний стан цих гідроагрегатів. Рівняння витрати (1) перетворюється в таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} F_1 = nV_0 - Q_n - \Pi_n = 0, \\ F_2 = nV_0 - Q_n - Q_p - \Pi_p = 0 \\ F_3 = nV_0 - Q_n - Q_p - Q_{гд} - \Pi_{гд} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

де $\Pi_{гд} = n V_{гмогм}$ - для гідромотора; $\Pi_{гд} = v f_{гцгц}$ - для гідроциліндра.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Якщо розв'язати отриману систему рівнянь послідовною підстановкою, отримаємо систему рівнянь F_1, F_5, F_6 або F_7 , (3... 5 або 6, табл. 1) для визначення технічного стану гідроагрегатів у складі гідроприводу. З урахуванням параметрів, які в процесі діагностування залишаються постійними, зв'язок між структурними та діагностичними параметрами визначається рівняннями (2.7 або 2.8, табл.1). Із цих же рівнянь отримуємо таку систему визначальних діагностичних параметрів для поагрегатного діагностування: величина зазорів у насосі оцінюється за його продуктивністю Π_n , у розподільнику і гідромоторі (гідроциліндрі), - за різницею продуктивностей до і після діагностованих гідроагрегатів - $\Pi_n - \Pi_p$; $\Pi_p - n V_{гм0гм}$ (3... 5 або 6, табл. 1).

Поагрегатне діагностування вимагає встановлення діагностичного обладнання біля кожного гідроагрегата, що істотно збільшує витрати і зменшує ефективність діагностування. Для вимірювання діагностичних параметрів, що визначають технічний стан гідромоторів і гідроциліндрів ($\Pi_p - n V_{гм0гм}$, $\Pi_p - V f_{гцгц}$), потрібен спеціальний дорогий, складний і металомісткий гальмівний або навантажувальний стенд, який дає змогу створити потрібний тиск у гідроприводі та виміряти оберти гідромотора за цього тиску або швидкість руху штока гідроциліндра. Для гідромотора, як і для гідроциліндра, неприйнятне, на відміну від насоса або розподільника, створення необхідного тиску за допомогою дроселя, оскільки такий дросель порушує їхню роботу і спотворює характер внутрішніх витоків.

Функціональне поагрегатне діагностування здійснюється за схемою, наведеною на рис. 1, а.

Розглянемо, як змінюватиметься витрата на виході насоса, якщо в ділянку високого тиску, створюваного цим насосом, послідовно під'єднувати діагностовані гідроагрегати (розподільник, потім гідромотор або гідроциліндр).

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

$$\begin{aligned} \Pi_n &= nV_o - Q_n, \\ \Pi_p &= nV_o - Q_n - Q_p = P_p, \\ n_{\text{гм}} V_{o\text{гм}} &= nV_o - Q_n - Q_p - Q_{\text{гм}} = P_{\text{гм}}. \\ V_{\text{гц}} f_{\text{гц}} &= nV_o - Q_n - Q_p - Q_{\text{гц}} = P_{\text{гц}}, \end{aligned} \quad (4)$$

де Π_n , P , $P_{\text{гм}}$, $P_{\text{гц}}$ - відповідно значення витрати, що показує один і той самий витратомір під час діагностування насоса, потім розподільника, гідромотора або гідроциліндра в разі послідовного під'єднання цих гідроагрегатів до ділянки високого тиску, створюваного насосом (рис. 2.1, б).

Отримуємо рівну за значеннями систему визначальних діагностичних параметрів, але вимірюваних не в кожного гідроагрегату, а в одній точці гідроприводу:

Π_n , - для насоса;

$\Pi_n - \Pi_p = \Pi_n - P_p$, - для розподільника;

$\Pi_p - n V_{\text{гм}0\text{гм}} = P_p - P_{\text{гм}}$, - для гідромотора, оскільки внутрішні витоки в гідромоторі від частоти його обертання практично не залежать [259, 260];

$\Pi_p - V f_{\text{гцгц}} = P_p - P_{\text{гц}}$, - для гідроциліндра.

Використовуючи це явище, можна зменшити кількість устаткування, що вбудовується, здійснюючи діагностування в такий спосіб (рис.1, б). Після вимірювання продуктивності насоса Π_n , послідовно, за допомогою крана K_1 , відкривається доступ робочої рідини до розподільника і потім, за допомогою крана K_2 , до попередньо загальмованого гідромотора (гідроциліндра).

Необхідні діагностичні параметри ($\Pi_n - P_p$, $P_p - P_{\text{гм}}$) визначаються за зменшенням потоку робочої рідини на величину внутрішніх витоків спочатку в розподільнику, потім у гідромоторі. У цьому разі одним і тим самим гідротестером визначається технічний стан усіх основних гідроагрегатів і відпадає необхідність у застосуванні спеціальних навантажувальних стендів. Діагностування вимірюванням визначальних параметрів в одній точці гідроприводу можна назвати тестовим, тому що в цьому випадку гідропривод

БДМ виводиться на спеціальний режим роботи, що забезпечує ефективність його діагностування. У гідроприводах БДМ, здебільшого, застосовуються шестеренні насоси [259]. Внутрішні витoki цих насосів складаються з витоків по торцевих Q_T , радіальних Q_P і міжзубових зазорах Q_K [255,259,261]:

$$Q_H = 4Q_T + 2Q_P + Q_K \cdot \quad (5)$$

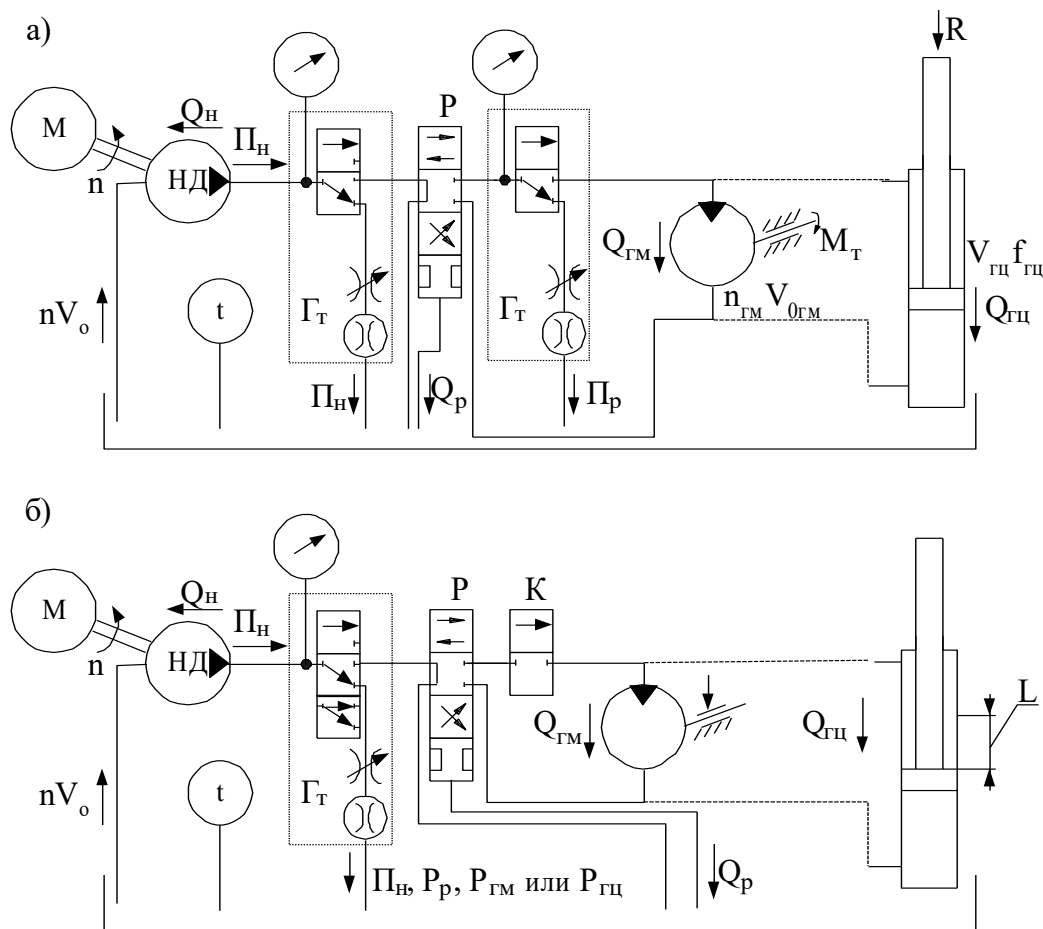


Рисунок 2. Схеми діагностування: а) поагрегатного; б) вимірюванням визначального діагностичного параметра в одній точці гідроприводу

Система визначальних діагностичних параметрів під час діагностування "за продуктивністю"

1. Поагрегатне діагностування	
Система рівнянь, на основі яких здійснюється діагностування	Зв'язок між структурними та діагностичними параметрами
$F_1 = nV_o - Q_n - \Pi_n = 0 \quad (3)$	$C_1 - \Pi_n = Q_n = f_1(S_n, C_n)$
$F_5 = \Pi_n - Q_p - \Pi_p = 0 \quad (4)$	$\Pi_n - \Pi_p = Q_p = f_5(S_p, C_p) \quad (7)$
$F_6 = \Pi_p - Q_{gm} - n_{gm} V_{ogm} = 0 \quad (5)$	$\Pi_p - n_{gm} V_{gm} = Q_{gm} = f_6(S_{gm}, C_{gm})$
$F_7 = \Pi_p - Q_{gc} - V_{gc} f_{gc} = 0 \quad (6)$	$\Pi_p - V_{gc} f_{gc} = Q_{gc} = f_7(S_{gc}, C_{gc}) \quad (8)$
Система визначальних діагностичних параметрів відповідно для насоса, розподільника, гідромотора - Π , $\Pi_n - \Pi_p$, $\Pi_p - n V_{gm0gm}$	
2. Діагностування вимірюванням визначального параметра в одній точці гідроприводу	
$F_1 = nV_o - Q_n - \Pi_n = 0, \quad (9)$	$C_1 - \Pi_n = Q_n = f_1(S_n, C_n)$
$F_8 = \Pi_n - Q_p - P_p = 0, \quad (10)$	$\Pi_n - P_p = Q_p = f_5(S_p, C_p) \quad (13)$
$F_9 = P_p - Q_{gm} - P_{gm} = 0 \quad (11)$	$P_p - P_{gm} = Q_{gm} = f_6(S_{gm}, C_{gm})$
$F_{10} = P_p - Q_{gc} - P_{gc} = 0 \quad (12)$	$P_p - P_{gc} = Q_{gc} = f_7(S_{gc}, C_{gc}) \quad (14)$
Система визначальних діагностичних параметрів відповідно для насоса, розподільника, гідромотора - Π_n , $\Pi_n - P$, $P_{pp} - P_{gm}$	

У таблиці прийнято такі позначення: nV_o , Π_n , Π_p , $n V_{gm0gm}$, $V f_{gcgc}$ - відповідно подача, продуктивність насоса, розподільника; продуктивність гідромотора чи гідроциліндра, що витрачається на виконання робочого процесу; C , C , C_{1np} , C_0 чи C_1 - константи, куди входять і значення параметрів гідропривода, які встановлюють під час діагностування постійними (p , t , n).

Значення цих витоків, у свою чергу, визначаються за такими залежностями [260.261]:

$$Q_T = \frac{\pi S_T p t^{1,845} g}{1,275 \cdot 10^4 \gamma \cdot \ln\left(\frac{R_e}{r_1}\right)} - \frac{\pi^2 n S_T^3 (R_e^2 - r_1^2)}{6,375 \cdot 10^4 \cdot \ln\left(\frac{R_e}{r_1}\right)}, \quad (6)$$

$$Q_p = \frac{p t^{1,845} g S_p^3 b}{5,1 \cdot 10^4 \gamma S_e z_k} - 4 \pi n b S_p R_e, \quad (7)$$

$$Q_k = \frac{p t^{1,845} g S_m^3 b}{4,08 \cdot 10^5 \gamma L_c}, \quad (8)$$

де z_k – число зубів шестерні, що контактують із поверхнею корпусу насоса;

t – температура робочої рідини;

$p = p_1 - p_2$ – різниця тисків на вході та виході гідроагрегату;

S_p , S_T , S_m – відповідно величини радіальних зазорів між циліндричними поверхнями корпусу і поверхнями виступів зубів шестерні, торцевих зазорів і міжзубових зазорів;

γ – питома вага рідини;

S_e – довжина зуба по дузі кола виступів;

b – ширина шестерні;

R_e – радіус окружності головок;

r_1 – радіус внутрішньої межі торцевого зазору;

L_c – лінія змінання.

Виразимо всі зазори в насосі через один, наприклад радіальний, ввівши такі коефіцієнти:

$$A_1 = \frac{S_m}{S_p}; \text{ звідки } S_m = A_1 S_p, \quad A_2 = \frac{S_m}{S_p}; \text{ звідки } S_m = A_2 S_p \quad (9,10)$$

Гідромотор і гідронасос для досліджень візьмемо з однаковими конструктивними параметрами, щоб на особливості діагностування гідромотора не впливала відмінність їхніх конструкцій і технічних характеристик.

Надалі, для спрощення записів, позначимо

$$\sum_{i=1}^{n1} S_{iH} = S_H; \sum_{j=1}^{n2} S_{jP} = S_P; \sum_{k=1}^{n3} S_{kГГ} = S_{ГМ}; \sum_{m=1}^{n4} S_{mГЦ} = S_{ГЦ} - \text{відповідно суми зазорів у}$$

насосі, розподільнику, гідромоторі або в гідроциліндрі.

$$Q_H = f_1(p, t, n, \sum_{i=1}^{n1} S_{iH}) \quad , \quad , \quad Q_P = f_2(p, t, \sum_{j=1}^{n2} S_{jP}) \quad Q_{ГМ} = f_3(p, t, n_{ГМ}, \sum_{k=1}^{n3} S_{kГМ})$$

$$Q_{ГЦ} = f_4(p, t, \sum_{m=1}^{n4} S_{mГЦ}) - \text{відповідно внутрішні витоки в насосі, розподільнику,}$$

гідромоторі або гідроциліндрі; $n1, n2, n3, n4$ - кількість зазорів у гідроагрегатах.

Для проведення подальших досліджень подамо отримані рівняння в розгорнутому вигляді (табл.2).

Діагностування гідроциліндрів практично неможливо провести витратоміром, вбудованим у гідропривод, тобто вловити зміни потоку робочої рідини в гідроприводі на кілька сантиметрів кубічних на хвилину, спричинені навіть граничним погіршенням технічного стану гідроциліндра [1, 2, табл.1].

Технічний стан гідроциліндра в складі гідроприводу визначається тестовим діагностуванням [255, 256, 261]. Визначальним діагностичним параметром у цьому разі є час переміщення на задану відстань штока під впливом різниці тисків у штоковій і поршневій порожнинах, що створюється таким чином (рис. 2, б). Краном перекривається вихід зі штокової порожнини гідроциліндра. У поршневу порожнину під тиском діагностування подається робоча рідина. У поршневій і штоковій порожнинах гідроциліндра внаслідок нерівності їхніх площ виникає різниця тисків, що спричиняє перетікання робочої рідини зі штокової порожнини в поршневу і переміщення гідроциліндра.

Залежності, на основі яких здійснюється діагностування
"за продуктивністю"

1. Поагрегатне діагностування (визначальні діагностичні параметри Π , $\Pi_{\text{нн}}$ - Π_p , $\Pi_p - n V_{\text{ГМ0ГМ}}$)
Насос
$F_1 = nV_o - Q_n - \Pi_n = nV_o - 4 \cdot \left(\frac{\pi(A_1 S_p)^3 p t^{1.845} g}{1,275 \cdot 10^4 \gamma \cdot \ln\left(\frac{R_e}{r_1}\right)} - \frac{\pi^2 n (A_1 S_p)^3 (R_e^2 - r_1^2)}{6,375 \cdot 10^4 \cdot \ln\left(\frac{R_e}{r_1}\right)} \right) -$ $- 2 \cdot \left(\frac{p t^{1.845} g S_p^3 b}{5,1 \cdot 10^4 \gamma S_e z_k} - 4 \pi m b S_p R_e \right) - \frac{p t^{1.845} g (A_2 S_p)^3 b}{4,08 \cdot 10^5 \gamma L_c} - \Pi_n = 0, \quad (11)$
Розподільник
$F_7 = \Pi_n - Q_p - \Pi_p = \Pi_n - \pi r \frac{d_p S_{\text{ра}}^3 g}{12 \cdot \left(\frac{0,3 \cdot 50^{1.845}}{t^{1.845}} \right) \gamma L_p} - \Pi_p = 0, \quad (12)$
Гідромотор
$F_8 = \Pi_p - Q_{\text{зм}} - n_{\text{зм}} V_{\text{озм}} = \Pi_p - 4 \cdot \left(\frac{\pi(A_1 S_p)^3 p t^{1.845} g}{1,275 \cdot 10^4 \gamma \cdot \ln\left(\frac{R_e}{r_1}\right)} - \frac{\pi^2 n (A_1 S_p)^3 (R_e^2 - r_1^2)}{6,375 \cdot 10^4 \cdot \ln\left(\frac{R_e}{r_1}\right)} \right) +$ $+ 2 \cdot \left(\frac{p t^{1.845} g S_p^3 b}{5,1 \cdot 10^4 \gamma S_e z_k} - 4 \pi m b S_p R_e \right) + \frac{p t^{1.845} g (A_2 S_p)^3 b}{4,08 \cdot 10^5 \gamma L_c} - n_{\text{зм}} V_{\text{озм}} = 0, \quad (13)$

2. Діагностування вимірюванням визначального параметра в одній точці гідроприводу (визначальні параметри Π_n , $\Pi_n - P_p$, $P_p - P$) _{ГМ}
Насос (2.21)
Розподільник, за формулою (12), у якій $\Pi_n = P_p$ (F_9 , 14)
Гідромотор, за формулою (13), у якій $n V_{\text{ГМ0ГМ}} = P_{\text{ГМ}}$ (F_{10} , 15)

У таблиці прийнято такі позначення: n , $n_{\text{ГМ}}$ - частота обертання вала насоса та гідромотора; V_0 , $V_{\text{0ГМ}}$ - робочий об'єм насоса та гідромотора; $V_{\text{ГЦ}}$, $f_{\text{ГЦ}}$ - швидкість руху та площа поршня гідроциліндра; d_p , $S_{\text{ра}}$, L_p - відповідно значення діаметра, зазору та загальної довжини ущільнювальної частини розподільника.

. За швидкістю переміщення визначається технічний стан гідроциліндра.

Таке діагностування можна здійснити на основі такого рівняння

$$F_{11} = Q_{гц} - f_{гц} \frac{L_{гц}}{\tau_{гц}} = \pi p \left(\frac{f_{гц}}{f_{гц} - f_{ш}} - 1 \right) \frac{d_{гц} S_{гц}^3 g}{12 \cdot \left(\frac{0.3 \cdot 50^{1.845}}{t^{1.845}} \right) \mu_{гц}} - f_{гц} \frac{L_{гц}}{\tau_{гц}} = 0, \quad (15)$$

де $L_{гц}, \tau_{гц}$ – переміщення штока циліндра і час, за який це переміщення відбувається;

$V_{гц} = L_{гц} / \tau_{гц}$, $f_{гц}$, $f_{ш}$ – відповідно швидкість руху штока гідроциліндра.

Висновок. Дослідження, на основі рівняння витрати робочої рідини в гідроприводі, зв'язку між структурними та діагностичними параметрами гідроагрегатів дало можливість установити систему визначальних діагностичних параметрів для бортового діагностування та можливість одержання цієї системи в "одній точці" гідроприводу. Діагностування гідроагрегатів вимірюванням визначального параметра одним засобом, в "одній точці" гідропривода дає змогу скоротити кількість і вартість бортового обладнання і є, внаслідок цього, найбільш перспективними для гідроприводів БДМ.

Отримані аналітичні залежності дають змогу встановити технічний стан гідроагрегатів – основні параметри довговічності за значенням діагностичного параметру, що залежить від технічного стану діагностованого і всіх гідроагрегатів, що стоять перед ним у гідроприводі та встановити зв'язок між продуктивністю і тиском, як визначальними діагностичними параметрами.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.8.1

8.1 Efficiency of air heat-recovery equipment for glass furnaces

The problem of saving fuel and energy resources is becoming increasingly important for many industrial enterprises in Ukraine. The cost of energy resources for the production of industrial products is quite significant, especially for high-temperature industries [262-264], which include glass-making enterprises that operate glass melting furnaces. At the same time, the majority of fuel-using glass melting furnaces, in order to increase their efficiency, are equipped with regeneration (or recuperation) systems that serve to heat the combustion air. However, the flue gas temperature after such air heating equipment is still too high (usually $300 \div 650$ °C [263]).

One of the ways to increase the energy efficiency of glass-making industries, and hence save energy resources, is a deeper utilization of their thermal emissions through the use of heat-recovery technologies. As the main equipment of heat-recovery technologies, for example, glass melting furnaces, hot water heat-recovery units have traditionally been used, in which water is usually heated for heating and hot water supply of glass factories and adjacent residential and industrial facilities. [265-267]. The effectiveness of such technologies is insufficient due to the limited need for heat energy in the form of hot water and the seasonality of its consumption in the heating system. Mostly, the waste heat potential of modern glass melting furnaces is higher compared to that used in traditional heat-recovery technologies for heating water. An increase in the duration of operation of waste heat-recovery systems during the year can be achieved by using it to preheat combustion air before it enters the furnace regenerators.

Until recently, the installation of surface air-heating heat exchangers behind industrial furnaces was problematic due to the significant dimensions and cost of this equipment. However, recently, new designs of air-heating heat exchangers, the so-

called terminal heat exchangers, have been developed, which, due to year-round use, can compete with hot water heat exchangers [268].

The aim of the work is to study the efficiency of using fuel heat in heat-recovery systems for recovering waste heat from gas-fired glass melting furnaces by using the developed air-heating heat-recovery exchanger – the terminal recuperator.

To achieve the goal, it was necessary to solve the following research tasks:

- develop software and carry out calculations of the thermal regime of regenerators of glass melting furnaces without the use of heat-recovery systems;
- develop an efficient design of the terminal recuperator;
- perform computational studies of the thermal performance of the system, "regenerator - terminal recuperator" and determine its efficiency indicators.

The well-known methods of thermal calculation of heat exchangers of regenerative and surface types [269, 270], as well as the results of our own studies of the dynamics of the dust content of the working surfaces of heat-recovery units of glass melting furnaces, were used [267].

Computational studies were carried out for regenerative glass melting furnaces for the production of container products. When carrying out these studies, the value of the initial temperature of flue gases at the inlet to the terminal recuperator corresponded to the calculated values of the final temperature of these gases at the outlet of the regenerator when air already heated to a certain temperature enters to the regenerator.

A schematic circuit of the use of the heat of waste gases of a regenerative glass melting furnace for heating combustion air in the terminal recuperator is shown in Fig. 1.

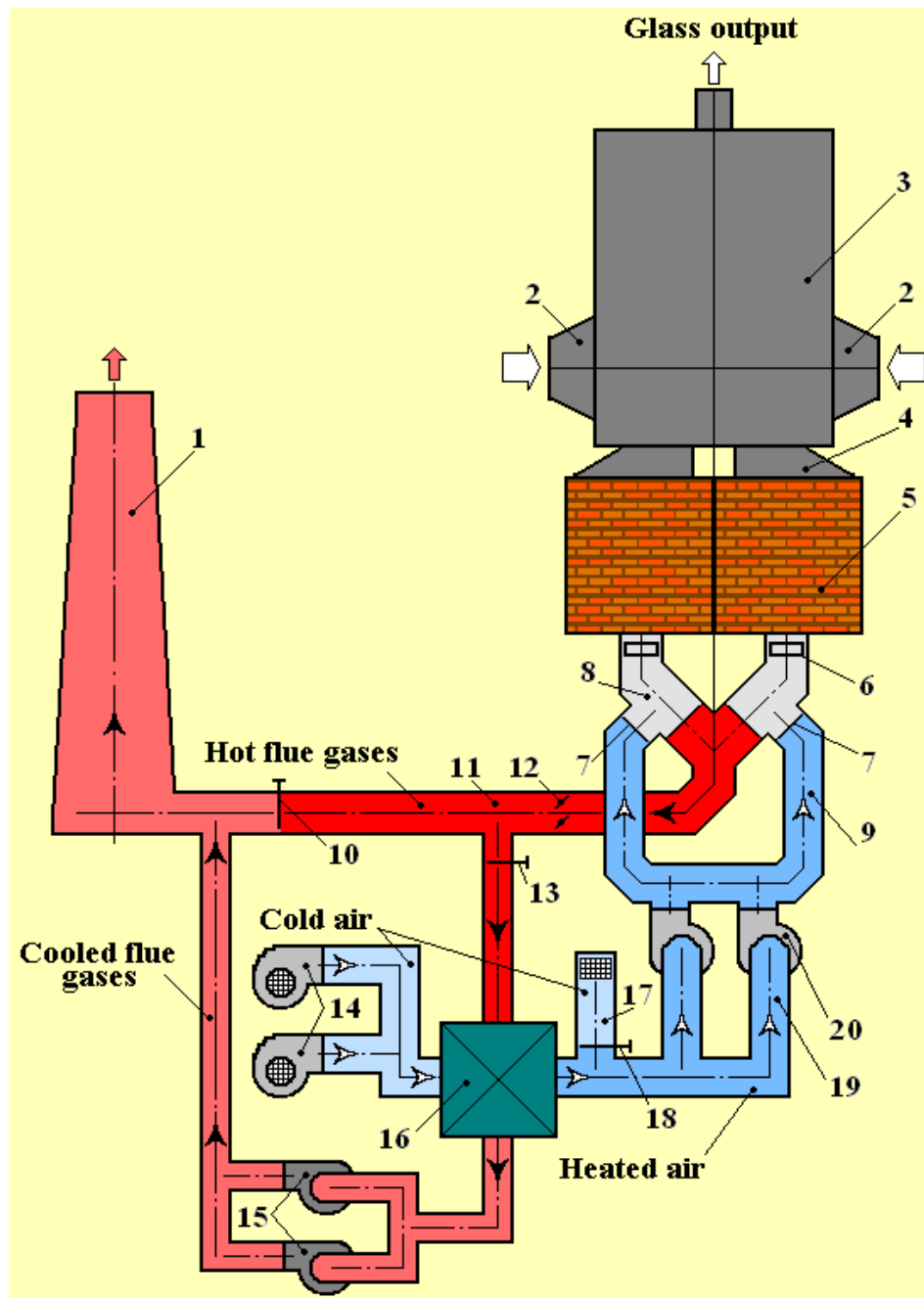


Figure 1. Scheme of waste heat recovery from glass melting furnace:

- 1 – chimney; 2 – loading pocket; 3 – brewing part of the furnace; 4 – burner device; 5 – regenerator; 6, 7 – transfer and regulating gate; 8 – exhaust-gas channels; 9 – air channels; 10, 13, 18 – shut-off gate; 11 – exhaust-gas ducts; 12 – block of rotary gates; 14, 20 – blowers; 15 – exhaust-gas exhausters, 16 – terminal recuperator, 17 – air intake from the atmosphere; 19 – preheated air duct (from recuperator).

The main initial data for performing thermal calculations of the regenerator and the terminal recuperator are shown in Table 1.

Table 1.

The main initial data of the regenerator and the terminal recuperator

Name of the indicator, dimension	Indicator value
Flue gas consumption, kg/s	2.3
Air consumption, kg/s	2.1
The outlet temperature of flue gases from regenerator (at the entrance to the recuperator), °C	400 ÷ 500
The inlet temperature of air to regenerator, °C	200 ÷ 250
The inlet temperature of air to recuperator, °C	20

In the scheme shown in Fig. 1, the developed terminal recuperator (pos. 16) is used, in which, due to the cooling of the exhaust-gases, air is preheated before it enters the regenerators of furnace. On fig. 2 schematically shows its general view.

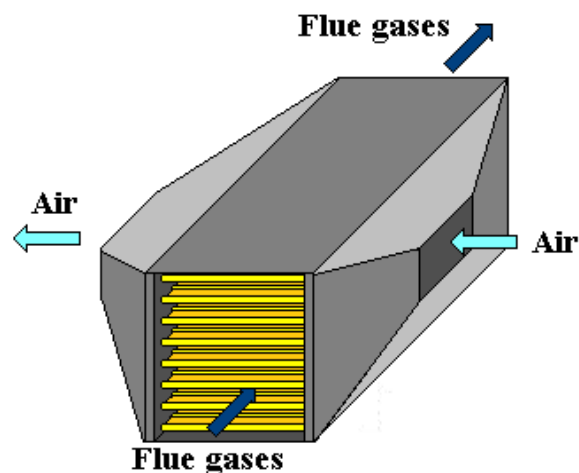


Figure 2. Schematic picture of the terminal recuperator

In the heat exchanger, air is preheated by cooling the exhaust-gases before it enters the furnace regenerator. The heat-exchange surface of this heat exchanger is assembled from packs of panels formed by pipes with membranes on the outer surfaces (Fig. 3 a, b). The panels use pipes with annular heat exchange intensifiers (Fig. 3c). The movement of heat carriers is cross with the passage of air in the pipes, and exhaust-gases in the annulus. In these pipes, the intensification of heat transfer inside the pipes

by 1.6 ÷ 1.9 times is ensured with a moderate (compared to other methods of heat transfer intensification) increase in aerodynamic resistance from the side of the heated air.

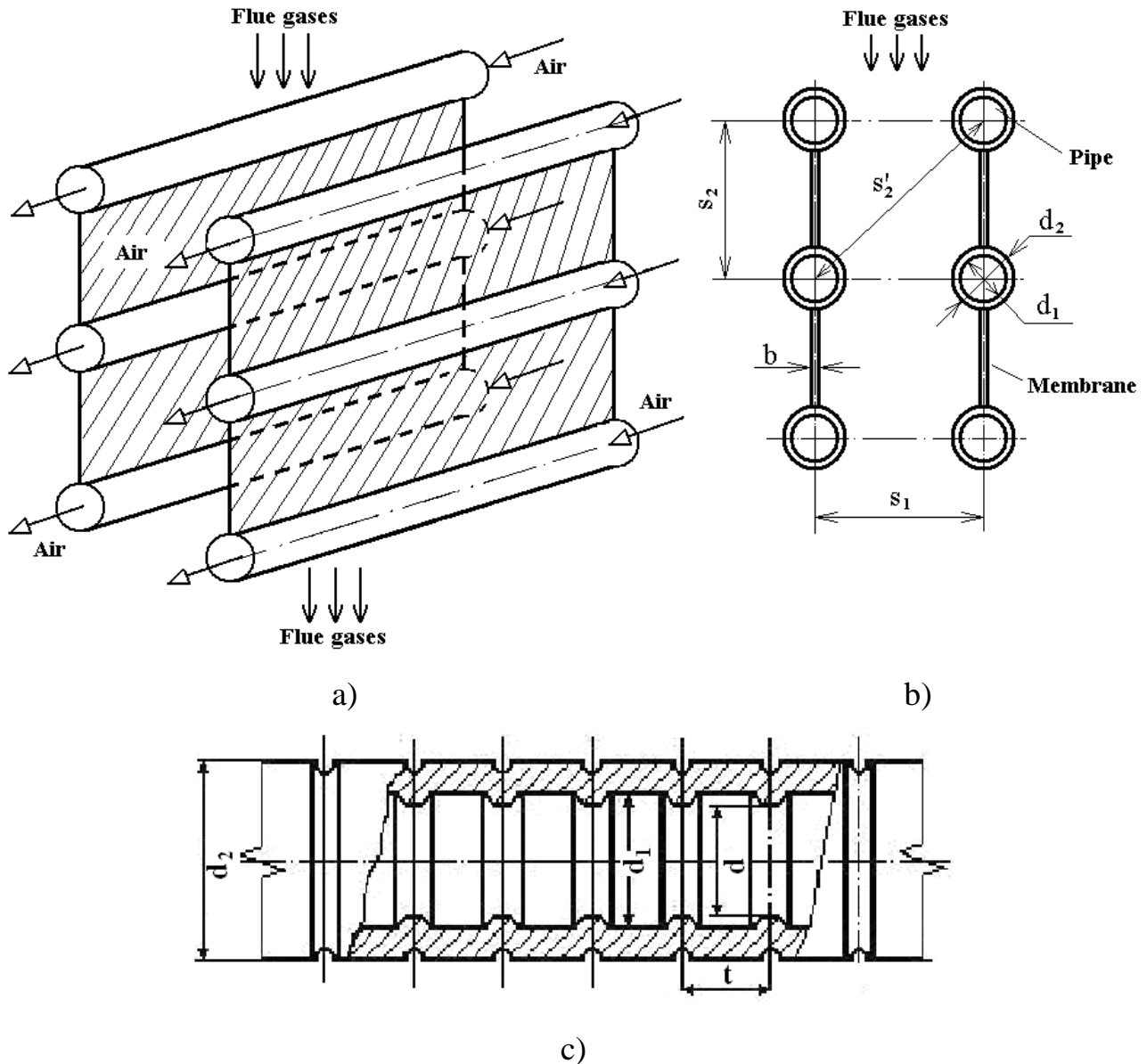


Figure 3. Membrane panels: a) – arrangement of membrane panels;
b) – profile of the channel for the passage of flue gases; c) – pipe with annular heat exchange intensifiers

The choice of heating surfaces for furnace air heaters (terminal recuperators) is determined by the characteristics of the exhaust-gases, which are usually characterized by a high level of solid technological carryover [267].

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

The layout of the heating surfaces from membrane panels provides the formation of slotted channels for the passage of exhaust-gases and the possibility of organizing effective cleaning of the heat exchange surface from the side of gases from possible dust deposits. The design of the recuperator allows it to be used for industrial furnaces with high levels of flue gas dustiness and to periodically clean the heating surfaces [267, 271]. Thermal calculations of the terminal recuperator were carried out at an average level of dust content of working surfaces between cleanings.

When using heat-recovery systems, especially with hot air equipment, there is a problem of choosing structural materials for heat-recovery exchangers. According to the results of studies [267], the temperature of air heating in metal recuperators is limited by the heat resistance of the materials used. In unalloyed metal recuperators, it is advisable to heat the air no higher than 250 °C. When using alloyed steel, the cost of recuperators increases significantly. Obviously, an increase in the level of air heating in the recuperator leads to its rise in price due to an increase in the heating surface, the need to change the flow pattern of heat carriers (counterflow to forward flow) and, finally, the need to manufacture the inlet part of the heat exchanger from heat-resistant alloys or ceramics.

As calculations have shown, in Ukraine the payback period for the introduction of a recuperator for a glass melting furnace is minimal at cold air is heated by 200 °C and does not exceed 0.5 years.

When developing the design of the terminal recuperator, at the preliminary stage of work, studies were carried out due to the need to determine the optimal design parameters of membrane panels (Fig. 3) for various parameters of flow turbulence on the inner surface of the pipes. On fig. 4 shows data on the thermal efficiency of these surfaces depending on the size of the turbulators. Optimal ratios of pipe and knurling parameters correspond to the maximum heat output of membrane heating surfaces. The studies were based on experimental data on heat transfer and hydrodynamics in pipes with annular flow turbulators found in the literature [272].

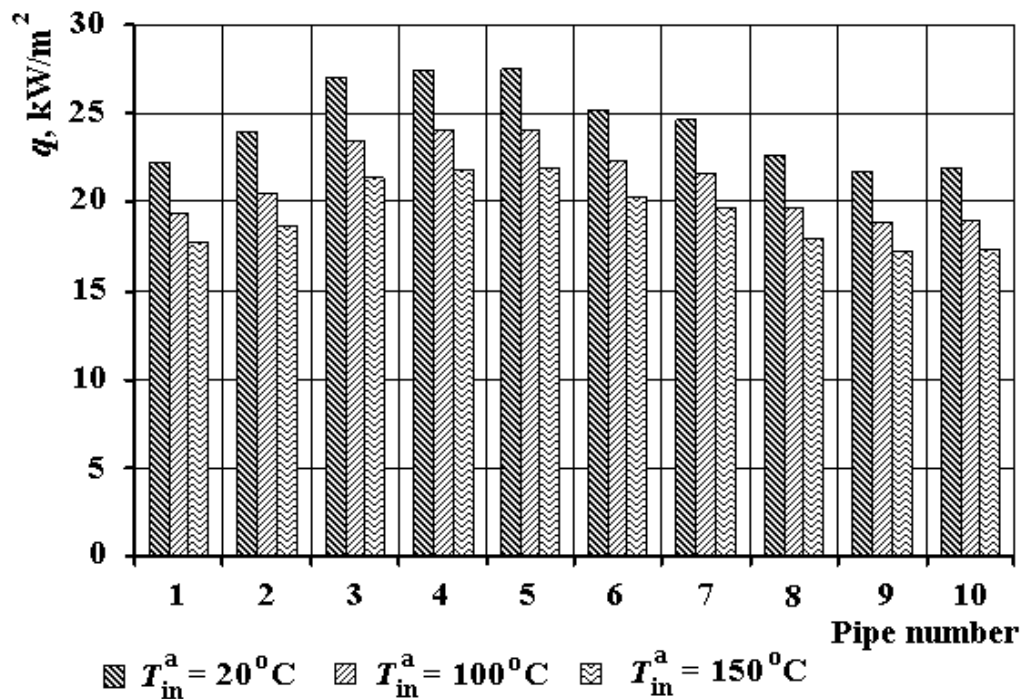


Figure 4. Specific thermal power q of the terminal recuperator depending on the parameters of the turbulators and the initial temperature T_{in}^a of the heated air:
 1 – $d/d_1 = 0.983$; $t/d_1 = 0.496$; 2 – 0.966 ; 0.498 ; 3 – 0.943 ; 0.497 ; 4 – 0.922 ; 0.523 ;
 5 – 0.875 ; 0.496 ; 6 – 0.912 ; 0.992 ; 7 – 0.946 ; 0.998 ; 8 – 0.944 ; 1.987 ;
 9 – 0.942 ; 3.989 ; 10 – smooth pipe.

In the work, computational studies on the aerodynamic characteristics of the indicated heat exchange surfaces were carried out. On fig. 5 shows the data on the aerodynamic resistance on the air side of bundles of membrane panels from pipes with annular turbulators.

As can be seen from the diagrams, the values of the parameters of the turbulators have a significant impact on the thermal performance of the equipment under study. For the conditions of application of terminal recuperators, pipes No. 3 turned out to be the most successful for use, which provide sufficiently high thermal performance with relatively low aerodynamic resistance. A somewhat lower, but acceptable efficiency in this respect is characterized by heat exchange surfaces with pipes No. 2 and No. 7.

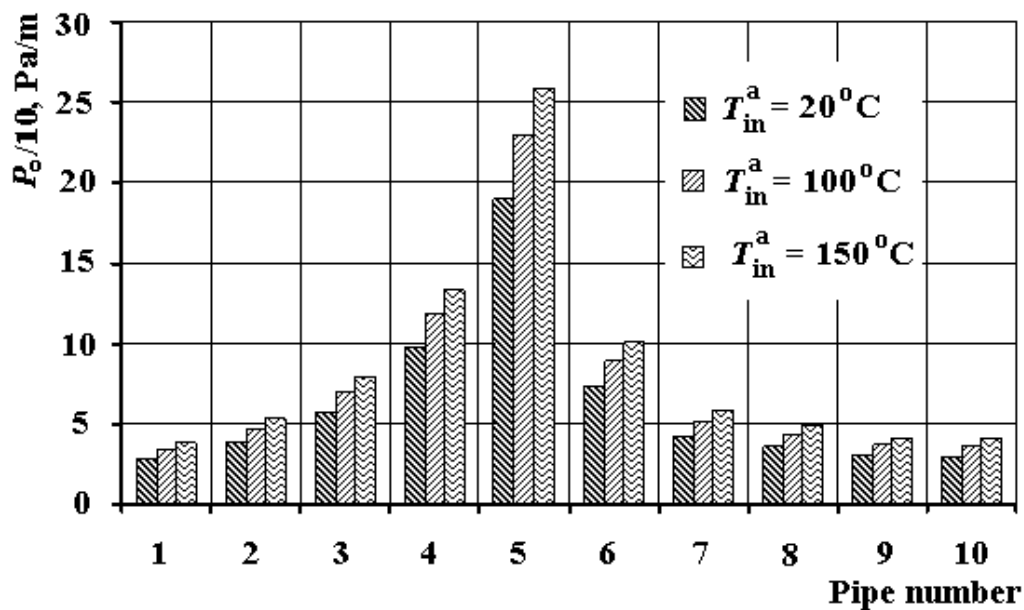


Figure 5. Aerodynamic air resistance P_o of the heat exchange surface of the terminal recuperator depending on the parameters of the turbulators and the initial temperature T_{in}^a of the heated air:

- 1 – $d/d_1 = 0.983$; $t/d_1 = 0.496$; 2 – 0.966 ; 0.498 ; 3 – 0.943 ; 0.497 ; 4 – 0.922 ; 0.523 ;
 5 – 0.875 ; 0.496 ; 6 – 0.912 ; 0.992 ; 7 – 0.946 ; 0.998 ; 8 – 0.944 ; 1.987 ;
 9 – 0.942 ; 3.989 ; 10 – smooth pipe.

Consequently, the conducted studies made it possible to determine the optimal parameters of turbulators when they are used in membrane panels of terminal recuperators of furnaces.

Computational studies were carried out on the thermal characteristics of the terminal recuperators for the one shown in Fig. 1 heat-recovery system when using this heat-recovery equipment during the entire period of operation of the furnace. The results of calculations in the characteristic range of ambient temperatures during the year are given in Table 2.

The results obtained indicate that the use of terminal recuperators can significantly increase the efficiency of the furnace by cooling the exhaust-gases leaving the furnace regenerators. As can be seen from Table 2, under the considered conditions during the operation of the terminal recuperators, the waste gases are cooled by 180°C , and the combustion air is heated by 200°C .

Table 2.

Technical characteristics of the terminal recuperator

Name of the indicator, dimension	Indicator value
Thermal productivity, kW	430
Flue gas consumption, kg/s	2.3
The coefficient of excess air in gases	1.2
The inlet temperature of flue gases, °C	500
The outlet temperature of flue gases, °C	320
Air consumption, kg/s	2.1
The inlet temperature of air, °C	20
The outlet temperature of air, °C	220
Aerodynamic resistance of gases, Pa	350
Aerodynamic resistance of air, Pa	400
Overall dimensions, mm:	
length	2800
width	1500
height	3200
Mass, t	4200
Efficiency of the regenerator	39.0
Efficiency of the recuperator	9.0
Efficiency of the regenerator with recuperator	48

This makes it possible to reduce the consumption of fuel for the furnace, which is spent on heating the air to a temperature of 200 °C. At the same time, a decrease in fuel consumption per furnace does not directly correspond to an increase in the efficiency of the recuperator, but is somewhat lower. This is due to some decrease in the efficiency of the regenerator when heated air enters it.

Conclusions:

1. It is proposed to use in heat-recovery systems for fuel-using industrial furnaces of a regenerative type new air-heating equipment (terminal recuperator), the

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

heat exchange surface of which is composed of panels formed by pipes with heat transfer intensifiers on the inside and membranes on the outside. This design makes it possible to effectively clean the working surfaces of the heat exchanger from deposits of process dust contained in the waste gases of the furnace.

2. Rational geometrical parameters of heat exchange intensifiers are determined to ensure high thermal efficiency of the recuperator.

3. It is shown that the use of terminal recuperators in the "regenerator-recuperator" system provides a total increase in the efficiency of the furnace by 48 %, where 39 % is an increase in efficiency in the regenerator, and 9 % – in the recuperator.

8.2 Prospects for development of wind energy in carpathian region of Ukraine in the post-war period

Одним з провідних факторів який забезпечує економічну незалежність та потенціал кожної країни є стабільний розвиток енергетики. Енергетична структура, яка повністю залежить від вичерпних запасів органічних видів палива, негативно впливає на економічний стан країни. Тому найбільш розвинені країни підтримують тенденцію впровадження нетрадиційних джерел в енергетичний комплекс, всебічно сприяючи його розвитку та поширенню на своїй території.

На початку XXI ст. спостерігаємо динамічне зростання споживання електроенергії, вичерпність традиційних джерел енергії, збільшення кількості населення, зростання цін на органічне паливо, значне забруднення навколишнього середовища. Тому світова спільнота дедалі більше переходить до так званої вуглецево-нейтральної енергетики.

Маючи достатній потенціал для розвитку альтернативної енергетики на своїй території, Україна за останні роки також збільшила вироблення енергії від нетрадиційних джерел [273–275]. І хоча провідними виробниками все ж залишаються теплові та атомні електростанції, вироблення альтернативної енергії збільшується і на сьогоднішній день становить близько 7% від загального енергоспоживання [273].

Для України цей шлях є дуже важливим також через підписані міжнародні угоди та прийняті зобов'язання, які покликані заохотити бізнес переходити на чисту енергетику. Важливим кроком українського уряду що сприяє збільшенню виробництва "чистої" енергії, є впровадження "зелених" тарифів – спеціальних пільгових цін на закупівлю електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел. Цей законопроект став рушійною силою, адже дозволяє виробникам продавати свою енергію в енергомережу з підвищеним коефіцієнтом.

Одним із перспективних напрямків розвитку нетрадиційної енергетики для

України в післявоєнний період буде використання енергії вітру та сонця. Технічно досяжний потенціал вітроенергетики України перевищує аналогічний показник сусідніх країн ЄС, таких як Польща, Болгарія та Румунія. За розрахунками науковців, при максимальному використанні сили вітру можна було б одержувати електроенергію в обсягах, які б надавали можливість забезпечити до 50% загального енергоспоживання країни.

На сьогоднішній день виробництво електроенергії за рахунок вітру, пройшовши довгий шлях удосконалення досягло рівня зрілої технології. В результаті, сучасний вітровий парк за своїми характеристиками не поступається традиційній електростанції. За аналітичними спостереженнями можна зробити висновок, що вітрова енергія, відіграватиме провідну роль у майбутньому для заміни ряду поточно використовуваних джерел енергії. Прогнозується, що енергія вітру може забезпечити 12% від загального світового споживання енергії найближчим часом [276].

Існуючі на сьогоднішній день в Україні потужності вітряних електростанцій перевищують 51 МВт, а з моменту, коли запрацювала перша вітчизняна вітряна електростанція, вироблено понад 80 млн кВт·год. електроенергії. За оцінками фахівців, загальна потенційна потужність української вітроенергетики становить 5000 МВт. Узбережжя Чорного та Азовського морів, гористі райони Кримського півострова і Карпат, південно-східні області найбільш підходять для будівництва вітрових електростанцій [277]. На нинішній день в Україні працює лише близько 30-ти вітрових електростанцій (ВЕС), найпотужнішими серед яких є Ботієвська та Новоазовська ВЕС на півдні України, а також Старосамбірська ВЕС в Карпатському регіоні.

Підраховано, що за нинішнього рівня розвитку вітроенергетики спорудження у «вітряних» регіонах України вітрових електростанцій дозволило б покрити ледве не третину потреби електроенергії, яку ми споживаємо. Із технічної точки зору вітряна електроенергетика на сьогодні вже впритул наблизилася до традиційної: на сучасних вітряних турбінах коефіцієнт використання встановленої потужності сягає 42% [277]. Це майже стільки, як на

турбінах поширених нині теплових електростанцій.

Важливими завданнями для розвитку нетрадиційної енергетики нашої країни є проаналізувати причини повільного впровадження вітрових установок для вироблення електроенергії, дослідити роботу діючої вітрової електростанції, виділити її економічні та екологічні переваги та перспективи, запропонувати заходи, які сприятимуть інтенсифікації будівництва вітрових електростанцій в Україні. Тому метою цієї роботи є дослідження можливості впровадження вітрових парків, зокрема в Карпатському регіоні України, аналіз роботи діючих вітрових установок на прикладі ВЕС “Старий Самбір - 2”, виявлення проблем, які сповільнюють розвиток вітрової енергетики та внесення пропозицій щодо їх подолання.

Найважливішим фактором будівництва вітроелектростанції є геолокація місцевості та притаманна їй швидкість вітру [278]. Тому особливо актуальним є розвиток вітроенергетики для Карпатського регіону, який є одним з кращих в країні з точки зору існуючого вітрового потенціалу. Середня швидкістю вітру тут досягає 6,5-7,5 м/сек, що є достатнім для спорудження промислових ВЕС (рис. 1).

Ці припущення підтвердилися після встановлення у лютому 2015 року спочатку першої черги вітряків на віктроелектростанції (ВЕС) “Старий Самбір - 1”: двох агрегатів Vestas V112 загальною потужністю 6,6 МВ, а у жовтні 2016 року – ще двох, які продемонстрували свою високоефективну роботу. Вони також стали рушійною силою подальшого встановлення ще потужнішої ВЕС “Старий Самбір - 2” [279].

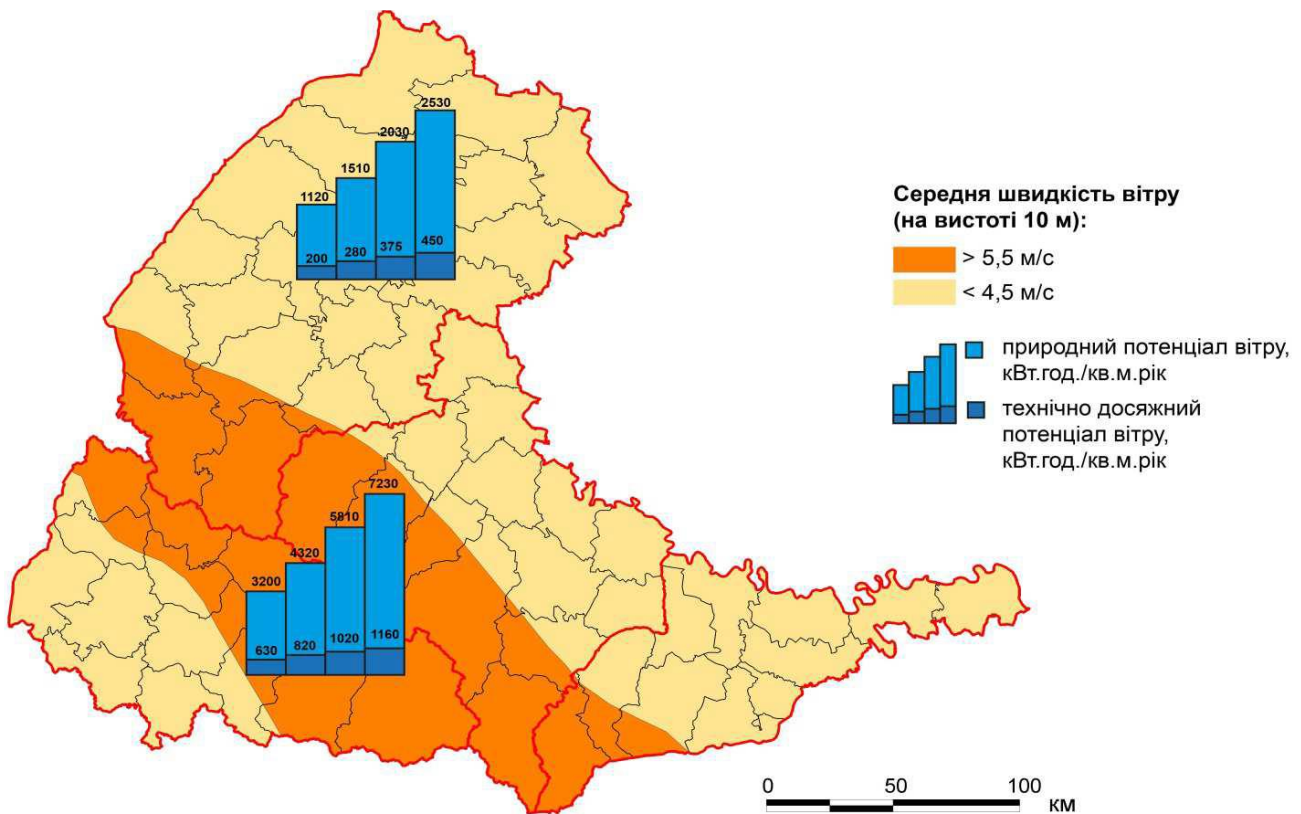


Рисунок 1. Вітровий потенціал на території Карпатського регіону

Перспективними щодо розвитку вітроенергетики в Карпатському регіоні є Яворівський, Золочівський, Стрийський, Дрогобицький, Самбірський райони Львівської області та Косівський, Коломийський, Калуський, Верховинський, Надвірнянський райони Івано-Франківської області. В таблиці 1 представлені області Карпатського регіону їхній природній потенціал вітру та економічна оцінка цього потенціалу. Проаналізувавши дані з цієї таблиці, можна зробити висновок, що Львівська область займає лідируючі позиції за економічною оцінкою потенціалу вітру. Потенціал вироблення енергії на її території становить 7230 кВт*год/м², що може становити близько 6939,5 млн грн/рік [278].

За результатами проведеного аналізу було встановлено що для ВЕС в цьому регіоні доцільно використовувати вітряні турбіни потужністю 2,0–4,0МВт.

Відповідно до регіонального сценарію розвитку вітрової енергетики, запропонованого програмою фінансування альтернативної енергетики в Україні (USELF), передбачено технічно та економічно можливі потужності вітрової енергетики Західного регіону на рівні 1408 МВт [280].

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

Таблиця 1. Вітроенергетичний потенціал гірських областей Західного регіону

Область	Природний потенціал вітру, кВт* год/м ² на рік	Технічно-досяжний потенціал вітру, кВт* год/м ² на рік	Площа області, км ²	Технічно-досяжний потенціал в млн т у.п./ рік	Економічна оцінка потенціалу вітру, млн грн/рік
Львівська	7230	1150	21833	1,27	6939,5
Івано-Франківська	5810	1020	13900	0,27	1475,3
Чернівецька	4320	830	8097	0,3	1639,3
Закарпатська	4320	830	12777	0,3	1639,3
Разом				2,14	11693,4

Проте, незважаючи на всі вище наведені переваги, розвиток відновлюваної енергетики в Україні стримується низкою негативних факторів, основними з яких є:

- недостатнє нормативно-правове забезпечення;
- відсутність повноцінної стимулюючої політики держави;
- недостатність фінансування науково-дослідних і конструкторських розробок;
- недостатнє інформування і консерватизм потенційних виробників і споживачів;
- нестача інженерних і наукових кадрів, здатних вирішувати організаційно-технічні, екологічні, економічні проблеми використання відновлюваної енергії;
- велика капіталомісткість проєктів ВЕС.

Впродовж останніх років на території Львівської, Закарпатської, Івано-Франківської областей діяв проєкт під назвою “Енергія Карпат”, ініціатором проведення якого є Фонд Східна Європа за кошти, надані Telenor Group в Україні, Посольством Фінляндії в Україні та Агентством США з Міжнародного Розвитку (USAID). У рамках цього проєкту було досліджено наявні енергетичні ресурси у гірських вище згаданих районах. А отримані результати дали можливість оцінити фактичне споживання у них по видах ресурсів з одного боку,

та оцінити ресурси альтернативних, перш за все відновлюваних джерел енергії, – з другого. Результатом цього проекту і стало введення в експлуатацію ВЕС “Старий Самбір - 2”.

ВЕС “Старий Самбір - 2” (рис. 2) є однією з найпотужніших вітроелектростанцій введених в експлуатацію в Карпатському регіоні на сьогодні. Вона розташована біля міста Старий Самбір Львівської області, яке знаходиться в низинах Прикарпаття, де середньорічна швидкість вітру становить 6,5-7,5 м/с. Такий потенціал вітру дав можливість побудувати рентабельну промислову вітроелектростанцію, загальною потужністю 20,7 МВт. Самбірська ВЕС складається з шести віротурбін фірми Vestas типу V126-3,45, одиничною потужністю 3,45 МВт кожна, обладнана інформаційною системою SKADA [275].

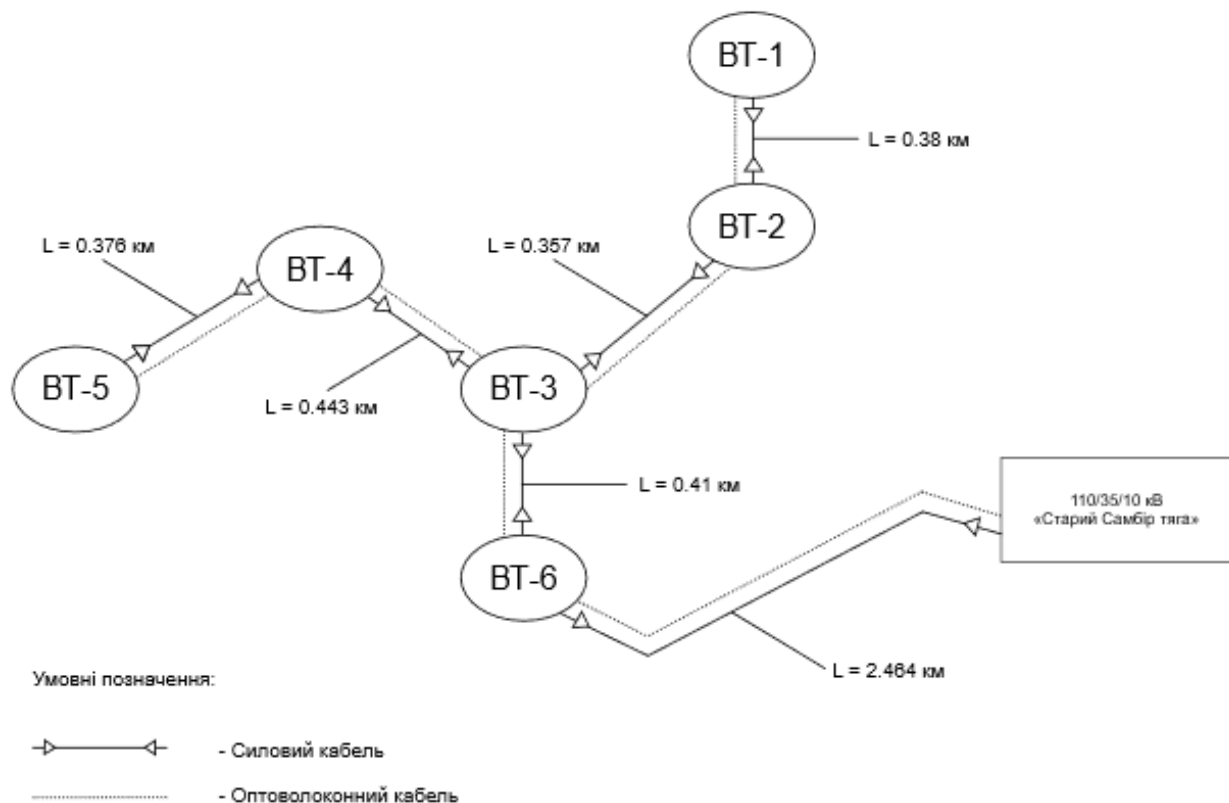


Рисунок 2. План-схема ВЕС “Старий Самбір–2”

Територія, на якій розташована ВЕС, складається з окремих ділянок із розташованими на них спорудами, що формують комплекс вітроелектростанції, а саме: вітроелектроустановок (ВЕУ), трансформаторного пункту (КТП), технологічних проїздів, лінії електропередач. На рис. 2 наведена спрощена план-схема ВЕС “Старий Самбір - 2”, яка містить шість вітрових турбін (ВТ) та вказані

відстані між ними [275].

Вітрова турбіна фірми Vestas обладнана ротором V126-3,45, що складається з трьох лопатей і серцевини (рис. 3) [275]. На сьогодні, саме ця компанія відіграє ключове місце у виробництві вітрових установок, і її турбіни мають одні з кращих технологічних показників на ринку України.

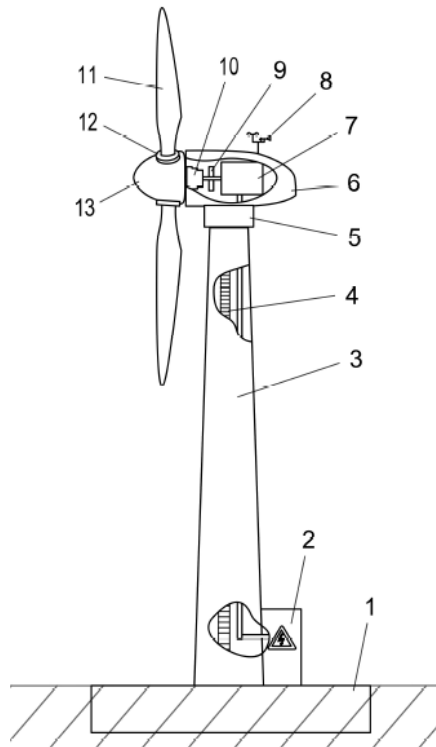


Рисунок 3. Загальний вигляд вітро-
установки на ВЕС “Старий Самбір - 2”:

- 1 – фундамент;
- 2 – трансформатор;
- 3 – вежа;
- 4 – драбина;
- 5 – поворотний механізм;
- 6 – гондола;
- 7 – електричний генератор;
- 8 – контролер;
- 9 – гальмівна система;
- 10 – трансмісія;
- 11 – лопаті;
- 12 – концентратор;
- 13 – система зміни кута лопаті

Лопаті виконані зі скловолокна та зміцнені епоксидними, вуглецевими волокнами та твердим металом. Додатково вставлена сталева серцевина для з'єднання лопатей. Вони складаються з двох крил аеродинамічного профілю, з'єднаних з хвостовиком. Довжина кожної лопаті становить 66,66 м.

Форма і профіль лопатей ротора були розроблені з умови забезпечення наступних критеріїв: коефіцієнт високої потужності; тривалий термін служби; низький рівень шуму; низька механічна деформація; ефективне використання матерії. Лопаті ротора розроблені спеціально для роботи при змінних швидкостях. Покриття поверхні лопатей ротора захищає їх від шкідливих впливів навколишнього середовища, таких як ультрафіолетове випромінювання та ерозія.

Лопатями курує мікропроцесорна система управління OptiTip®. Мікропроцесорні підсилювачі, які не залежать один від одного, регулюють

кожну з трьох лопатей ротора. Давач кута у кожній лопаті ротора постійно відслідковує кут нахилу лопатей та забезпечує синхронізацію кута на всіх трьох лопатях. Це забезпечує швидкість та точність корекції кутів лопаті відповідно до переважної вітрової потужності. Таким чином відповідно до переважаючих вітрових умов, лопаті безперервно переміщуються з метою оптимізації їх кута нахилу.

На вітроелектростанції “Старий Самбір-2” вітротурбіни починають працювати від сили вітру 3 м/с, і автоматично зупиняються, якщо швидкість вітру менша за 3 м/с чи перевищує 25 м/с. На станції організоване стаціонарне управління за допомогою комп’ютеризованої системи без обслуговуючого персоналу.

На рис. 4 зображено залежність кількості виробленої енергії від швидкості вітру, на якому по осі абсцис показано швидкість вітру м/с, а по осі ординат потужність у МВт.

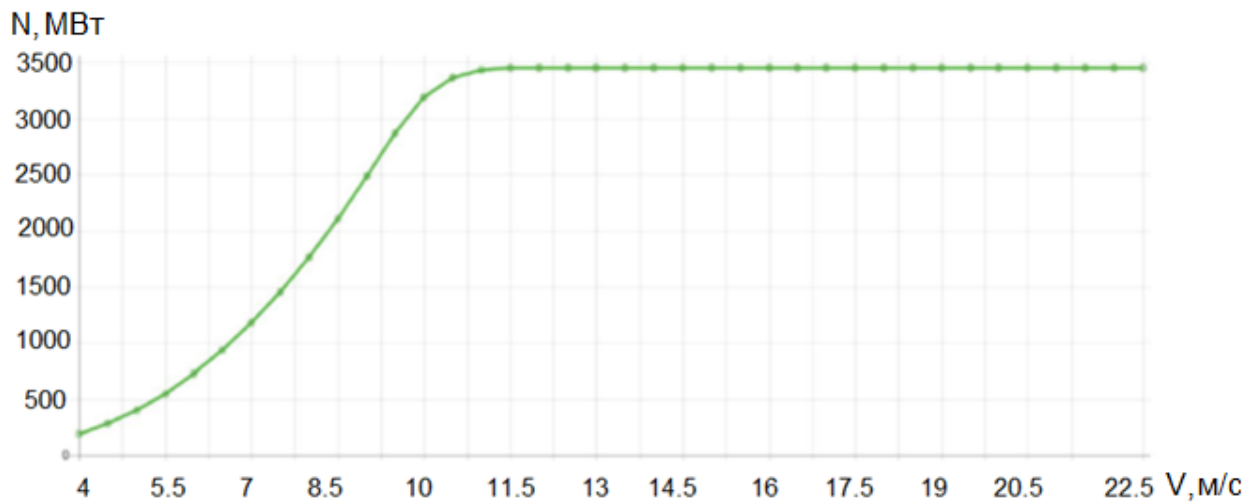


Рисунок 4. Залежність кількості виробленої енергії від швидкості вітру

Річне виробництво електричної енергії та аеродинамічні втрати на ВЕС “Старий Самбір-2” наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Річне виробництво електричної енергії на ВЕС “Старий Самбір-2”

№ ВТ	Тип ВТ	Середня швидкість вітру, м/с (за вільного потоку)	Середня швидкість вітру, м/с	Виробництво електроенергії, кВт*год/рік	Ефективність, %	Виробництво електроенергії, кВт*год/рік (з врахуванням втрат)
1	3-мегаватна платформа V126-3.45	6,13	6,08	9 000 000	99,2	8 910 000
2	3-мегаватна платформа V126-3.45	6,43	6,11	9 321 000	95,0	8 850 000
3	3-мегаватна платформа V126-3.45	6,60	6,07	9 473 000	92,0	8 720 000
4	3-мегаватна платформа V126-3.45	6,48	6,26	9 692 000	96,6	9 300 000
5	3-мегаватна платформа V126-3.45	6,32	6,00	9 048 000	95,0	8 600 000
6	3-мегаватна платформа V126-3.45	6,62	6,12	9 534 000	92,5	8 770 000
	Середнє значення	6,43	6,11	56060000	95,0	53 150 000

Проаналізувавши таблицю 2, можна зробити висновок про високу ефективність роботи ВЕС “Старий Самбір-2”, адже одна з платформ V126-3.45 із найкращими показниками на даний момент, виробляє 8910000 кВт*год/рік (з втратами) електричної енергії, а її коефіцієнт корисної дії досягає 99,2%. Загалом комплекс установок виробляє 53150000 кВт*год/рік (з втратами) електричної енергії, а його коефіцієнт корисної дії досягає 95 %, що підтверджує енергоефективність ВЕС та є хорошим показником на світовому ринку. Розраховано також коефіцієнти рентабельності та терміну окупності досліджуваної ВЕС, які є прийнятними для об'єктів енергетики. Так, за розрахунками ВЕС повинна окупити свою вартість протягом 8-9 років. Однак,

оцінюючи ефективність ВЕС, необхідно брати до уваги те, що потужність станції цілком залежить від вітрового режиму, який не можна регулювати самостійно і в певні проміжки часу виробництво енергії може взагалі бути відсутнім.

Підсумовуючи слід зазначити, що відновлювана енергетика – це найдоступніший, найбезпечніший та найдешевший вид електроенергії. А вітрова енергетика – це одна з небагатьох галузей, яка залучає інвестиції в оновлення потужностей з генерування електроенергії. Тому, враховуючи сприятливі природні умови Карпатського регіону, енергоефективну роботу діючих ВЕС, зокрема проаналізованої в роботі ВЕС “Старий Самбір-2”, необхідно створити відповідні умови та інтенсифікувати будівництво вітрових електростанцій в цьому регіоні в післявоєнний період. Для цього авторами пропонується забезпечити такі заходи: удосконалити нормативно-правову базу в галузі відновлювальної (зокрема вітрової) енергетики; забезпечити стимулювання від держави для інвесторів та власників ВЕС; гарантувати фінансування науково-дослідних і конструкторських розробок науковим установам, які займаються дослідженнями та проектуванням вітрових станцій; інформувати потенційних виробників і споживачів про переваги вітрової енергетики; забезпечити підготовку інженерних і наукових кадрів у галузі нетрадиційної енергетики.

Таким чином, у роботі проведено аналіз розвитку вітрової енергетики в Україні, як перспективного альтернативного джерела енергії. Виявлено причини повільного впровадження вітрових установок для вироблення електроенергії в Україні. Виконано огляд джерел та статистичних даних з розвитку вітрової енергетики на території України. Проведений аналіз умов Карпатського регіону, який є одним із найпривабливіших для встановлення вітрових установок, завдяки майже постійному вітру з достатньою швидкістю для роботи вітряків. Проаналізовано роботу діючої вітрової електростанції “Старий Самбір-2” – однієї з найпотужніших вітроелектростанцій в Карпатському регіоні України. Показано її економічні та екологічні переваги, високу продуктивність, високі значення ККД та кількості виробленої електричної енергії.

Запропоновано низку заходів, які сприятимуть інтенсифікації будівництва

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

вітрових електростанцій в Україні в післявоєнний період, зокрема по удосконаленню нормативних документів в галузі відновлювальної енергетики; забезпеченню стимулюючої політики державних органів для потенційних інвесторів; організацію підготовки інженерних і наукових кадрів у галузі нетрадиційної енергетики тощо.

8.3 Дослідження аеродинамічного опору різних типів конструкцій армування стовбура і підйомних посудин

Стовбури шахт є одними з основних вентиляційних виробок у схемі вентиляції підземних виробок шахт і копалень, за допомогою яких здійснюється вентиляція шахти.

При центральній схемі вентиляції шахти повітря надходить і виходить крізь вертикальні стовбури, при фланговій- повітря надходить крізь клітьовий стовбур і виходить крізь шурфи або вентиляційні свердловини, при криловій схемі вентиляції використовується єдине вироблення на все крило, при дільничній - вхідний струмінь проходить крізь кліть через свердловини у кожній ділянці. При всіх схемах вентиляції шахти вхідний вентиляційний струмінь проходить крізь вертикальний стовбур, який служить не тільки основним вентиляційним виробленням, а й транспортною артерією шахти, крізь яку відбуваються основні вантажопотоки шахти, спуск-підйом людей, негабаритів, корисних копалин, матеріалів та інше. Рух підйомних посудин у стовбурі здійснюється у провідниках армування, тому поряд з вимогами до міцності, надійності, низької динамічності, висуваються вимоги до низького аеродинамічного опору конструкцій армування стовбурів.

Вертикальний стовбур служить протягом усього часу експлуатації, та довгий час - у режимі реструктуризації шахти, створюючи аеродинамічний опір як крайня виробка перед шахтним вентилятором, та збільшує електроспоживання протягом усього терміну служби шахти.

Згідно з «Правилами безпеки у вугільних шахтах: НПАОП, 10.0-1.01-10.» [281] максимальна швидкість руху повітря для скіпових стовбурів дорівнює 12м/с, для стовбурів - для спуску та підйому людей та вантажів дорівнює 8м/с.

Розрізняють три основні види армування вертикальних стовбурів: -жорсткі; -гнучкі; -канатно-профільні; -жорсткі з провідниками з коробчастої балки або рейок, які закріплені на розстрілах через весь переріз стовбура – все це створює

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

високий аеродинамічний опір стовбура, і також він підвищується за рахунок накопичення на розстрілах гірської маси.

Гнучке армування має значно менший аеродинамічний опір, ніж жорстке, проте має певні недоліки: - постійне розгойдування посудин у стовбурі; - низький термін експлуатації провідникових канатів; - велику кількість відбійних канатів між різними підйомними машинами; - канатні провідники, які розташовані по центру стовбура, створюють великі складності при експлуатації.

Канатно-профільне армування (далі – КПА) складається з канатно-профільних провідників (далі – КПП) і консольно-демпфуючих розстрілів (далі – КДР) [283, 284, 285] і не має відбійних канатів, провідників у центрі стовбура та розстрілів, розташованих повз весь переріз стовбура, тому має низький аеродинамічний опір стовбура.

На аеродинамічний опір вертикального стовбура в умовах роботи підйомної установки впливає велика кількість факторів, таких як:

- зледеніння в зимовий час;
- порушена геометрія вертикального стовбура;
- аеродинамічний опір кріплень армування вертикального стовбура;
- викривлення розстрілів та ярусів;
- обводненість стовбура;
- просипи породи та вугілля у стовбур;
- присоси повітря;
- зміна вологості та атмосферного тиску по глибині стовбура;
- вплив свіжого струменя повітря на горизонтах та інші фактори;

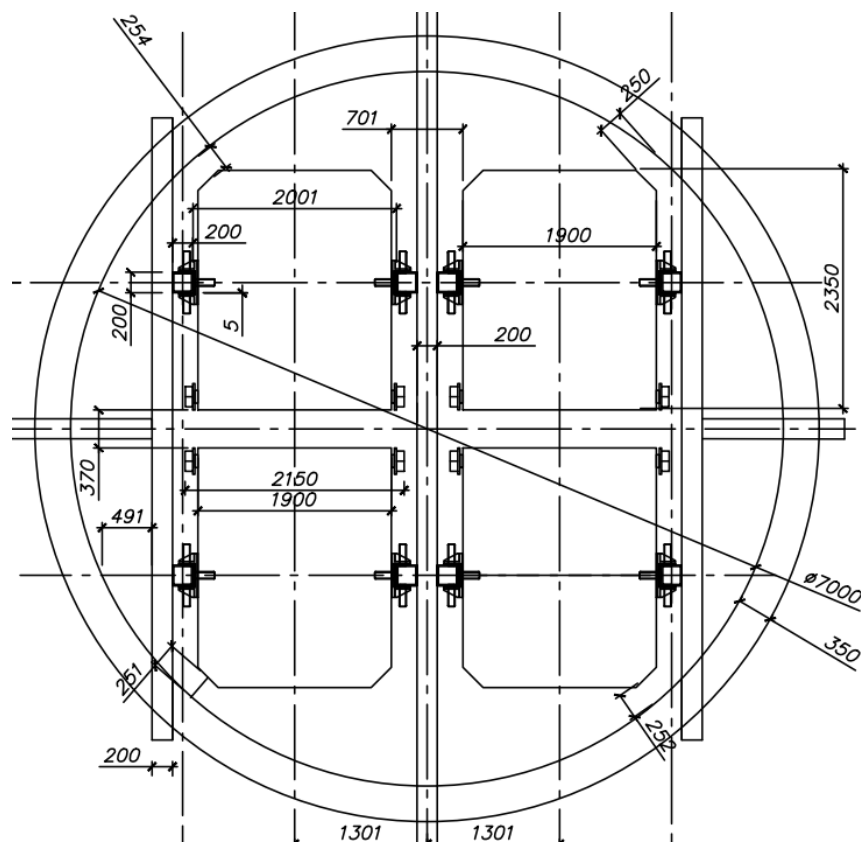
Облік впливу всіх вище перерахованих факторів є трудомістким завданням, тому досліджувалися схеми армування, без урахування вищезазначених факторів. Для цього у програмі ANSYS 17.0 для розрахунку закладалися моделі з різними конструктивними схемами армування, але з однаковими параметрами вихідних умов продувки. За основу було обрано стовбур глибиною 1200м і діаметром 7м, зі швидкістю руху повітряного струменя 14м/с. Метою дослідження є вибір найбільш оптимальної схеми армування за фактором

аеродинамічного опору стовбура.

Виконаємо дослідження аеродинамічного опору на ділянці армування довжиною 4.1м, застосовуючи жорстке і гнучке канатно-профільне армування (КПА).

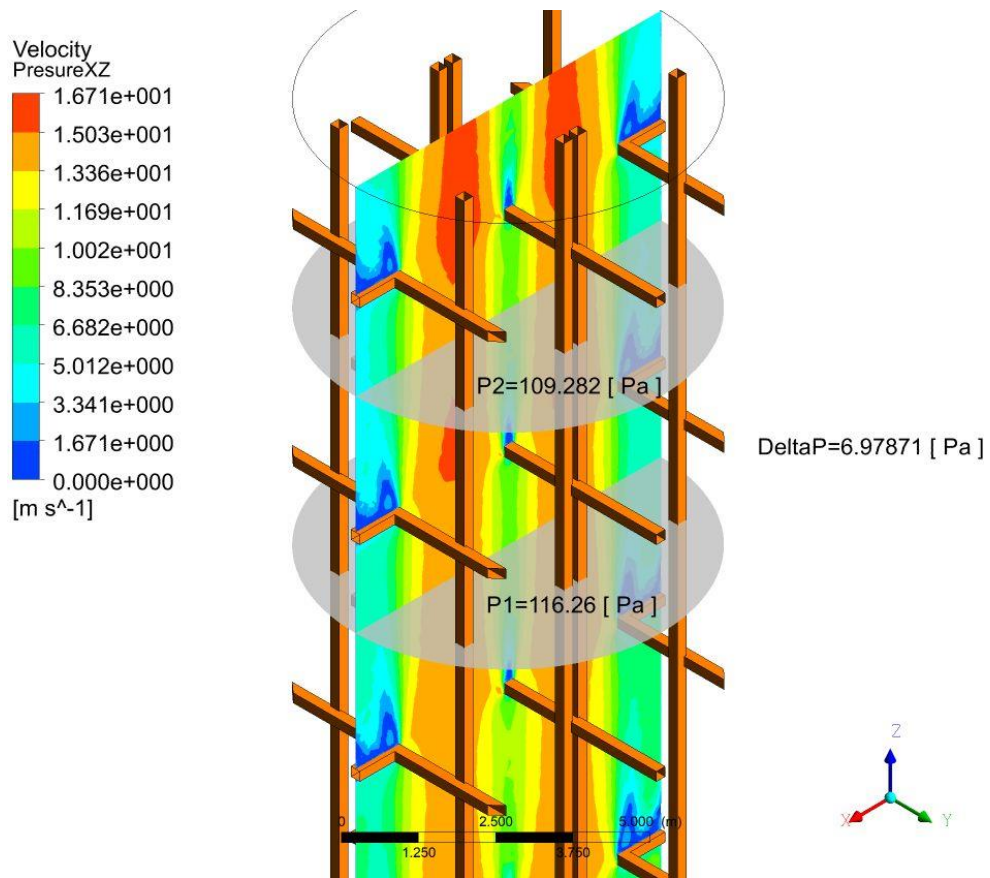
На фіг. 1. зображено схему ярусу жорсткого армування стовбура, обладнаного двома вугільними скіповими установками зі скіпами типу 1СН352 і коробчастими розстрілами. На фіг. 1.2 зображена модель продування ярусу жорсткого армування стовбура компонування, представленого на фіг. 1.

На фіг. 2. зображена схема ярусу армування стовбура з канатно-профільними провідниками (КПП), і на фіг. 2.1 зображена модель продування схеми армування з КПП за тих же параметрів. Аналогічно виконуються дослідження для гнучкого армування, результати досліджень продувки різних типів армування зведені у табл. 1.

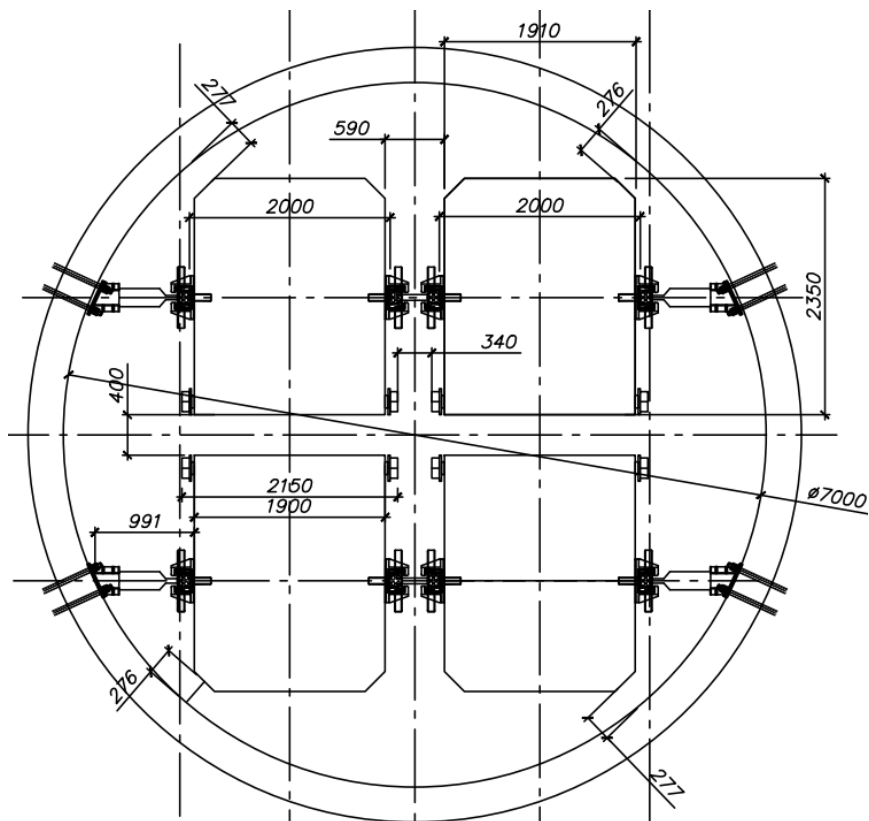


Фігура. 1. Схема ярусу жорсткого армування стовбура

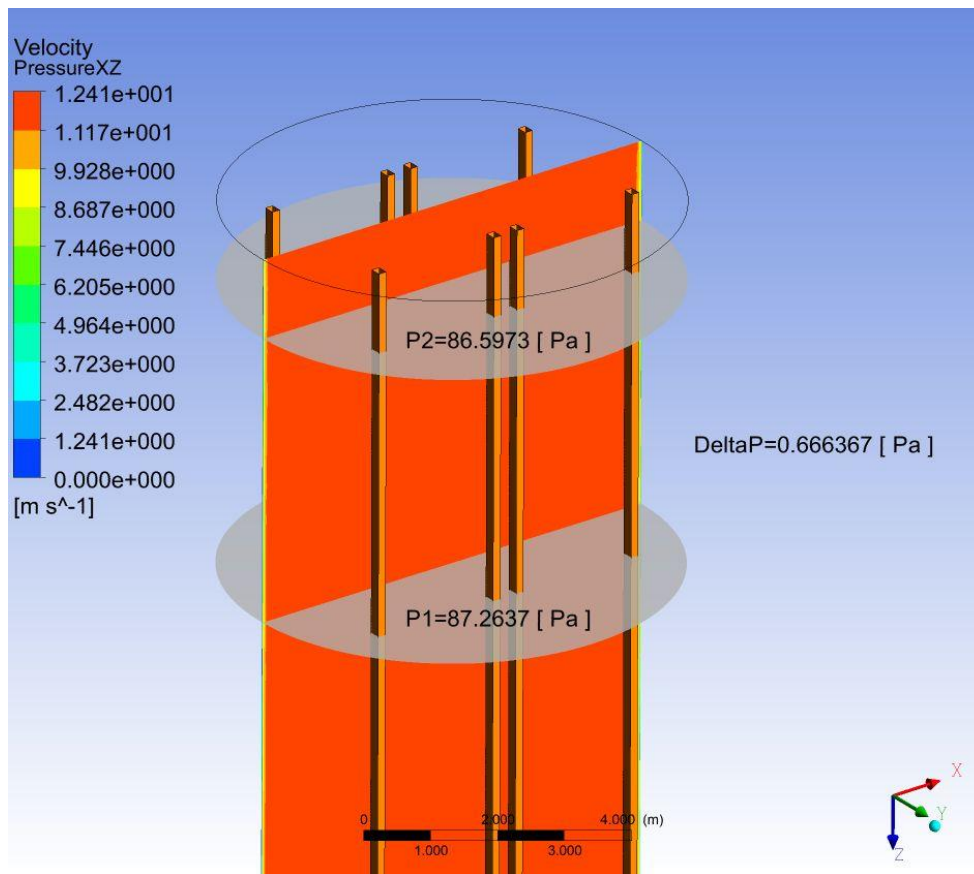
PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE



Фігура. 1.2. Модель продування ярусу жорсткого армування стовбура



Фігура 2. Схема ярусу армування стовбура з канатно-профільними провідниками (КПП).



Фігура 2.1. Модель продування ярусу армування стовбуру з КПП.

Табл. 1

Аеродинамічний опір різних типів армування

№ п/п	Найменування	Од. вим.	Жорстке армування	Гнучке армування (16 канатів ф52)	КПА
1	Глибина стовбуру	м	1 200,00	1 200,00	1 200,00
2	Діаметр стовбуру	мм	7000	7000	7000
3	Швидкість руху повітряного струменю	м/с	14	14	14
4	Схема армування		фіг.1		фіг.2
	Розстріли				
1	Тип розстрілу		коробчаста балка		КДР
3	Перетин розстрілу	мм	200x200x14		160x80x5x7,4

4	Довжина розстрілів у ярусі	м.п.	24		3,2
5	Крок армування	м	4,10		60,00
6	Кількість ярусів	шт.	292,68		27
Провідники					
1	Перетин провідника	мм	200x200x14		200x180x6
2	Довжина провідника	м.п.	1 200,00	1 200,00	1 200,00
3	Кількість провідників та відбійних канатів	шт	8,00	22,00	8,00
Аеродинамічний опір					
1	Падіння тиску на кроці армування 4,1м	Па	6,97871	0,61	0,666367
Разом, опір армування стовбура:		Па	2 042,54	178,53	195,032

Проведемо дослідження аеродинамічного опору руху посудин у різних типах армування стовбура для клітьового підйому- схеми ярусу армування надані на фіг. 3, 4, 5 і змішаного клітьового та скіпового підйому фіг. 6, 7. У цьому дослідженні будемо виконувати продування армування ділянки довжиною 60м за допомогою програми ANSYS 17.0 при всіх інших однакових параметрах.

Визначимо для різних типів армування коефіцієнт опору за такою формулою:

$$\zeta = \frac{\Delta P}{\rho V^2 / 2} \quad [286]$$

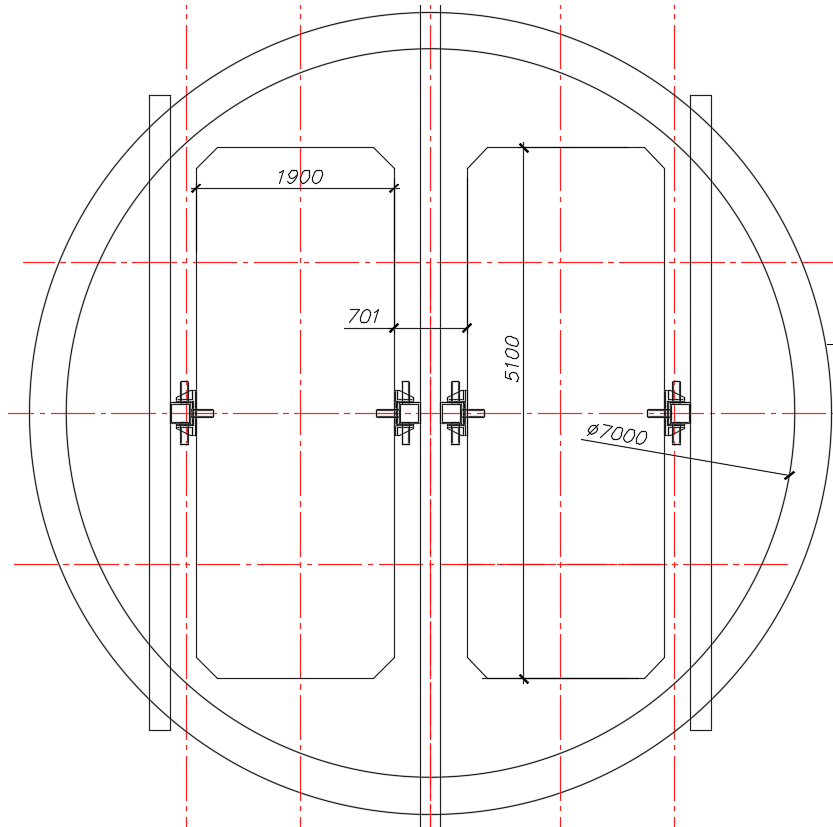
де ΔP – падіння тиску, розраховується у ANSYS 17.0, Па;

ρ – щільність повітряного струменя;

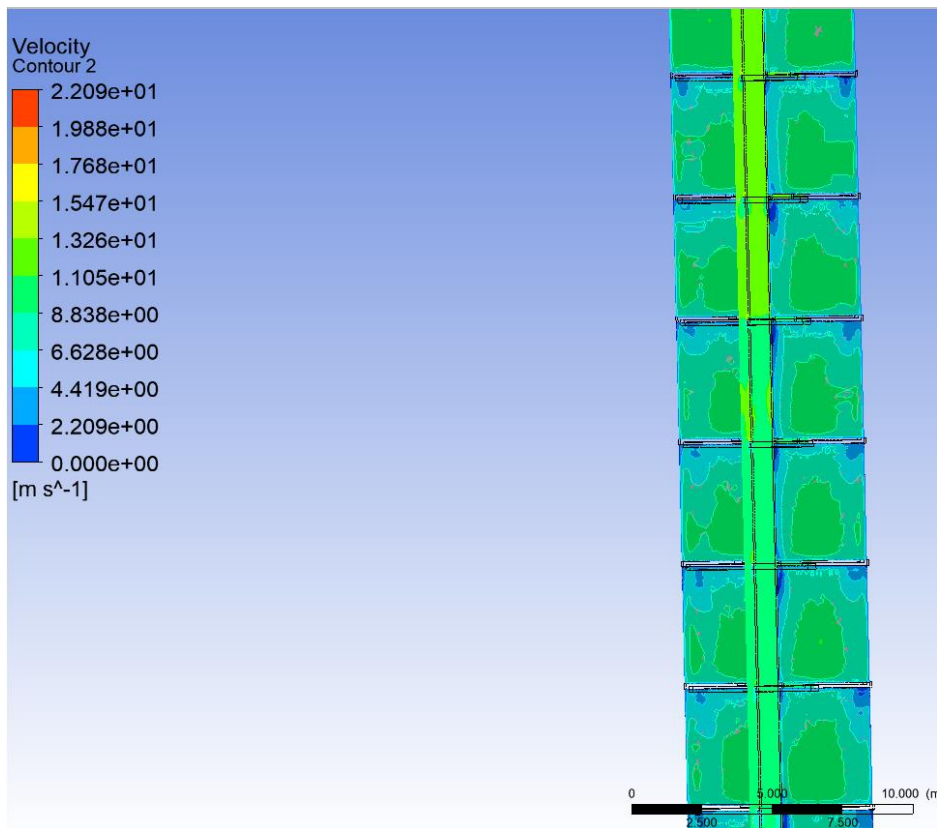
V – швидкість руху повітряного струменя м/с;

Зображено на фіг. 3 схему жорсткого армування клітьового підйому, а результати її продувки зображені на фіг. 3.1., аналогічно виконуються продувки для різних схем армування та типів армування, зображених на фіг. 4, 5, 6, 7

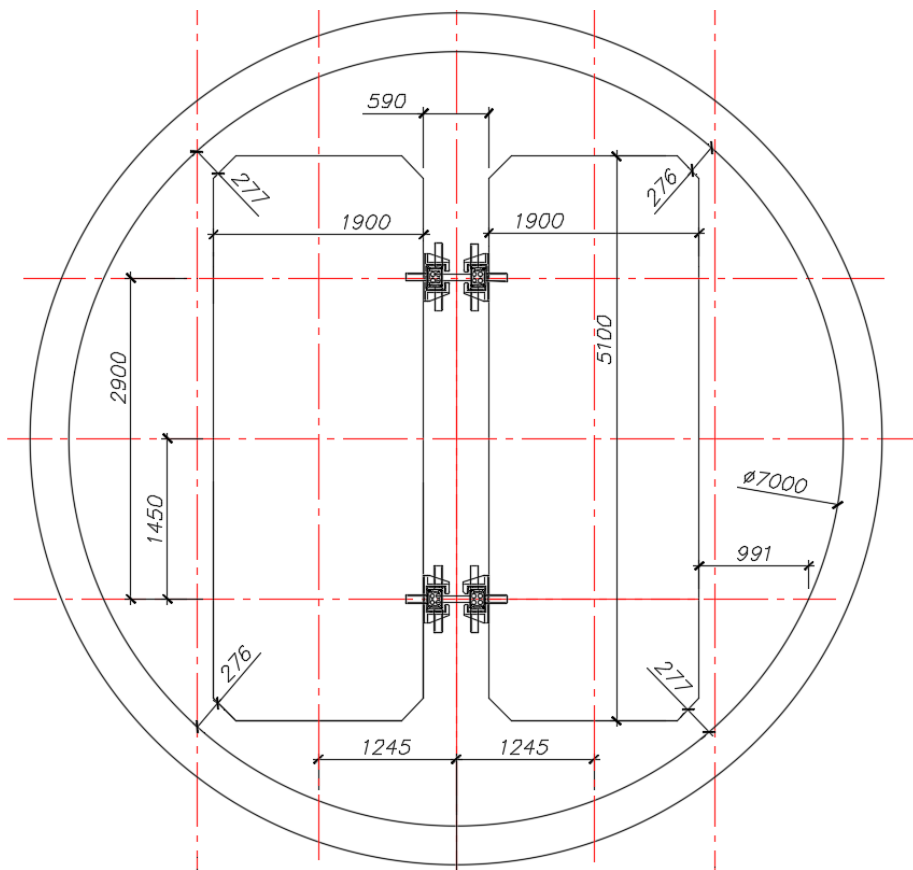
результати розрахунків зведені у табл. 2.



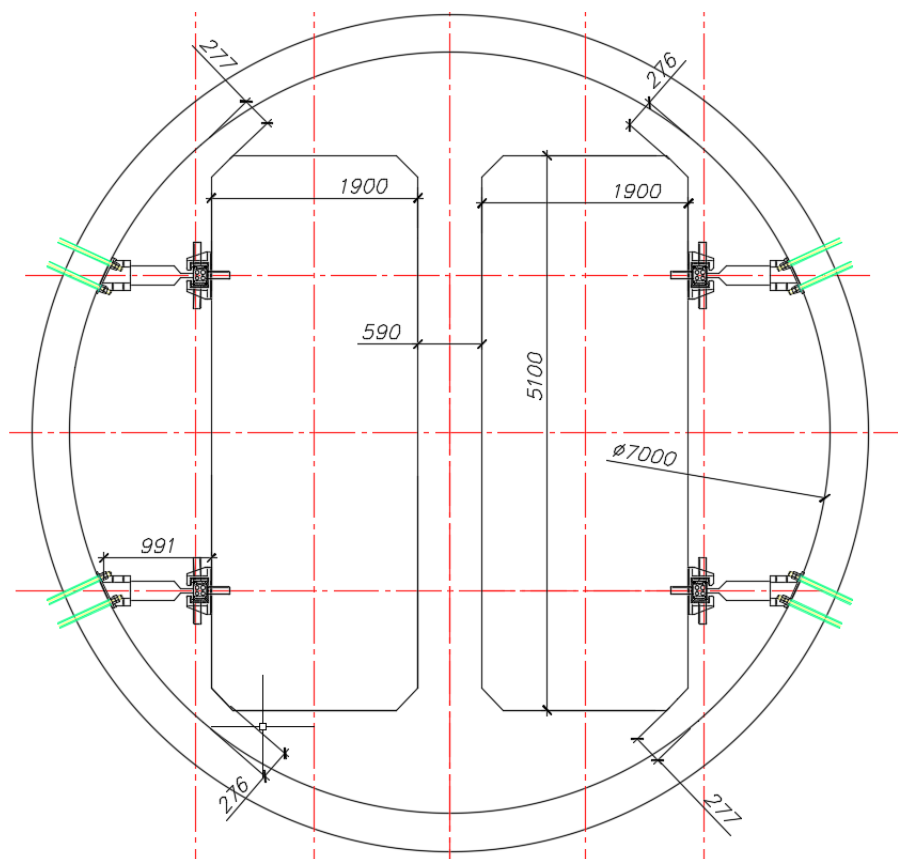
Фігура. 3 Схема жорсткого армування клітьового підйому



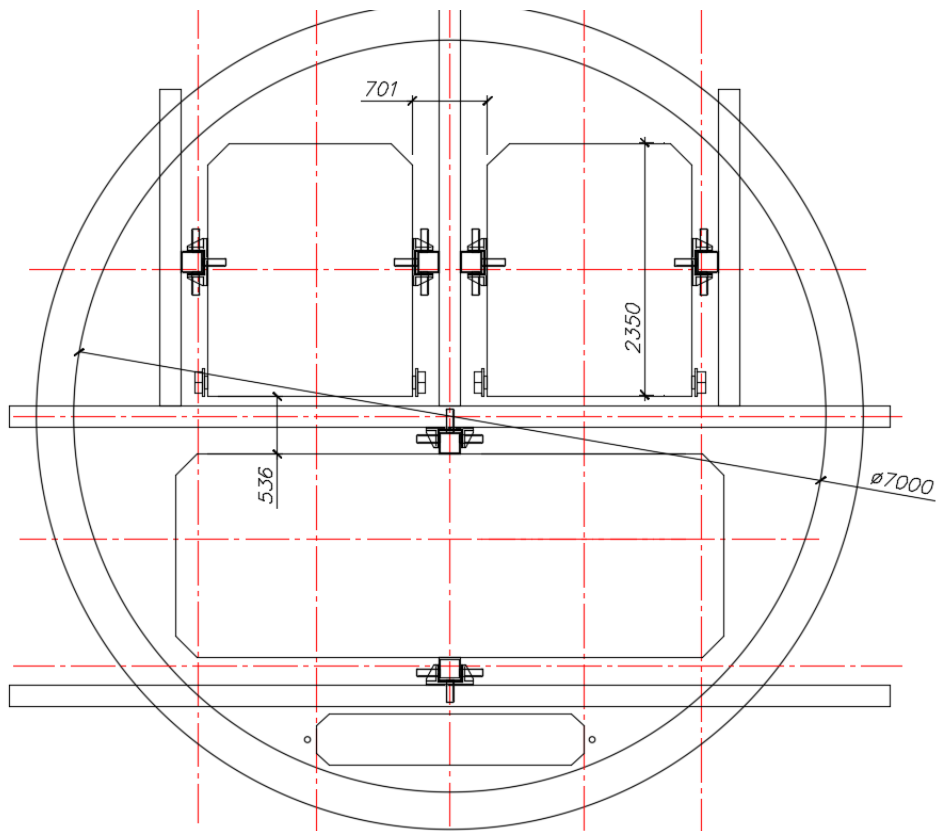
Фігура. 3.1 Продування жорсткого армування клітьового підйому



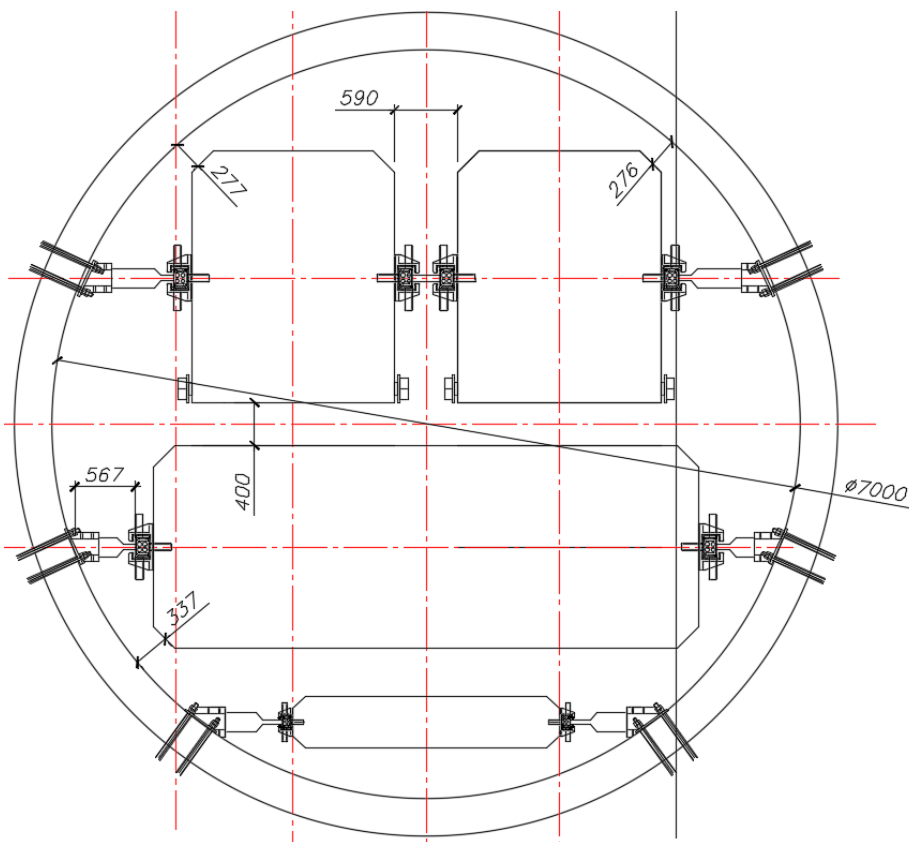
Фігура. 4 Схема ярусу з канатно-профільним армуванням



Фігура. 5 Схема ярусу КПА двохклітьового підйому



Фігура. 6 Схема жорсткого армування скіпового відділення та кліті з
противагою



Фігура. 7 Схема КП армування скіпового відділення та кліті з
противагою

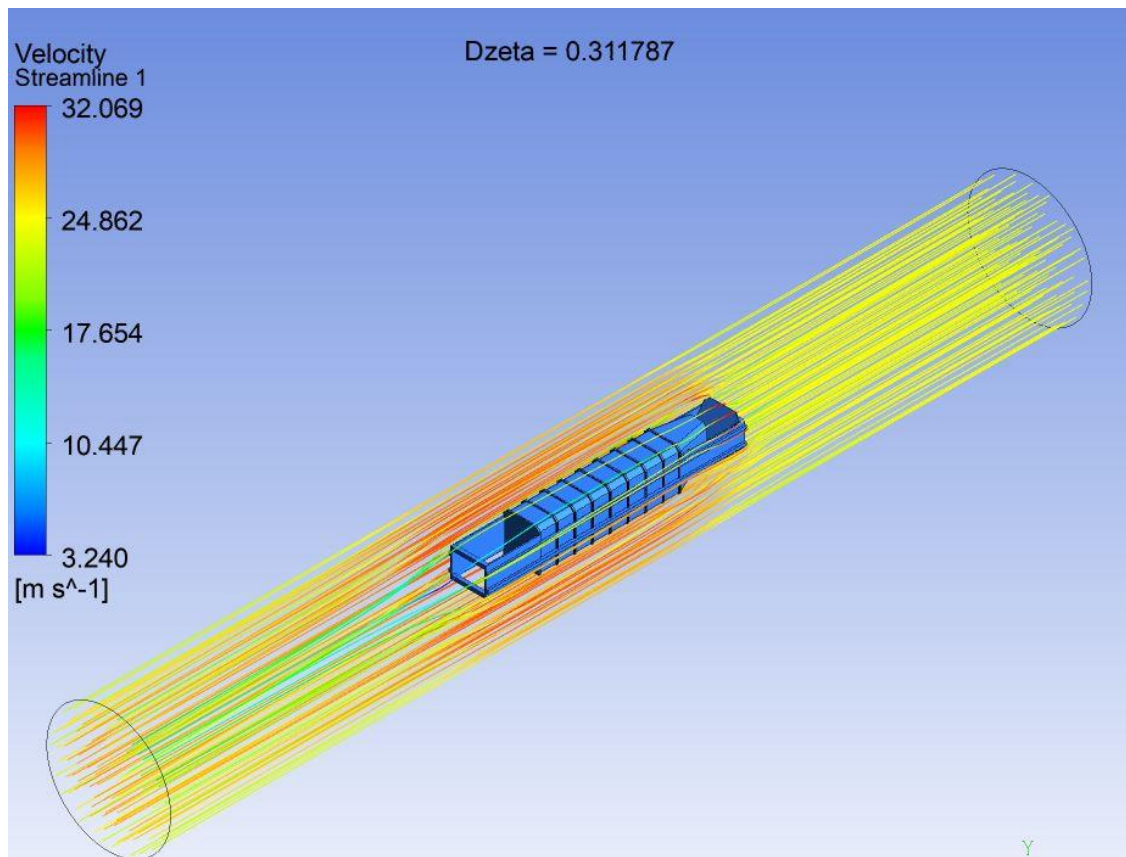
Табл.2

Результати розрахунків аеродинамічного опору різних типів армування

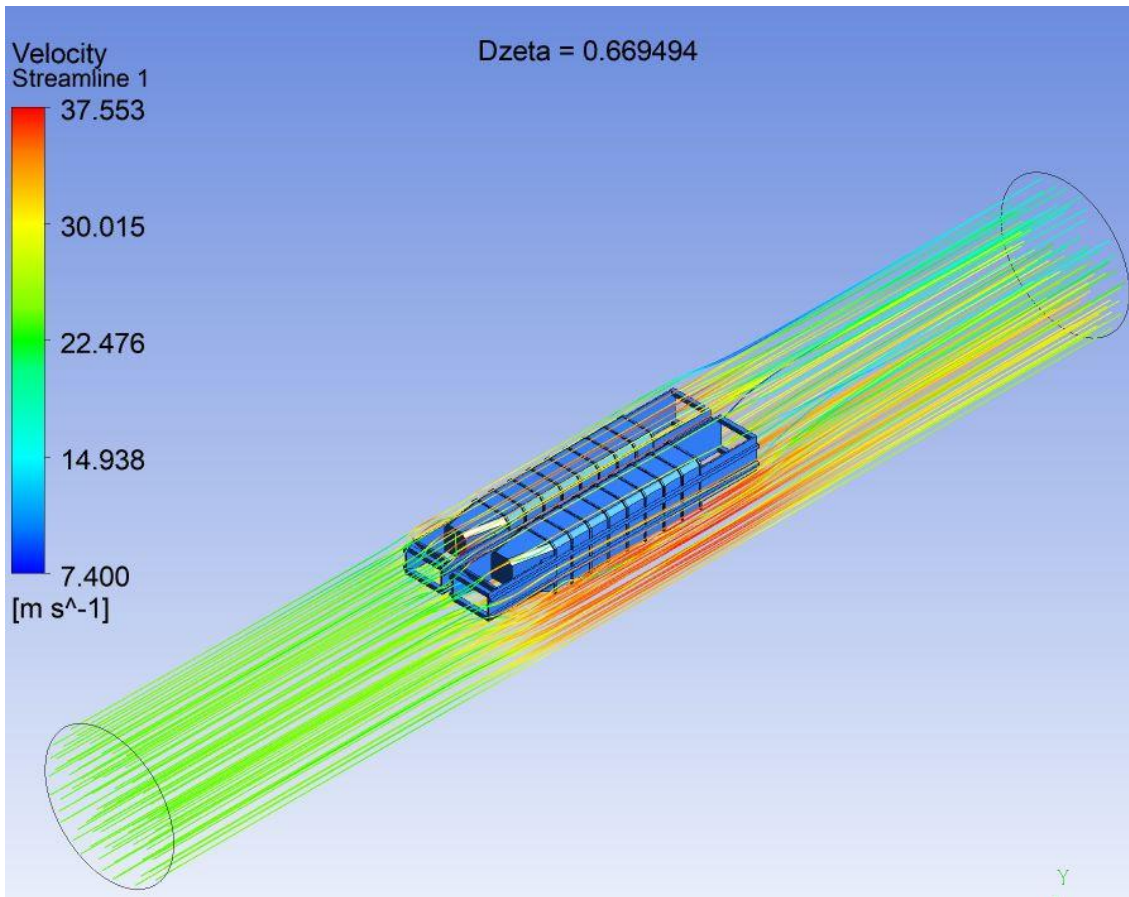
№ п/п	Найменування	Од. Вим.	Жорстке армування	КПА	КПА	Жорстке армування	КПА
1	Глибина стовбуру	м	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00
2	Діаметр стовбуру	мм	7000	7000	7000	7000	7000
3	Швидкість руху повітряного струменю	м/с	14	14	14	14	14
4	Схема армування		фіг.3	фіг.4	фіг.5	фіг.6	фіг.7
Розстріли							
1	Тип розстрілу		коробчаста балка	КДР	КДР	коробчаста балка	коробчаста балка
2	Перетин розстрілів	мм	200x200x14	160x80x5x7,4	160x80x5x7,4	200x200x14	200x200x14
3	Довжина розстрілів у ярусі	м.п.	24	3,2	4,0	26,4	3,3
4	Крок армування	м	4,10	60,00	60,00	4,10	60,00
5	Кількість ярусів	шт.	292,68	27	27	292,68	27
Провідники							
1	Перетин	мм	200x200x14	200x180x6	200x180x6	200x200x14	200x180x6
2	Довжина	м.п.	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00
3	Кількість	шт	4,00	4,00	4,00	6,00	8,00
Аеродинамічний опір							
1	Значення коефіцієнта опору ділянки армування (60м) ζ		1,16276	0,0775344	0,0958523	1,54315	0,105802
2	Кількість ділянок стовбуру, всього (1200м)	шт	20	20	20	20	20
Коефіцієнт опору армування стовбура ζ, разом:			23,2552	1,550688	1,917046	30,863	2,11604

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

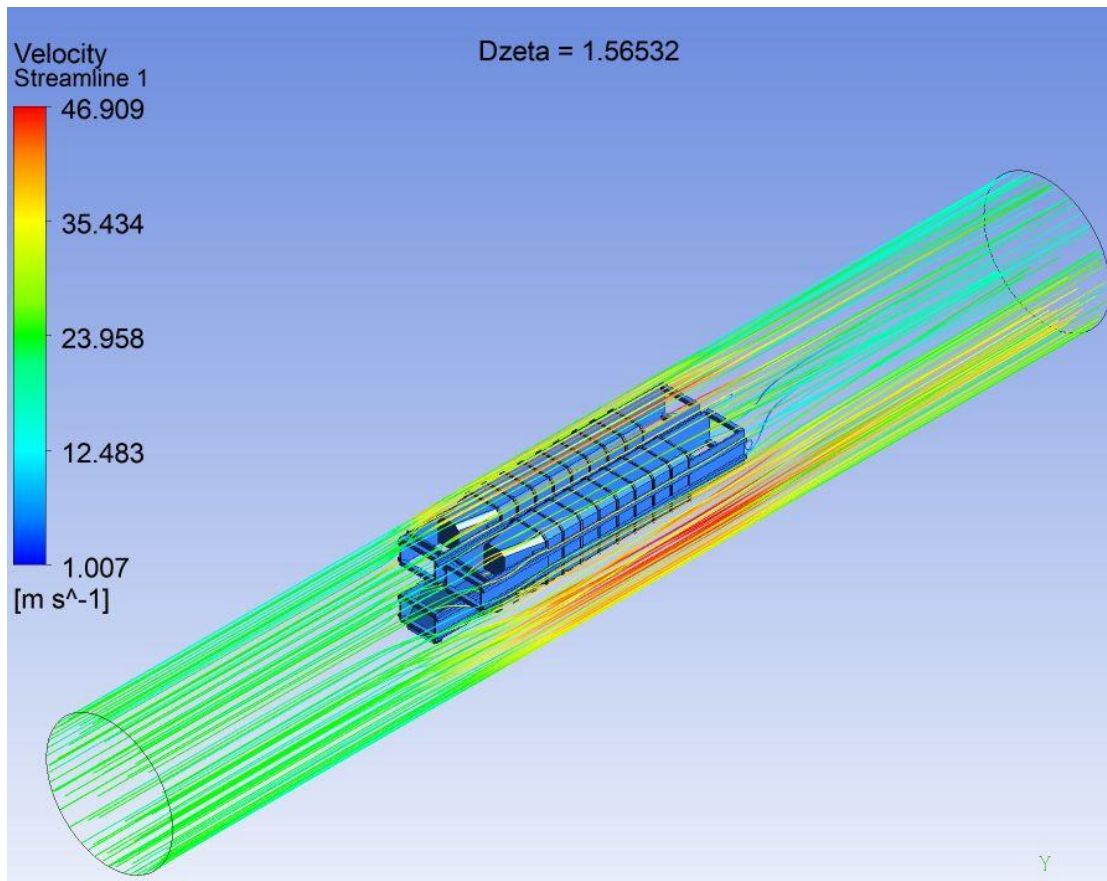
У програмі ANSYS 19.0 виконаємо дослідження виникнення аеродинамічних опорів при різних режимах руху посудин (скіпів) типу 1СН352 під час роботи двох підйомних машин на один стовбур, які рухаються назустріч один одному. На фіг. 8а, 8б, 8в, 8г зображені аеродинамічні потоки при зустрічі посудин у стовбурі без урахування опору різних типів армування: - фіг. 8а одного скіпу; - 8б двох скіпів; - 8в трьох скіпів; - 8г чотирьох скіпів, результати розрахунків зведемо в табл. 3.



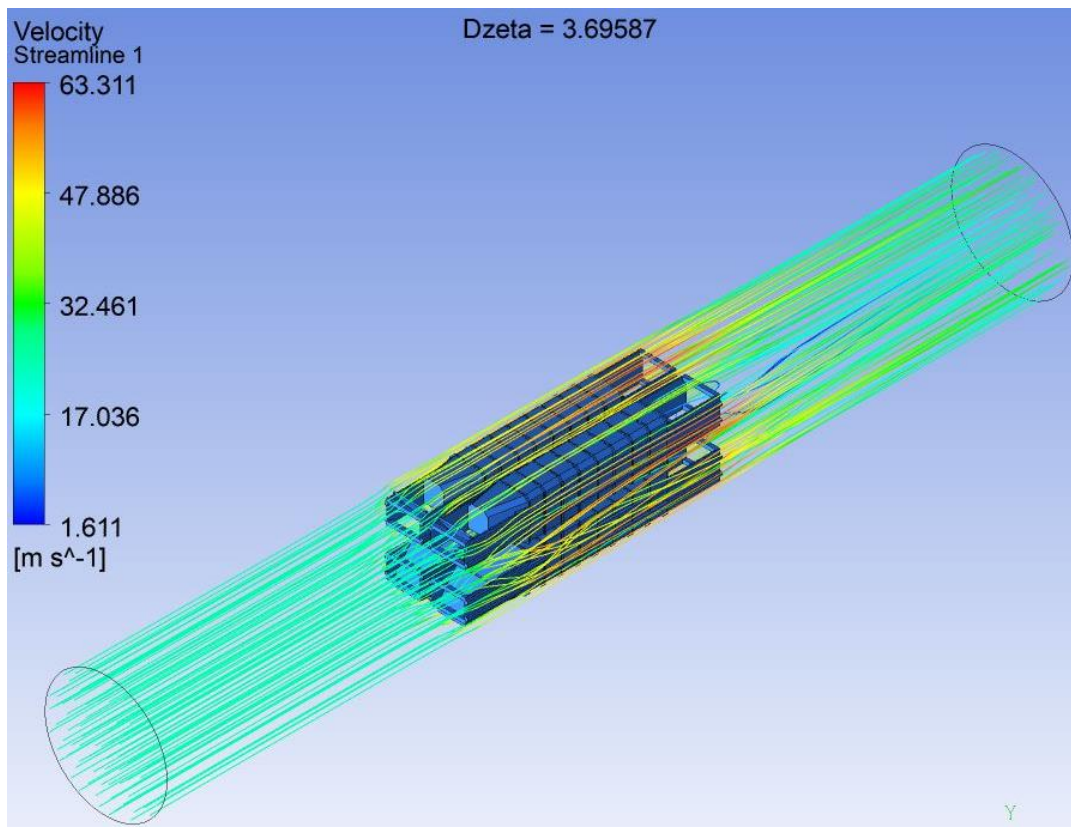
Фігура 8а. Один підйомний скіп



Фігура 8б. Два підйомні скіпи



Фігура 8в. Три підйомні скіпи.



Фігура 8г. Чотири підйомні скіпи

Табл.3

Аеродинамічний опір рухомих скіпів

№ п/п	Найменування	Од. вим.	Жорстке армування	КПА	Гнучке армування
1	Глибина стовбура	м	1 200,00	1 200,00	1 200,00
2	Діаметр стовбура	мм	7000	7000	7000
3	Швидкість руху повітряного струменю	м/с	14	14	14
Коефіцієнт опору у місці зустрічі посудин у стовбурі ζ:					
1 посудина			0,311	0,311	0,311
2 посудини			0,669	0,669	0,669
3 посудини			1,565	1,565	1,565
4 посудини			3,695	3,695	3,695

Висновки.

Як очевидно з результатів досліджень, зведених у табл. 1, 2, 3, середні значення аеродинамічних опорів армування між КПА і гнучким армуванням відрізняються незначно, а в порівнянні з жорстким армуванням – дуже значно. Застосування гнучкого армування обмежено у зв'язку з необхідністю дотримання мінімальних зазорів 350мм на бік для скіпових підйомів і 510мм - для підйомних клітьових установок, через що перетин стовбура збільшується на 0.7-1м, що значно більше [282], ніж для КПА та інших видів армування.

Дослідивши аеродинамічні опори різного розташування судин у стовбурі, можна дійти невтішного висновку, що за умов роботи з двома і більше підйомними установками, необхідно розробляти рекомендації до методики розрахунку КПА і автоматичну систему управління верхнього рівня (АСУТП) усіма п/у, яка дозволить коригувати рух судин у стовбурі за часом і попередить зустріч усіх посудин у стовбурі.

Розробка та впровадження КПА спільно з системами контролю руху посудин верхнього рівня для двох підйомних установок дозволить не тільки значно знизити аеродинамічний опір стовбура, а й значно знизити динамічні коливання в системі «посудина-провідник».

Виходячи з вищевикладеного, найбільш оптимальним варіантом армування стовбуру є застосування канатно-профільних армувань, впровадження яких дозволить:

- знизити аеродинамічний опір стовбуру в 8-14 разів;

- знизити електроспоживання вентилятора на 20% за рахунок вибору найбільш раціональних армувань та схем ярусів стовбуру;

- знизити габарити перерізу стовбура, за рахунок використання більш раціональних видів армування стовбуру;

- знизити експлуатаційні витрати на обслуговування армування;

Розробка та впровадження канатно-профільних армувань у вертикальних шахтних стовбурах та розробка систем АСУТП верхнього рівня, координуючих одночасний рух посудин двох і більше п/в у стовбурі, дозволить досягти

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

значного зниження аеродинамічного опору стовбуру і, відповідно, споживання електроенергії протягом усього терміну служби шахти, у відповідності до всіх вимог «Правил безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10.» та інших нормативних правил та вимог України.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.9.1

9.1 Результати вивчення світової колекції пшениці м'якої озимої за стійкістю до хвороб в умовах Південного Лісостепу України

Імунологічні властивості багатьох сортів пшениці озимої втрачаються через виникнення нових рас і патотипів основних збудників хвороб. Втрати врожаю від хвороб, що є одним із багатьох чинників недобору зерна, сягають щорічно 15–32 %, а при епіфітотіях – 50 % і більше. Для запобігання втрати врожаю від патогенів потрібно вводити у виробничий процес нові сорти з широкою генетичною базою групової стійкості. Це дозволяє довше використовувати дані сорти у інтенсивному виробництві без застосування хімічних засобів захисту та отримувати суттєвий економічний ефект, а також зменшити негативний вплив сільськогосподарського виробництва на навколишнє середовище. Успіх селекційної роботи, за цим напрямом, багато в чому залежить від залучення та використання нового вихідного матеріалу з найкращими показниками стійкості до дії патогенних факторів. В цьому плані генофонд колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) має вирішальне значення.

Світова колекція пшениці озимої НЦГРРУ, яка постійно поповнюється новими зразками, потребує ретельного вивчення на предмет стійкості до основних збудників хвороб. Всебічне дослідження, аналіз та систематизація колекційного матеріалу пшениці дозволить отримати нові джерела стійкості та створити ознакову колекцію, що в свою чергу набагато підвищить статус національної колекції НЦГРРУ. Все це визначає актуальність досліджень та має безперечний науковий і практичний інтерес.

Аналіз останніх публікацій показав постійну увагу з боку вітчизняних та закордонних селекціонерів пшениці до проблеми пошуку стійких форм пшениці озимої в колекціях генресурсів, для створення стійких сортів, придатних для вирощування в різних екологічних зонах України.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Протягом 2001-2004 рр. співробітниками сектору генетичних ресурсів зернових колосових культур Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААНУ було вивчено 602 зразки пшениці, з яких 403 зразки пшениці м'якої озимої і 15 – пшениці твердої озимої. Був випущений каталог, в якому розміщена інформація про зразки пшениці стійких до збудників хвороб [287, 288].

Стійкий до хвороб вихідний матеріал м'якої пшениці походив здебільше із України, Росії, Угорщини, Сербії, Болгарії, Румунії, Австрії, Туреччини, Киргизії, Китаю, Канади, США та Мексики. Із виділеного матеріалу створено 10 ліній пшениці м'якої озимої, стійких до твердої сажки [289].

Вченими постійно ведеться пошук імунних зразків в якості вихідного матеріалу для селекції пшениці озимої. Ковалишина Г. М. протягом 2005–2009 рр. провела вивчення стійкості до збудників борошнистої роси, бурої іржі та твердої сажки зразків м'якої пшениці різного еколого-географічного походження [290, 291].

Науковці лабораторії імунітету до хвороб сільськогосподарських рослин Інституту захисту рослин протягом 2008–2011 рр. дослідили 114 сортозразків пшениці озимої на предмет стійкості до збудників бурої іржі, борошнистої роси, септоріозу, церкоспорельзу, в результаті чого були виділені 23 сортозразка, в яких виявлена групова стійкість до тих чи інших патогенів [292, 293].

Метою наших досліджень було охарактеризувати структуру світової колекції пшениці м'якої озимої за стійкістю до основних хвороб в умовах Південного Лісостепу України. Для дослідження було взято 1406 зразків пшениці м'якої озимої з 33 країн світу, серед яких 53,1 % – з України, 10,1 % – з Туреччини, 8,6 % – з США, 6,9 % – з Росії, 17,0 % – з країн Європи.

Схема розміщення повторень у варіантах дослідів – послідовне. Така схема обрана задля збереження максимальної автентичності зразка, оскільки збирання механізоване і для закладки на збереження в Національний центр генетичних ресурсів рослин України відбирається третя повторність, яка чиста від домішок попереднього зразка.

За літературними даними у зоні Лісостепу України найбільш поширеними хворобами є борошниста роса, септоріоз листя, бура іржа [294, 295].

Оцінка стійкості до хвороб пшениці проведено за методичними вказівками прийнятими в країнах-членах РЕВ [296, 297].

Агротехніка в колекційному розсаднику – загальноприйнята для зони Південного Лісостепу. Попередником для пшениці був чорний пар. Добрива (аміачна селітра) вносилися, як весняна підкормка в розрахунку 1,5 ц/га. Зрошення не було. Насіння не протруювалося. В колекційному розсаднику через кожні 20 номерів висівали в трикратній повторності блоки національних стандартів та сорти-еталони: Донская полукарликовая, Українка одеська, Альбатрос одеський, Альбидум 114, Мироновская 808, Безостая 1, Смуглянка, Єдність, Подолянка, Бунчук, ТХ95V4926, Редут.

Метеорологічні умови мають суттєвий вплив на прояв та розвиток патогенів. Такі хвороби, як борошниста роса, потребують підвищеної вологості в той час, як бура іржа, навпаки, має більший рівень розвитку в посушливих умовах. Тому саме метеоумови є одним з основних факторів розвитку хвороб, а здатність рослин адаптуватися до конкретних ґрунтово-кліматичних умов також визначає і його стійкість до конкретних фітопатогенів. Дослідження проводилися протягом 2011-2019 рр. Аналіз метеорологічних умов весняно-літнього періоду росту і розвитку рослин пшениці виявив наступне:

- самими посушливими умовами цього періоду були в 2012, 2013, 2017 та 2018 роках;
- надмірно зволожені умови спостерігалися в 2011 та 2015 роках;
- оптимальні умови вирощування пшениці спостерігалися в 2014, 2016 та 2019 роках (рис. 1).

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

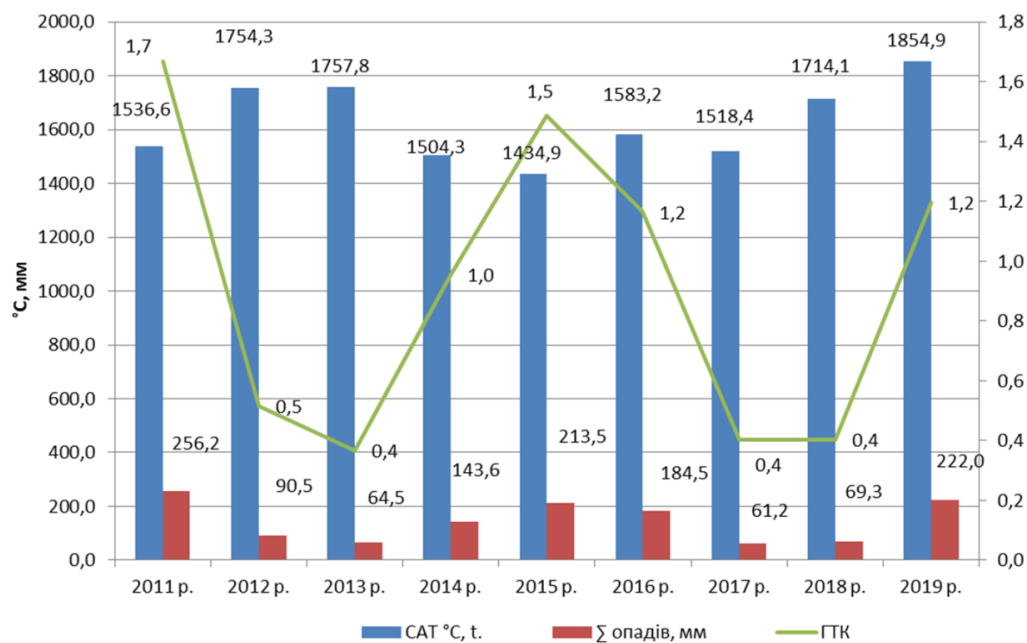


Рисунок 1. Метеорологічні умови весняно-літнього періоду росту рослин пшениці м'якої озимої в роки досліджень (2011-2019 рр.)

Польова стійкість до основних хвороб визначає господарську цінність сорту на конкретній території, а також визначає його перспективність у використанні в якості батьківської форми у селекційному процесі. Визначення польової стійкості колекційних зразків пшениці м'якої озимої до прояву основних листових хвороб проводилось в наступні фази органогенезу: у фазу осіннього кущіння; у фазу весняного кущіння; у фазу виходу рослин в трубку; у фазу початку колосіння; у фазу молочно-воскової стиглості.

В ранні етапи росту і розвитку рослин пшениці (сходи-колосіння) відмічалось не значне ураження рослин борошнистою росю (рис. 2). Відмічений суттєвий вплив суми опадів та рівня гідротермічного коефіцієнта (ГТК) на показник кількості сприятливих зразків пшениці до борошнистої роси в період колосіння ($r=0,83$ та $0,91$ відповідно). В період молочно-воскової стиглості пшениці, коли відмічається максимальний розвиток борошнистої роси, відмічено середній рівень кореляційного зв'язку між показниками кількості високосприйнятливих зразків пшениці до даної хвороби та рівнем ГТК ($r=0,33$), сумою активних температур (CAT) за період дата весняного стійкого переходу

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

середньодобової температури повітря через +10 °С-дата обліку в період молочно-воскової стиглості ($r=0,59$) та суми опадів ($r=0,47$).

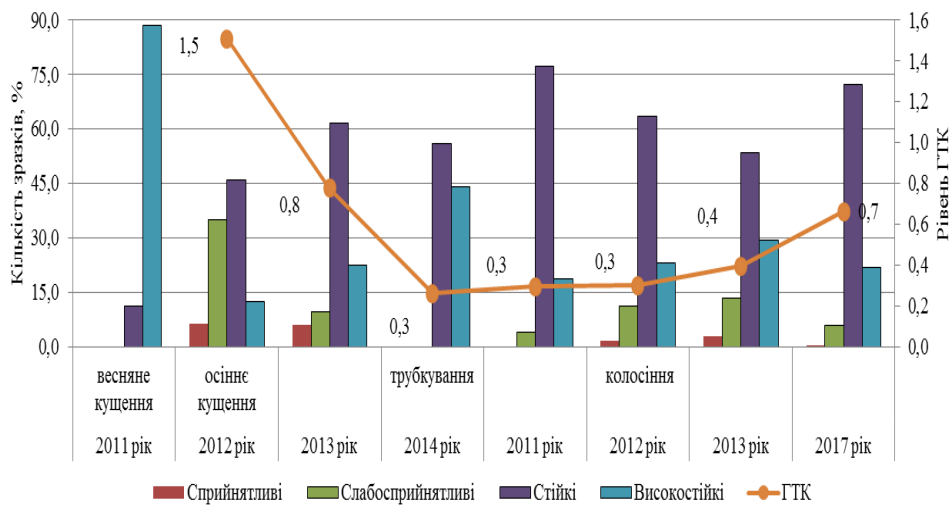


Рис. 2. Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до борошнистої роси в період сходи-коłosіння, 2011-2017 рр.

В осінню фазу кушіння із 234 зразків виявлено 5 зразків, на яких не спостерігалось ураження борошнистою росю: 831/10, 853/10 (UKR), Pema (YUG), Gruia, Gloria (ROU) (табл. 1).

Таблиця 1.

Рівень ювенільної стійкості зразків пшениці м'якої озимої до борошнистої роси, 2012 р.

№ з/п	Назва зразка	Походження	Борошниста роса, бал
1	2	3	4
1	831/10	UKR	9
2	853/10	UKR	9
3	Pema	YUG	9
4	Gruia	ROU	9
5	Gloria	ROU	9
6	Благо	UKR	3
7	467/10	UKR	3
8	Лорд	UKR	4
9	Зорепад	UKR	4
10	Кохана	UKR	4

1	2	3	4
11	Альбидум 114	RUS	4
12	TX95V4926	USA	4
13	Турпеш	MDA	4
14	Барвіна	UKR	4
15	Шестопалівка	UKR	4
16	Безостая 1	RUS	4
17	Ватажок	UKR	4
18	945/10	UKR	4

Сорти Благо та 467/10 (UKR) мали найнижчий бал ювенільної стійкості до цього патогену, що суттєво знижувало їх зимостійкість і, як наслідок, селекційну цінність. Також виділено 11 зразків пшениці, що складає 4,7 % від загальної кількості досліджуваних колекційних зразків, сприятливих до хвороби: 945/10, Барвіна, Зорепад, Лорд, Ватажок, Кохана, Шестопалівка (UKR), Альбидум 114, Безостая 1(RUS), Турпеш (MDA), TX95V4926 (USA).

Завдяки сприятливим для розвитку борошнистої роси погодним умовам в період трубкування виявлено 12 зразків пшениці м'якої озимої, сприйнятливих до прояву цієї хвороби у цю фазу органогенезу: 467/10 (UKR), Альбидум 114 (RUS), Dunavka (BGR), Xiao Yan107 (CHN), TX95V4926, KS93U161, KS93U194, KS93U59, KS93U61, KS93U62, KS93U63 (USA), Vienna (CAN). У більшості колекційного матеріалу протягом досліджуваних років на період зазначеної фази розвитку рослин помітного ураження не відмічалось.

Для диференціації колекції пшениці за стійкістю до хвороби у період колосіння більш сприятливим виявилися 2012 та 2013 роки, в яких відсоток сприятливих та слабосприятливих зразків, що вивчалися, становив приблизно 14 %. Виділено 20 зразків з найнижчим балом ювенільної стійкості до хвороби (бал – 3-4): Альбидум 114 (RUS), Dunavka (BGR), Sonmez-2001, 362K2.111//TX71A1039.VI*3/AMI/3/ES14/130L1.12//MNCH (IU067603), Jagger/Cetinel (TUR), Xiao Yan107 (CHN), KS93U161, KS93U60, KS93U194, KS93U59, KS93U61, KS93U62, KS93U63, Thunderbird, 2180*K/2163//?/3/W1062A*HVA114/W3416 (UA0108862), Madsen/Malcolm/6/

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

Hill/3/Cer//Ymh/Hys/4/Cer//Ymh/Hys/5/Rossini/Ysatis//Oracle (IU067766),
N95L189, Rawhide (USA), Vienna (CAN), PYN/BAUSWM15182-61WM-0WM-
030WM-030WM-2WM-0WM (UDS02897) (MEX).

В період молочно-воскової стиглості, коли відбувається максимальне ураження рослин збудниками борошнистої роси, розподіл зразків пшениці за рівнем стійкості по роках був наступним. В 2011 році, в зв'язку з інтенсивними опадами в першій половині другої декади червня (сума опадів за 6 діб становила 103,9 мм) з послідуєчими жаркими днями, склалися сприятливі умови для розмноження та розвитку борошнистої роси – відсоток сприятливих зразків пшениці до патогену становив 57,5 %. Подібна ситуація спостерігалася і в 2014 році – за дев'ять діб кінця травня-початку червня випало 50,3 мм опадів, відповідно відсоток сприятливих зразків пшениці до хвороби становив 41,0 %. В 2012, 2013 роках більша група зразків відмічалася як слабосприйнятлива. В 2018 році, попри посушливі умови вегетації пшениці, спостерігалось інтенсивне розповсюдження хвороби. В 2017 році більшість зразків пшениці проявили середню стійкість до даної хвороби. В 2015 та 2019 роках, через несприятливі умови для розвитку збудників борошнистої роси і, як наслідок, майже повної відсутності ураження рослин борошнистою россою, не вдалося об'єктивно диференціювати колекцію за ознакою стійкості до даної хвороби (табл. 2).

Таблиця 2.

Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до збудника борошнистої роси в період їх максимального ураження, 2011-2019 рр.

Кількість зразків, %	Роки досліджень								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Високосприйнятливі	5,0	0,9	0,6	0,9		0,0	0,0	1,6	
Сприйнятливі	57,5	18,8	10,3	41,0		8,0	20,5	33,2	
Слабосприйнятливі	22,0	46,9	35,8	29,1		21,4	23,2	34,1	
Стійкі	13,2	30,8	32,0	25,6		53,6	48,2	28,5	
Високостійкі	2,3	2,6	21,4	3,4		17,0	8,0	2,6	
САТ за весняно-літній період розвитку хвороби, °С	1176,0	1244,1	1176,6	1114,2	993,1	1087,2	995,4	1216,9	1165,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сума опадів за весняно-літній період розвитку хвороби, мм	127,4	80,4	41,3	102,1	83,9	115,5	47,8	40,7	194,9
ГТК за весняно-літній період розвитку хвороби	1,1	0,6	0,4	0,9	0,8	1,1	0,5	0,3	1,7
Відносна волога за весняно-літній період розвитку хвороби, %	62,7	68,9	61,1	62,1	61,1	66,9	57,8	57,3	66,4

Щодо визначення стійкості сортозразків до септоріозу листя в роки проведення досліджень, були отримані наступні результати. Відмічено високу кореляційну залежність між показниками кількості сприйнятливих зразків пшениці до септоріозу листя на період колосіння та рівнем ГТК ($r=0,82$) і сумою опадів ($r=0,91$). Між показниками кількості сприйнятливих зразків пшениці до даної хвороби та САТ на період колосіння відмічена обернена сильна кореляційна залежність ($r= -080$). На період молочно-воскової стиглості пшениці відмічено сильний прямий кореляційний зв'язок між показниками кількості високосприйнятливих зразків до септоріозу листя та рівнем ГТК ($r=0,84$) і суми опадів ($r=0,85$). Взаємозв'язку між показниками кількості високосприйнятливих зразків пшениці та САТ не виявлено ($r=0,08$).

За роки спостережень не відмічалось осіннього накопичення патогену, тому на перших етапах весняної вегетації рослин пшениці значного ураження септоріозом листя зразків не відмічалось. Лише в 2017 та 2018 роках в період колосіння виділено один сприятливий в цю фазу до хвороби зразок пшениці: N95L160 (USA) та 17 слабосприйнятливих зразків: L146-02KH-0-3-3, L146-07KH-0-2-1, Оржиця, Полянка, Леля (UKR), Казанская 234, CV.Rodina/Ae. Speltoides (10 KR) (IU067649) (RUS), F00628G34-1 (ROU), Son64/4/Wr51/mida//Nt.h/3/K117/5/Anza/3/Pi//Nor/Hys/4/Sefid (IU067626), ALMT*3/7/VEE/CMH77A.917//VEE/6/CMH79A.955/4/AGA/3/SN64*4/CNO67//I NIA66/5/NAC (IU067634) (IRN), KRASNODAR/FRTL/6/NGDA146/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA/5/F130L1.12 (IU067611), KS920709-B-5-1-1/Burbot-4 (IU067615), KRASNODAR/FRTL/6/NGDA146/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA/5/

F130L1.12 (IU067607), YU MAI30/ZANDER-13 (IU067672), Rina-6/Orkinos-7 (IU066050) (TUR), KS92WGRC21, KS92WGRC22 (USA) (рис 3).

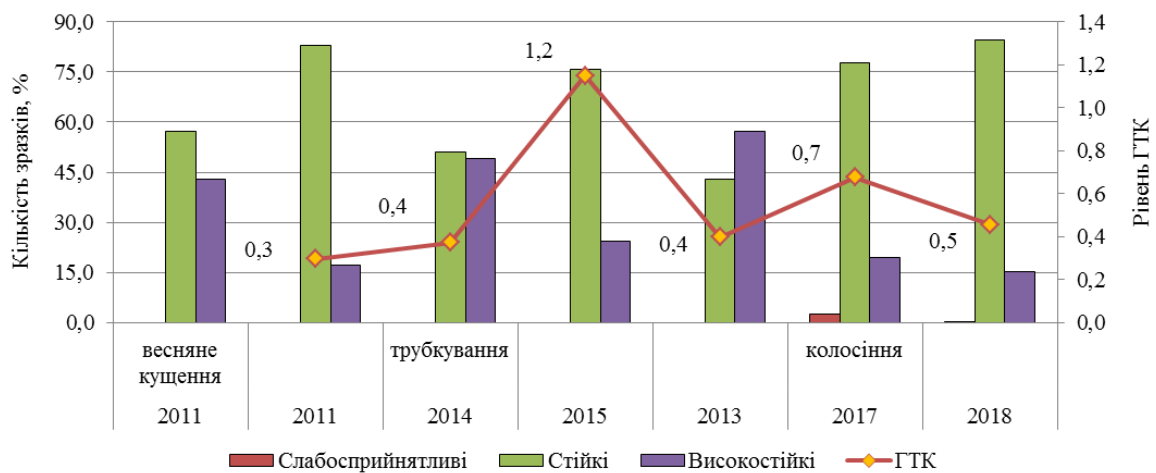


Рисунок 3. Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до септоріозу листя в період сходи-колосіння, 2011-2019 рр.

В період максимального ураження рослин хворобою, що припадає на молочну і молочно-воскову стиглість, більшість зразків пшениці відмічені на рівні середньої стійкості до прояву цього патогену (табл. 3). У 2014 році відсоток стійких сортів становив 93,0 %. У 2012, 2013 та 2017 рр. кількість сортозразків, які були стійкими до септоріозу листя становила понад 72 %.

Таблиця 3.

Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до збудників септоріозу листя в період максимального їх ураження, 2011-2019 рр.

Кількість колекційних зразків, %	Роки досліджень								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Високосприйнятливі	0,5					1,8			3,3
Сприйнятливі	18,5	1,0	2,8		9,8	35,7		8,3	42,4
Слабосприйнятливі	54,0	17,1	19,1	6,3	17,9	43,8	21,4	48,8	37,8
Стійкі	24,9	79,6	72,4	93,0	65,2	18,8	76,8	42,6	16,5
Високостійкі	2,1	2,3	5,7	0,7	7,1	0,0	1,8	0,4	0,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
САТ за весняно-літній період розвитку хвороби, °С	1176,0	1244,1	1176,6	1114,2	993,1	1087,2	995,4	1216,9	1165,7
Сума опадів за весняно-літній період розвитку хвороби, мм	127,4	80,4	41,3	102,1	83,9	115,5	47,8	40,7	194,9
ГТК за весняно-літній період розвитку хвороби	1,1	0,6	0,4	0,9	0,8	1,1	0,5	0,3	1,7
Відносна волога за весняно-літній період розвитку хвороби, %	62,7	68,9	61,1	62,1	61,1	66,9	57,8	57,3	66,4

Найнижчий відсоток стійких сортів пшениці м'якої озимої до даного патогену відмічали у 2016 році (18,8 %) та у 2019 році (16,5 %).

Перш за все стійкість до хвороб визначається генетичною особливістю рослин пшениці м'якої озимої, проте дуже суттєвий вплив саме на поширення та ураження рослин здійснюють погодні умови конкретного вегетаційного періоду. Так, у роки з найнижчим відсотком стійких сортів до септоріозу листя відмічалась найбільша кількість опадів (2016 р. – 115,5 мм; 2019 р. – 194,9 мм).

Подібну тенденцію можна простежити аналізуючи гідротермічний коефіцієнт. Найвищим, за роки проведення досліджень, він був також у 2016 р (1,1) та у 2019 р (1,7).

Оцінку колекції на стійкість до прояву бурої іржі проводили в період кінець молочно-воскової стиглості-початок воскової стиглості.

Між показниками кількості високосприйнятливих сортозразків пшениці до бурої іржі та САТ відмічена середня обернена кореляційна залежність ($r=-0,36$) та слабка обернена кореляційна залежність між показниками кількості високосприйнятливих сортозразків пшениці до бурої іржі та ГТК ($r=-0,18$) і суми опадів ($r=-0,21$).

Аналіз метеоумов весняно-літнього періоду в роки проведення досліджень також демонструє нам суттєвий вплив погодних факторів на розвиток бурої іржі. Зі зниженням ГТК та суми опадів створюються більш сприятливі умови для ураження рослин даним патогеном. Так, найбільш сприятливі умови для бурої іржі виявилися у 2013 році (кількість сприятливих сортів становила 8,1 %). У

більшості зразків пшениці м'якої озимої виявлене слабе ураження даною хворобою або повна її відсутність (табл. 4).

Таблиця 4.

Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до збудників
бурої іржі в період максимального їх ураження, 2011-2018 рр.

Кількість колекційних зразків, %	Роки досліджень					
	2011	2012	2013	2014	2016	2018
Високосприйнятливі			1,2		2,7	0,5
Сприйнятливі		0,4	8,1	2,8	2,7	0,7
Слабосприйнятливі	12,2	0,0	20,1	10,2	4,5	3,2
Стійкі	75,1	26,1	60,4	47,7	43,8	19,6
Високостійкі	12,7	73,5	10,2	39,3	46,4	76,1
САТ за весняно-літній період розвитку хвороби, °С	1376,8	1483,7	1429,9	1349,2	1346,9	1449,2
Сума опадів за весняно-літній період розвитку хвороби, мм	198,0	86,4	41,3	141,2	119,9	46,1
ГТК за весняно-літній період розвитку хвороби	1,4	0,6	0,3	1,0	0,9	0,3
відносна волога за весняно- літній період розвитку хвороби, %	66,2	66,5	60,5	62,5	68,4	58,8

В цілому, більшість представлених сортозразків мають високу польову стійкість до прояву брурої іржі. Моніторинг ураження рослин за роками дозволяє нам контролювати поширення даної хвороби шляхом підбору максимально стійких батьківських форм.

Колекція пшениці м'якої озимої представлена в більшості зразками створеними в період з 70-х років ХХ сторіччя і по сьогоднішнього дня.

Серед більш ранішніх сортів середня стійкість до борошнистої роси та брурої іржі відмічена у зразках Radosinska rana 594 (SVK) 1948 року селекції та Харьковская 159 (UKR) 1969 року. Також середня стійкість до брурої іржі відмічена у зразках Dunavka (BGR) 1948 року та Webster (CAN) 1912 року. Висока стійкість до брурої іржі відмічена у зразків Arthur (USA) 1968 року та Carprimus (DEU) 1969 року.

Середня стійкість до септоріозу листя відмічена у зразка Нарымчанка 1156 (RUS) 1944 року. Середня стійкість до борошнистої роси та септоріозу листя

відмічена у Одесская 16 (UKR) 1953 року. Середня стійкість до септоріозу листя та бурої іржі відмічена у зразках Coker 68-19 (USA) 1970 року та Capitole (FRA) 1964 року створення.

Серед зразків 70-х років селекції середня стійкість до борошнистої роси відмічена у «Миронівска 808 покращена» (UKR) та УН 202 (CZE), Noroit (FRA), Ніплains (USA), Kiten (BGR). Сорти 80-х років селекції висока стійкість до хвороби відмічена у Atla (GBR). Сортозразки 90-х років селекції висока стійкість до хвороби відмічена у Cartago (FRA), Beauford (GBR), Снежинка (RUS) (рис. 4).

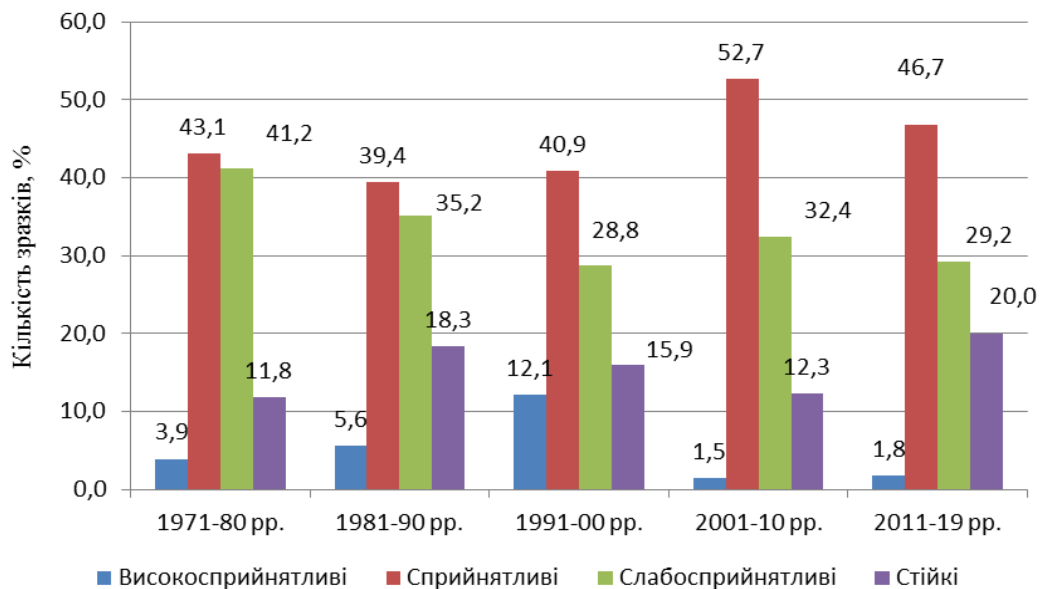


Рис. 4. Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до борошнистої роси залежно від року створення, 2011-2019 рр.

Серед зразків 70-х років селекції середня стійкість до септоріозу листя відмічена у «Миронівска 808 покращена» (UKR) та УН 202 (CZE), Северодонская (RUS), Fredrick (CAN), Arthur 71 (USA). У зразків 80-х років селекції середня стійкість до хвороби відмічена у Marabu (DEU), Mukhrani (GEO), Sranjka (HRV), Лютеценс 1131 (RUS), Karasu 90 (TUR), Charmany, Агараһое, TAM 107 (USA). Сортозразки 90-х років селекції висока стійкість до хвороби відмічена у KS93U63, KS93U61, KS93U60, KS93U59 (USA) (рис. 5).

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

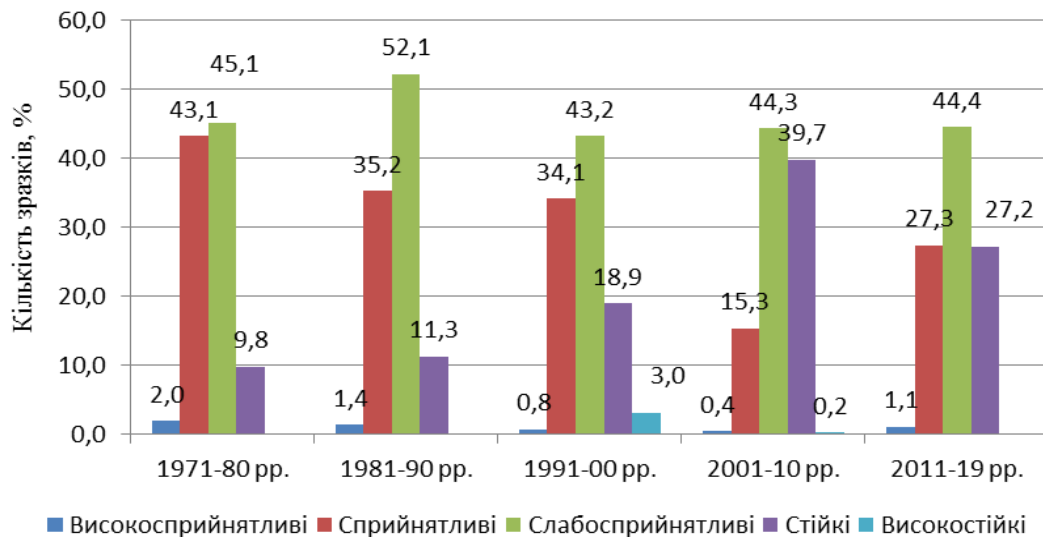


Рис. 5. Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до септоріозу листя залежно від року створення, 2011-2019 pp.

У сортозразків 70-х років селекції висока стійкість до бурої іржі відмічена у Fredrick (CAN), Comtal (FRA), Ставропольская 38 (RUS), Лютесценс 4665, Полеская 70 (UKR), Arthur 71, Weston (USA). Серед зразків 80-х років селекції висока стійкість до хвороби відмічена Надзея (BLR), Xiao Yan107 (CHN), Aubaine (FRA), Ostara (GBR), Гибрид КОС-17 (RUS), Одеська остиста, Ерітроспермим 3582/82 (UKR), Thunderbird (USA), Korana (YUG). Сорти 90-х років селекції високу стійкість до хвороби проявляли у Hunter, Aristocrat (GBR), MV Palma (HUN), Сфера, Донской маяк, Половчанка (RUS), Barbara (SVK), 315-72 (UA0101926), Злагода, 57-75 (UA0103708), Миронівська 63, Донецька 89, Білоцерківська полукарликова, Федорівка (UKR), KS93U63, KS93U61, KS93U60, KS93U59, KS93U194, KS93U161, KS93U62, N96L1224, TX95V4923, N95L189, KW942570-5002, Pronghorn (USA) (рис. 6).

Підводячи підсумки аналізу стійкості сортозразків пшениці м'якої озимої створених в різні роки можна зробити висновок, що селекційна робота суттєво впливала на створення більш стійких сортів в останні роки порівняно до 70-х років ХХ століття. Проте, зі зниженням прояву тої чи іншої хвороби, відбувалися незначні коливання до зниження стійкості сортів, але завдяки селекційному

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

процесу вдається стабілізувати та контролювати розвиток та поширення основних хвороб пшениці м'якої озимої.

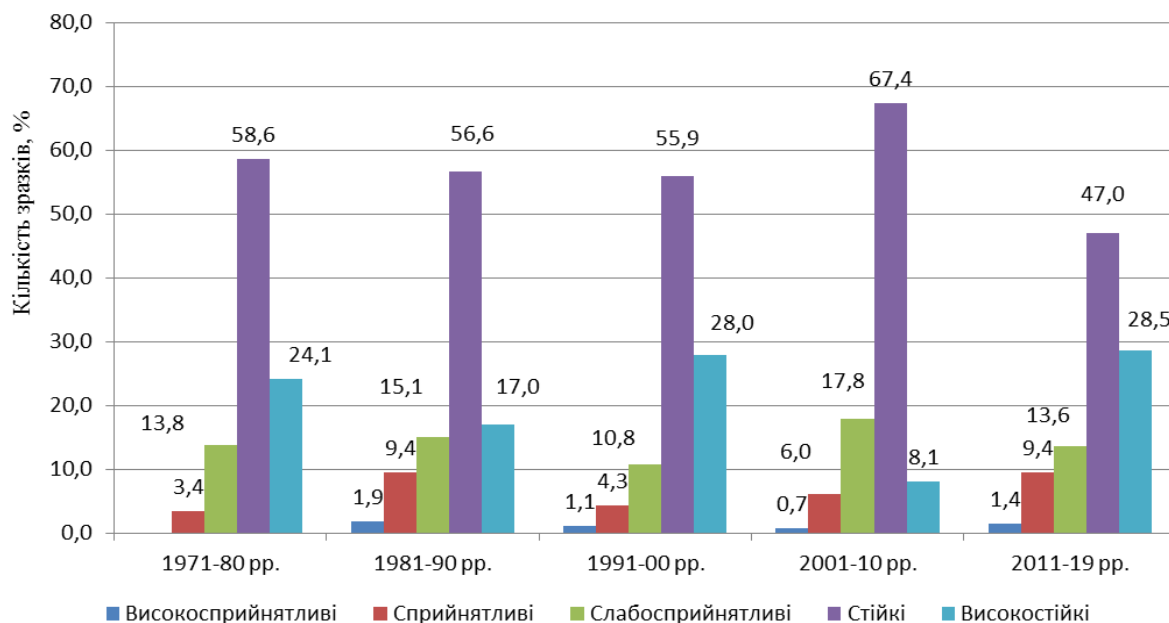


Рис. 6. Розподіл колекції пшениці м'якої озимої за ознакою стійкості до бурї іржі залежно від року створення, 2011-2019 pp.

За ознакою стійкості до борошнистої роси більшість високосприйнятливих сортів походженням з Туреччини, США, Канади, Казахстану, Китаю (рис. 7).

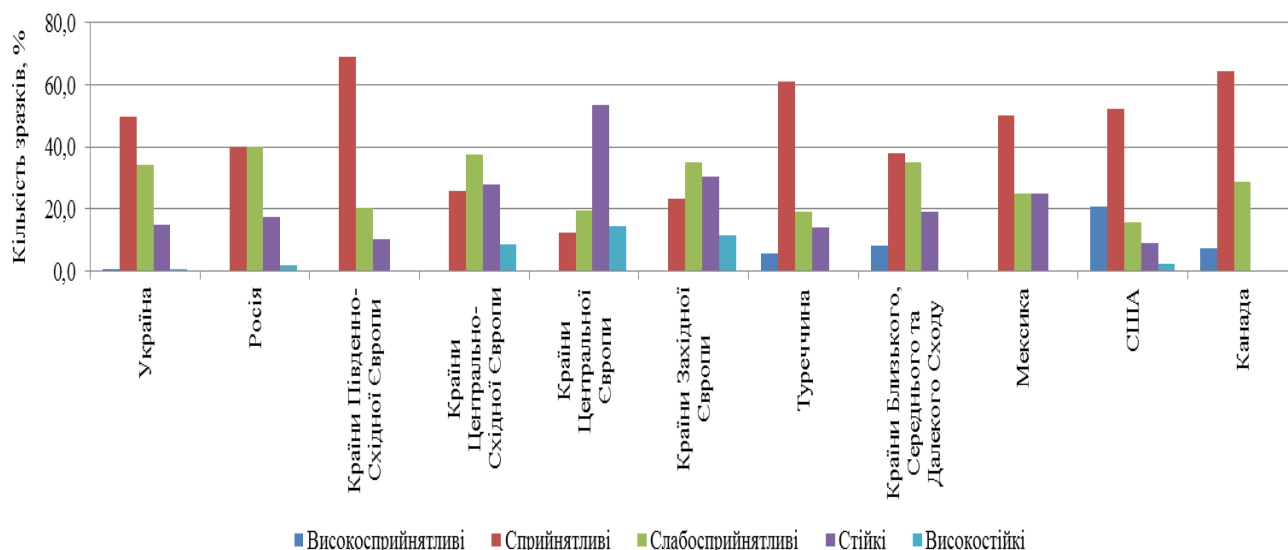


Рис. 7. Розподіл колекції за ознакою стійкості до борошнистої роси залежно від країни походження, 2011-2019 pp.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

За ознакою стійкості до септоріозу листа відмічено відносно рівномірний розподіл як сприйнятливих так і стійких зразків різного походження (рис. 8).

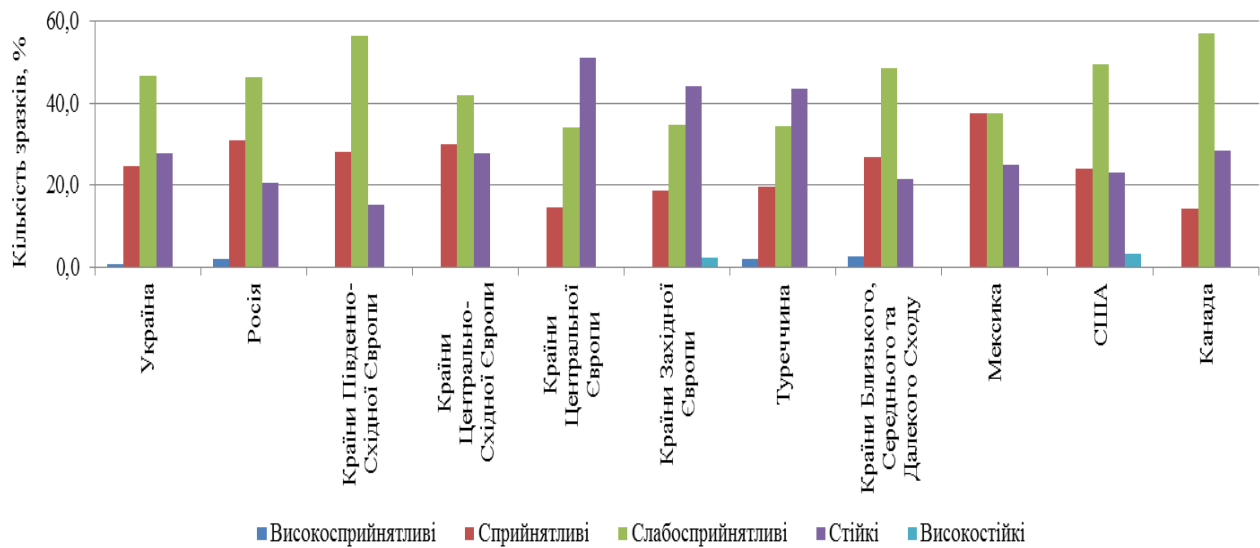


Рис. 8. Розподіл колекції за ознакою стійкості до септоріозу листа залежно від країни походження, 2011-2019 рр.

За ознакою стійкості до бурої іржі більшість високостійких сортів походженням з Північноамериканського континенту (рис. 9).

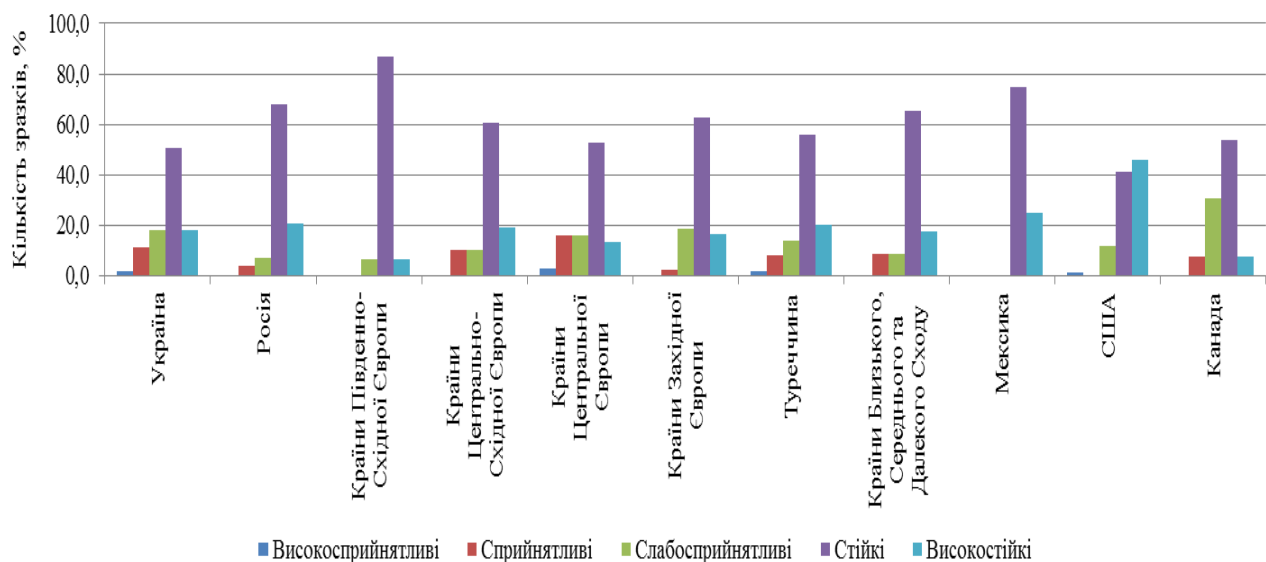


Рис. 9. Розподіл колекції за ознакою стійкості до бурої іржі залежно від країни походження, 2011-2019 рр.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Стійкість сортозразків з різних країн до найпоширеніших хвороб перш за все залежить від ґрунтово-кліматичних умов регіону створення сорту, а також від наявності даного патогену на території походження зразка.

Із досліджуваного колекційного матеріалу виділено 25 зразків, що мають транслокацію із інших видів та родів рослин: *Ae. speltoides*, *Ae. cylindrica*, *Ae. taushii*, *Ae. peregrina*, *Ag. elongatum*, *S. cereale*, *Tr. durum*, *Tr. erebuni*, + *Triticale*. Серед зразків пшениці м'якої озимої, що отримані внаслідок схрещування із спельтоїдним егілопсом (*Ae. speltoides* Tausch.) груповою стійкістю до хвороб виділено 2 сестринських ліній російської селекції: CV. Rodina/*Ae. speltoides* (10 KR) (IU062132), CV. Rodina/*Ae. speltoides* (10 KR) (IU062133), також виділено 3 сестринські лінії з груповою стійкістю до хвороб, які отримані шляхом схрещування із спельтоїдним егілопсом (*Ae. speltoides* Tausch.) та житом (*S. cereale* L): CV. Rodina/*Ae. speltoides* (10 KR)/*S. cereale* (1.0KR) (IU061826), CV. Rodina/*Ae. speltoides* (10 KR)/*S. cereale* (1.0KR) (UA0108993), CV. Rodina/*Ae. speltoides* (10 KR)/*S. cereale* (1.0KR) (IU062135) (RUS).

Дуже високою стійкістю до прояву бурої іржі характеризувався американський зразок KS93U194, що пояснюється дією гена стійкості Lr 41, донором якого було взято *Ae. taushii* Coss. [298]. У зразка KS93U62 (USA) взятий ген стійкості *Lr41* із *Ae. taushii* Coss. [299] проявив себе на рівні середньої стійкості. В інших американських зразках Elmo та Purdue 39120A-4-10-20-1, які в своєму родоводі мають пирій польовий (*Ag. elongatum* Host.) [300, 301] відмічена слабка та середня сприйнятливість до прояву борошністої роси та септоріозу листя.

Гени стійкості *Lr34/no-Lr34* та *LrTe* в українських сортах Ластівка одеська, Княгиня Ольга та Вихованка одеська [302, 303], які були створені за участі *Ae. peregrina* (Hack.) Maire & Weiller та *Tr. erebuni* Gandilyan [304], проявили високу польову стійкість до бурої іржі.

У сорту Майра (KAZ), створеного за участі твердої пшениці (*Tr. durum* Desf.) [305], відмічена середня польова стійкість до септоріозу листя та бурої іржі. У сорту Мільтурум 1 (UKR), який також створений за участі твердої

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

пшениці (*Tr.durum* Desf.) [306] відмічена середня сприйнятливість до борошністої роси та септоріозу листя.

У сорту Половчанка (RUS), створеного за участі тритикале (× *Triticosecale*), відмічена висока стійкість до бурої іржі (табл. 5).

Таблиця 5.

Стійкість до хвороб зразків пшениці м'якої озимої отриманих, в
результаті віддаленої гібридизації

Культура	Зразки	Рівень стійкості
1	2	3
<i>Aegilops speltoides</i> Tausch.	CV. Rodina/Ae.Speltoïdes (10 KR) (IU062132), -//- (IU062133)	середня стійкість до борошністої роси, септоріозу листя та бурої іржі
<i>Aegilops speltoides</i> Tausch., <i>Secale cereale</i> L.	CV. RODINA/AE.SPELTOÏDES (10 KR)/S.CEREALE (1.0KR) (IU061826), -//- (UA0108993), -//- (IU062135)	середня стійкість до борошністої роси, септоріозу листя та бурої іржі
<i>Aegilops taushii</i> Coss.	KS93U194	дуже висока стійкість до бурої іржі
	KS93U62	середня стійкість до бурої іржі
<i>Aegilops elongatum</i> Host.	Elmo, Purdue 39120A-4-10-20-1	слабка та середня сприйнятливість до борошністої роси та септоріозу листя.
<i>Aegilops peregrina</i> (Hack.) Maire & Weiller	Княгиня Ольга	висока стійкість до бурої іржі
<i>Triticum erebuni</i> Gandilyan	Вихованка одеська	висока стійкість до бурої іржі
<i>Triticum durum</i> Desf.	Майра	середня стійкість до септоріозу листя та бурої іржі
<i>Triticum migushovae</i> Zhir.	Фишт	середня стійкість до бурої іржі
<i>Secale cereale</i> L.	Полесская 70, Полесская 80, Аналог	середня стійкість до бурої іржі
× <i>Triticosecale</i>	Половчанка	висока стійкість до бурої іржі

У сорту Фишт (RUS), у якого в родоводі присутній *Triticum migushovae* Zhir. [307], відмічена слабка сприйнятливість до борошністої роси та септоріозу листя, а також середня стійкість до бурої іржі.

У сорту Поліська 70 (UKR), створеного за участі жита посівного (*S.cereale* L.) [308], але ідентифіковані в ньому гени стійкості *Lr34* та *Pm38* отримані від

Безостої 1 [309]. В цьому сорті відмічена слабка сприйнятливість до борошнистої роси та середня стійкість до бурої іржі.

Таким чином, метод віддаленої гібридизації з використанням чужорідних генів сприяє отриманню ліній більш стійких до конкретних збудників хвороб пшениці м'якої озимої. Підвищення генетичної стійкості рослин до патогенів дозволяє створювати сорти, які на генетичному рівні, можуть протистояти хворобам без зниження якості отриманої продукції та рівня продуктивності рослин.

Створення спеціальної колекції сортозразків стійких до найпоширеніших хвороб пшениці м'якої озимої дозволяє систематизувати процеси підбори батьківських ліній за конкретними ознаками, що дозволить створити більш стійкі лінії.

9.2 Декоративні рослини за дії регуляторів росту рослин

ВСТУП

Одним із перспективних напрямків у створенні біорегуляторів для декоративних рослин є моделювання сполук, що поєднують у своєму складі декілька фармакофорів. Дизайн нових високоефективних і малотоксичних біологічно активних сполук значною мірою ведеться на основі дериватів азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін.

Пошук нових високоефективних і малотоксичних регуляторів росту рослин із селективними механізмами дії значною мірою ведеться серед природних та штучних сполук на основі дериватів азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін (Q). Різноманітні похідні Q знаходять застосування як у якості синтонів в органічному синтезі та молекулярному дизайні, так і відомих ефективних біологічно активних сполук. Гетероциклічна система Q має високо реакційні положення 2 та 4, що дозволяє модифікувати молекулу й одержувати нові ефективні біорегулятори.

Хемометричні дослідження похідних 6-R-Q вказують на імовірність наявності доволі широкого спектру біологічної активності даних сполук. Похідні (6-R-хінолін-4-ілтію) карбонових кислот перспективні як потенційні рострегулятори з антирадикальним та антиоксидативним механізмом дії. За допомогою віртуального скринінгу були відібрані потенційні біоактивні молекули на основі похідних (6-R-хінолін-4-ілтію) карбонових кислот.

9.2.1 РОСТРЕГУЛЯТОРИ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

9.2.1.1 СУЧАСНІ РОСТРЕГУЛЯТОРИ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

Під регуляторами росту розуміють синтетичні та природні органічні сполуки, яким властива значна біологічна активність і які в невеликих

кількостях, у мікродозах викликають зміни у фізіологічних та біохімічних процесах, росту та розвитку рослин. У рослині комплекс рострегуляторів підтримується на певному рівні, необхідному для керування їх ростом, розвитком та продуктивністю. Отже, формування оптимальної продуктивності можна досягти не одним фітогормоном, а комплексом сполук одночасно, або послідовно в певних умовах.

Регулятори росту в квітництві й декоративному садівництві можна застосовувати не лише у вегетаційний період, а й у зимовий для вигонки квітів. Причому в часі можна керувати, приурочувати одержанням квітів до назначених дат. Застосування рострегуляторів дозволяє одержувати якісний посадковий матеріал. Використання біологічно активних речовин сприяє підвищенню естетичних якостей квіткових і декоративних рослин⁶. Також важливо, що можна продовжити час зберігання квітів, вони стають транспортабельнішими. Важливе практичне значення в квітництві має застосування регуляторів росту для одержання якісного посадкового матеріалу.

Експериментальні дані, одержані рядом вчених підтверджують доцільність використання речовин-регуляторів. Так, підвищити схожість насіння бузку можна за допомогою гетероауксину, який застосовують у концентрації 0,01 %. Насіння замочують протягом 20 год і висівають. Схожість його при цьому збільшується на 40%. Проростання насіння півонії прискорюються при обробці їх розчином гібереліну в концентрації 10-100 мг/л, а насіння беладони – 200 мг/л. При цьому насіння замочують протягом 24 год і висівають. Схожість насіння квіткових культур підвищують за допомогою янтарної кислоти – водний розчин цього препарату в концентрації 45 мг/л з розрахунку на 1 ц насіння. У петунії гібридної під впливом етролу в три рази збільшується кількість відгалужень, на яких формуються квіти. Для цього поливають ґрунт розчином препарату концентрацією 250-500 мг/л, а для обприскування листя – 500 мг/л.

Більшість сортів гладіолусів виводиться зі стану спокою після обробки 40%-ним етилен хлоргідрином з розрахунку 3-4 мл/л. Прискорити вихід із стану спокою цибулин гладіолусу можна також за допомогою гетероауксину – у

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

водному розчині з концентрацією 100 мг/л витримують протягом 24 год. потім висаджують у ґрунт. Проростання цибулин гладіолусу прискорюється після обробки індолілмасляною кислотою в концентрації 25 мг/л. Перед цим їх необхідно витримати 3-6 тижнів при температурі 5 °С. Позитивний результат спостерігається і на цибулинах крокусу і тюльпану. У цьому випадку їх обробляють протягом 4 год. Активація проростання цибулин крокусу і тюльпану може бути досягнута і за допомогою 2,4-дихлорфеноксімасляної кислоти. Цибулини розрізають і протягом 5 год. обробляють цим препаратом у концентрації 3 мг/л. приблизно в два рази прискорюються утворення коріння.

Розмноження цінних сортів нарцисів прискорюється за допомогою різних регуляторів росту: гібереліну, гетероауксину, α -нафтилоцтової кислоти. Ці препарати вносять у субстрат в концентрації 10 мл/л. При цьому підвищується маса цибулин в 2-2,5 рази.

Живці магнолії Делавея краще вкорінюються, якщо їх замочити протягом 18 год. у розчині індолілоцтової кислоти (концентрація 100 мг/л). У магнолії великоквіткової також активується процес утворення коріння, а потім стимулюється активний ріст після замочування їх протягом 12 год. у розчині індолілмасляної кислоти концентрацією 25 мг/л. Вкорінення гвоздики досягають при застосуванні індолілмасляної кислоти у концентрації 2500 мг/л. Для зменшення висоти і збільшення кількості квітконосів у гвоздики Шабо застосовують хлорхолінхлорид у дозі 1500 мг/л. Поливають через 10 днів після висаджування у ґрунт.

Активація утворення корінців у рододендрону відбувається при обробці β -індолілмасляної кислоти у вигляді 1% пудри. Ця технологія забезпечує 10-100 % вкорінення живців. Поліпшення декоративних якостей і підвищення стійкості проти вилягання геленіуму, гвоздики та інших декоративних рослин досягається обробкою ретардантами та іншими регуляторами росту. Ретарданти можна широко застосовувати на квіткових культурах у зимовий час в теплицях. Покращення декоративних якостей квіток досягається за допомогою гібереліну в концентрації 10-100 мг/л. Гвоздики, айстри, герані, цикламен, левкої та інші

обробляють після формування квіткових зачатків, але до появи забарвлених бутонів. 2,4–дихлорбензил-трибутилфосфоній (фосфон Д) набув широкого застосування у квітництві на ліліях і хризантемах. Для активації росту жоржини обробляють розчином гіберелової кислоти в концентрації 125 мг/л. Цвітіння починається на 7-10 днів раніше. Етрел у концентрації 0,03 % застосовують на тюльпанах і герані. При поєднаному використанні хлорхолінхлориду і гіберелової кислоти відбувається вкорочення і зміцнення стебла і прискорення цвітіння. Прискорення росту і цвітіння у сальвії досягається застосуванням гіберелової кислоти у концентрації 125 мг/л у фазі 5-6 листків.

9.2.1.1.2 СУЧАСНІ НАПРЯМИ МОДИФІКАЦІЇ НІТРОГЕНВМІСНИХ ГЕТЕРОЦИКЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БІОРЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Одним із перспективних напрямків у створенні біорегуляторів для клонального мікророзмноження рослин є моделювання сполук, що поєднують у своєму складі декілька фармакофорів. Дизайн нових високоефективних і малотоксичних біологічно активних сполук значною мірою ведеться на основі похідних азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін.

Дизайн нових високоефективних і малотоксичних регуляторів росту рослин із селективними механізмами дії значною мірою ведеться серед природних та штучних сполук на основі дериватів азотовмісних гетероциклів і серед них значне місце посідає хінолін (Q).

Перспективність напряму поєднання природних амінокислот з синтетичними азагетероциклами підтверджена дослідженнями сполук, синтезованих в лабораторії фізіологічно активних речовин ЗНУ, завідувач д. б. н., проф. Бражко О. А. (рис. 1.1.).

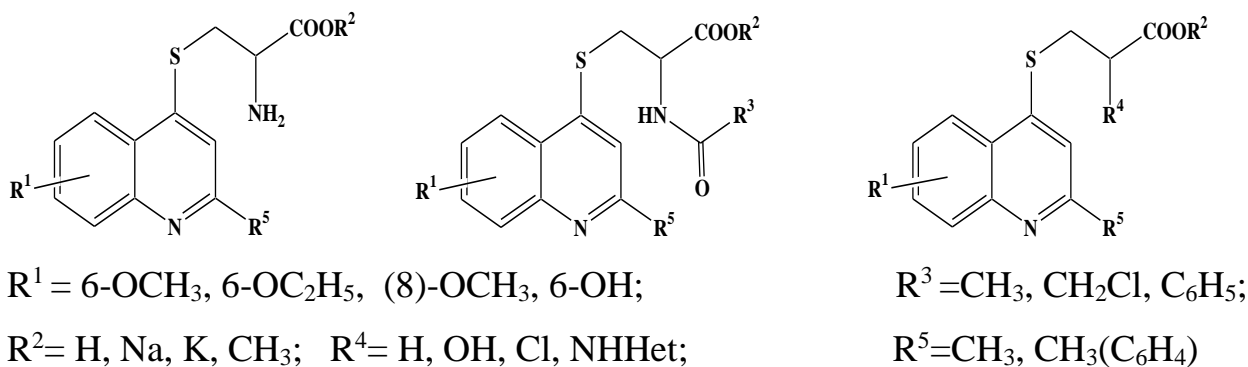


Рисунок 1.1 – Потенційні біорегулятори на основі похідних хіноліну та цистеїну

Присутність атома сірки обумовлює як антирадикальний захист ($\cdot\text{OH}$), так і інгібування процесів ліпопероксидації (ROOH) за рахунок відновлюючих властивостей з утворенням сульфоксиду та шестичленних комплексів з металами змінної валентності.

При заміні атому водню в сульфгідрильній групі 4-меркаптохінолінів на метильний, аралкільний або карбоксильний радикал спостерігається поява значної (на рівні анальгіну і більше) аналгетичної активності. Етерифікація (хінолін-4-ілтію)-карбонових кислот неоднаково впливає на їх дію. Так, етилові естери дещо поступаються за дією відповідним кислотам, а метилові проявляють значну аналгетичну активність, яка перевершує дію відповідної кислоти.

9.2.1.1.3 БУРШТИНОВА КИСЛОТА ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Янтарна (бурштинова) кислота – відомий регулятор росту рослин. У науковій літературі достатньо інформації про застосування бурштинової кислоти (бутандіова кислота, етан-1,2-дикарбонова кислота) в сільському господарстві. Відомо, що один з механізмів дії – це її окиснення в шостій реакції циклу Кребса, яке відбувається за допомогою сукцинатдегідрогенази, активність якої не залежить від концентрації окисненої та відновленої форми $\text{НАД}(\text{Ф})\text{H}_2$, це дозволяє зберегти енергосинтезуючу функцію мітохондрій за

умов гіпоксії та ішемії при порушенні НАД-залежного дихання клітин. Феномен швидкого окиснення бурштинової кислоти сукцинатдегідрогеназою, що супроводжується АТФ-залежним відновленням пулу піримідинових динуклеотидів, дістав назву «монополізація дихального ланцюга». Його біологічне значення полягає в швидкому ресинтезі АТФ клітинами та підвищенні їхньої антиоксидантної активності.

Відомо, що бурштинова кислота – це регулятор росту, який допомагає рослинам краще засвоювати речовини з ґрунту, а також є стресовим адаптогеном (допомагає рослинам легше переносити стрес і швидше відновлюватися після пересадки або росту при несприятливих умовах).

Як вже було досліджено, обробка насіння та саджанців сприятливо позначиться на всьому часі росту культури, підвищить стійкість рослин від негативних факторів середовища і зміцнить їх. Бурштинова кислота допомагає мікроорганізмам в ґрунті швидше руйнувати органічні речовини з підвищеною токсичністю, а також не дозволяє токсинам накопичуватися в рослині.

У наш час інтерес до янтарної кислоти як до стимулятора росту і продуктивності значно зріс, що пояснюється активним пошуком нешкідливих для людини й довкілля препаратів. Препарат також проявляє корисні властивості на активність мікрофлори ґрунту.

На жаль, механізм дії янтарної кислоти на рослини вивчено ще недостатньо. Проте у науковій літературі є багато інформації про її вплив на обмін речовин у насінні, що проростає, у першу чергу, на фосфорний обмін; при цьому посилюється дихання та інші фізіологічні процеси.

Дані, одержані рядом вчених, свідчать про підвищення польової схожості насіння цукрових буряків на 6-8 %, збільшення маси сходів та площі їх листової поверхні. Крім того, був зареєстрований більший збір цукру з одиниці площі, що визначається урожайністю коренеплодів та їх цукристістю. Автори дійшли висновку, що янтарну кислоту доцільно використовувати як для передпосівної обробки насіння, так і вегетуючих рослин.

Вивчено вплив стимулятора росту, синтезованого на основі янтарної кислоти, на вміст редуруючих цукрів, основну транспортну форму вуглеводів рослин – сахарозу, крохмаль як запасну речовину та суму вуглеводів. Як ефективний стимулятор росту янтарна кислота зарекомендувала себе і при розмноженні обліпихи зеленими живцями, про що повідомляють автори експерименту.

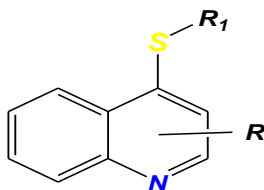
Похідні на основі S-гетерилсукцинату є ефективними регуляторами росту рослин. Застосування її як для обробки вегетуючих рослин ландшафтного дизайну забезпечує підвищення покращення якості продукції.

Показано перспективність пошуку сполук із ростостимулюючою дією серед S-гетерилзаміщених тіокислот та їх похідних, які можуть знайти застосування в сільському господарстві.

9.2.2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ НОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

9.2.2.1 МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУВАЛИСЯ В РОБОТІ

Похідні 4-thioQ (рис 2.1)



$R = H,$ $R_1 = CH_2COOH, CH_2CH_2COOH, CH(COOHCH_2COOH), CH_2CH(NHCOCH_3)COOH$

Рисунок 2.1 – Загальна структура похідних 4-тіохінолінів потенційних рострегуляторів

Сучасні напрями відбору перспективних біологічно активних сполук включають методи *in silico*, *in vitro*, *in vivo*. Для встановлення доцільності синтезу

проводять віртуальний скринінг (VS, дослідження *in silico*) нових хімічних структур та комбінацій на основі низки програмних розробок. Методики QSAR аналізу, PASS, GUSAR (ФРН), TEST (США), AdmetSAR (КНР) дають можливість створення достовірних моделей «структура - дія», «структура - токсичність» та прогнозування ймовірної біологічної дії сполук. Прогноз біологічної активності проведено в режимі on-line за допомогою комп'ютерної програми PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances). Прогноз ймовірної активності характеризувався показниками вірогідності прояву активності (Pa) та її відсутності (Pi). Прогноз здійснювався за структурною формулою хімічної сполуки і ґрунтувався на аналізі бази знань, що включає дані зв'язку «структура – активність».

Дослідження ризогенезу проводилось *in vitro*, з додаванням синтезованих біологічно активних сполук ПХ концентрацією 1 мг/л у живильне середовище. Для ризогенезу готували живильне середовище Мурасіге-Скуга, що містило половинну концентрацію макросолей і мікроелементів та 2 % сахарози. Сполуки додавалися перед стерилізацією живильного середовища. Контролем слугували живильні середовища без регуляторів росту (МС 0). Живильне середовище стерилізували автоклавуванням під тиском 0,11 МПа протягом 30 хв. Експлантати культивували за температури повітря 22–24 °С з фотоперіодом 16 год., відносній вологості повітря 65–70 % та освітленні 2,5 тис. лк. Результати фіксували на 28-у добу і враховували кількість, довжину коренів експлантатів досліджених рослин.

9.2.2.2 ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Об'єктами дослідження були рослини різних таксономічних груп, які використовуються в практиці озеленення інтер'єрів та ландшафтного дизайну: – цибулини тюльпанів (*Tulipa L.*) сорту «*Forgotten dreams*» (родина *Liliaceae*) та листки сенполії (*Saintpaulia H. Wendl.*) сорту «*Melodie Kimi*» (родина *Gesneriaceae*);

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

– експланти павловнії повстистої (*Pulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) клон 112 (родина Ранникові – *Scrophulariaceae*) та троянди дамаської (*Rosa* × *damascena* Mill.) сорт Лада 9 (родина Розові – *Rosaceae*);

– бульбоцибулини крокусів *Crocus chrysanthus* ‘Romance’ та *Crocus grandiflora*, *Grand maitre*’ і *C. grandiflora* Mix (родина *Iridaceae*);

– насіння і проростки бальзаміну бальзамінового Том Тамб (*Impatiens balsamina* Tom Thumb) (родина Бальзамінові – *Balsaminaceae*).

Thuja occidentalis «Danica». Карликовий сорт з кулястою формою крони, в 10 років досягає 60 см у висоту. Крона щільна, всі гілочки розташовані вертикально. Забарвлення хвої влітку - блискуче насичено-зелене, взимку - злегка буро-зелене. Добре росте на сонячних місцях і в тіні.

Thuja occidentalis «Columna». Досить високе дерево з вузькою колонновидною кроною. Річний приріст становить: у висоту - 20 см, в діаметрі - 5 см. До десятирічного віку досягає 3 м у висоту. Хвоя має темно-зелене забарвлення з характерним блиском. Забарвлення зберігається протягом усіх сезонів. Зростає на добре освітлених ділянках або з невеликим затіненням. Морозостійкість до -25-30 ° C.

Thuja occidentalis «Globosa». Чагарник з правильною кулястою формою крони. Зростає повільно, в 10 років досягає висоти 60 см. Скелетні гілки досить ущільнені, з прямими плоскими вертикальними пагонами. Забарвлення залежить від сезонності: навесні чагарник має ніжно-зелений колір, влітку темно-зелений, восени сіро-зелений і коричневий колір взимку.

Platycladus orientalis «Morgan». Дерево з повільним темпом зростання та щільною пірамідальною кроною, загостреною вгорі. Річний приріст становить всього 5-7 см. Доросла рослина досягає 150 см висоти. На весні і влітку забарвлення хвої смарагдово-зелене, лимонно-салатове або салатowo-зелене. Взимку колір змінюється на червоно-бронзовий з відтінком оранжевого.

Platycladus orientalis «Aurea nana». Карликова форма з пірамідальною кроною 1 м у висоту. Щорічний приріст становить 8-10 см. Гілки тонкі і ніжні.

Хвоя дуже дрібна, навесні забарвлена в золотисто-жовтий колір, взимку - в темно-коричневий.

Platycladus orientalis «Pyramidalis». Чагарник з вузькою до 4 м заввишки колонновидною кроною шириною 0,8-1,5 м. Росте повільно, щорічний приріст близько 10 см. Забарвлення хвої темно-зелене протягом усього року.

9.2.2.3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Морфометричні дослідження здійснювалося загальноприйнятими методами.

Результати досліджень оброблені статистично з використанням стандартного програмного пакету IBM SPSS Statistics 22 (IBM, USA, 2013). Дані подані як середнє значення із стандартною похибкою ($\bar{x} \pm SE$). Значення $P < 0.05$ вважалося статистично значущим. Застосовували критерій достовірної різниці Стьюдента.

Експерименти проводили в лабораторії садово-паркового господарства Хортицької національної навчально-реабілітаційної академії в 2018-2020 роках.

В якості регуляторів росту використовували препарат з ауксиноюю активністю «Корневін» (4- (індол-3-іл) масляна кислота 5 г / кг (далі - ІМК)) у вигляді порошку і динатрієву сіль 2- (хінолін-4-ілтіо) бурштинової кислоти у вигляді водних розчинів концентрації 10, 25 і 50 мг/л (далі - ДНХБК).

Живці нарізувалися з маточних рослин в фазу активного росту (кінець травня). Вік маточних рослин - 10-15 років. Технологія зеленого живцювання - загальноприйнята [330]. Контрольні живці висаджувалися на укорінення без попередньої підготовки. Додатковим контролем виступали живці, оброблені ауксинами за традиційною технологією: безпосередньо перед висадкою живці базальним кінцем занурювалися в чисту воду а потім в порошок «Корневіном». Експериментальні варіанти: живці перед висадкою витримувалися протягом 12 годин зануреними базальними частинами в розчин ДНХБК в наступних

концентраціях: 1 варіант - 10 мг / л, 2 варіант - 25 мг / л, 3 варіант - 50 мг / л.
Повторність досліду триразова, в повторності 30 живців.

Живці висаджувалися на укорінення в парник, накритий поліетиленовою плівкою. Як субстрат для вкорінення використовувалася суміш низинного торфу з перлітом (1:1) з додаванням доломітового борошна (2% від маси субстрату). Товщина шару субстрату 10-15 см. Субстрат для вкорінення укладався на 10-сантиметровий шар перегною. Схема висадки живців - 2,5 x 5 см. Полив живців в парнику виконувався вручну, два рази на день, вранці і ввечері. З середини серпня полив скорочували, живці поступово гартували. В кінці вересня проводили підрахунки приживлюваності живців, кількості та довжини коренів. Потім живці були висаджені у відкритий ґрунт на дорошування. Навесні наступного року проводився облік рослин, що перезимували.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу з застосуванням електронних таблиць MS Excel.

9.2.3 ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

9.2.3.1 ОЦІНКА ВПЛИВУ РОСТРЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ ГЕТЕРИЛКАРБОНОВИХ КИСЛОТ НА РОЗВИТОК КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КВІТІВ

Згідно з сучасними уявленнями, під регуляторами росту рослин розуміють природні та синтетичні органічні речовини, яким властива значна біологічна активність і які у малих дозах змінюють фізіологічні й біохімічні процеси, ріст, розвиток і формування урожаю сільськогосподарських рослин, не спричиняючи токсичної дії. У зв'язку з цим нашу увагу привернули раніше не досліджені S-гетерилзаміщені тіокислоти та їх похідні. Серед них виявлено екологічно нешкідливі речовини, що при низьких нормах витрат характеризуються високою фунгіцидною, бактерицидною та рістрегулюючою активністю. На основі цих сполук та їх композицій з природними біостимуляторами розроблено низку

ефективних, низьковитратних, екологічно безпечних PPP і технологій їх застосування для більшості сільськогосподарських культур.

Об'єктами досліджень були регулятори росту, які були створені на основі натрієвих (калієвих) солей гетерилкарбонових кислот (PP1 – похідна дикарбонової кислоти, PP2 – похідна монокарбонової кислоти), цибулини тюльпанів (*Tulipa* L.) сорту «*Forgotten dreams*» та листки сенполії «*Melodie Kimi*» (*Saintpaulia* H. Wendl.)^{33,34}.

Цибулини *Tulipa* були відповідно підготовані до процесу вигонки у тепличних умовах. Їх вигонка здійснювалась у зимовий час. Після висаджування було сформовано 5 дослідних груп (рядів). I група *Tulipa* була контрольна, тобто полив був тільки водою. Інші 4 групи поливались розчинами регуляторів росту: II група – PP1 в концентрації 1 мг/л, III група – PP1 в концентрації 10 мг/л, IV група – PP 2 в концентрації 10 мг/л, V група – гіберелін (стандартний регулятор росту рослин)³³.

Під час активної вегетації з другого ряду розетки вирізували листки *Saintpaulia* середнього віку з довжиною черешка в межах 2,5-5 см. Вкоріняли листки у водному розчині та розчинах PP1 різної концентрації. Зріз живця занурювали у воду на глибину не більше 1 см. Цей рівень підтримували протягом усього періоду вкорінення. Дослідження з листками *Saintpaulia* проводили в зимовий час за кімнатної температури. При цьому було сформовано 3 групи: I група – контрольна, II та III група поливались розчинами регуляторів росту PP1 концентрацією 1 мг/л та PP1 концентрацією 10 мг/л.

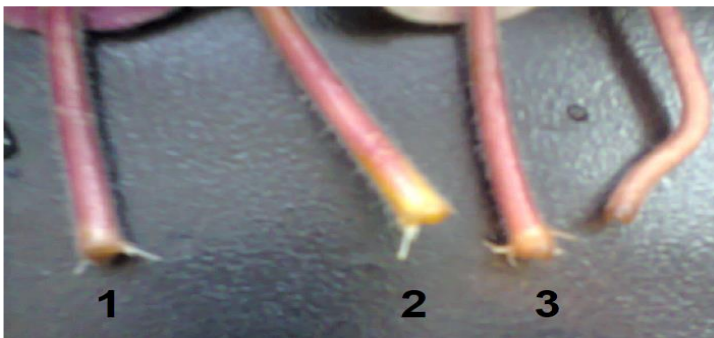
Для визначення впливу цих препаратів на ріст, розвиток та якість цибулин *Tulipa* та рослин *Saintpaulia* вегетативного походження використовувались загальноприйняті методики.

Проведено морфометричне обстеження цибулин *Tulipa* після зрізування квітки (табл. 3.1).

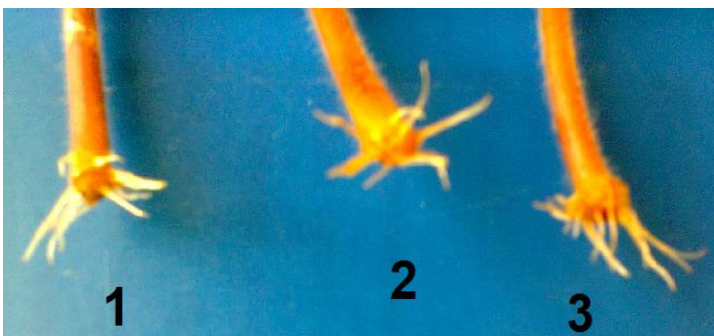
На відміну від регуляторів росту рослин, таких як ауксин, ново синтезований регулятор росту сприяє не розвитку цибулини *Tulipa*, а сприяє росту стебла і квітки, які в нашому випадку є більш цінні.

Дані дослідження показали, що при застосуванні стандартного регулятора росту (гібереліну) діаметр цибулин був більший, вони мали довші корені, як і було прогнозовано за застосування цього препарату. За умови використання PP1 концентраціями 10 мл/л і 1 мл/л вигляд цибулин після зрізання квітів дещо відрізнявся. Зокрема, цибулини були дрібніші, їх діаметр був в середньому 4,2 та 3,7 см, з досить короткими додатковими коренями завдовжки 1,5 см, порівняно з контролем та стандартним регуляторами росту, відповідно (табл. 3.1).

Виходячи з результатів досліджень з цибулинами *Tulipa*, було проведено експерименти щодо укорінення живців *Saintpaulia* саме з PP1 (рис. 3.1). Дослідження показали, що PP1 є хорошим стимулятором росту кореневої системи *Saintpaulia*. Вимірювання кореневої системи листових живців *Saintpaulia* проводили на 2-ий та 5-ий тижні росту (рис. 3.1, А, Б).



А



Б

Рисунок 3.1 – Коренева система *Saintpaulia* 2-ий тиждень (А) та 5-ий тиждень (Б) росту: 1 – контроль (вода), 2 – PP1 концентрація 1мл/л, 3 – PP1 концентрація 10 мл/л

На рис. 3.2 можна побачити, що за використання PP1 збільшується кількість первинних коренів в середньому на 30 %. PP1 (концентрація 10 мл/л) сприяє їх інтенсивному розвитку порівняно з контролем на 35 %.

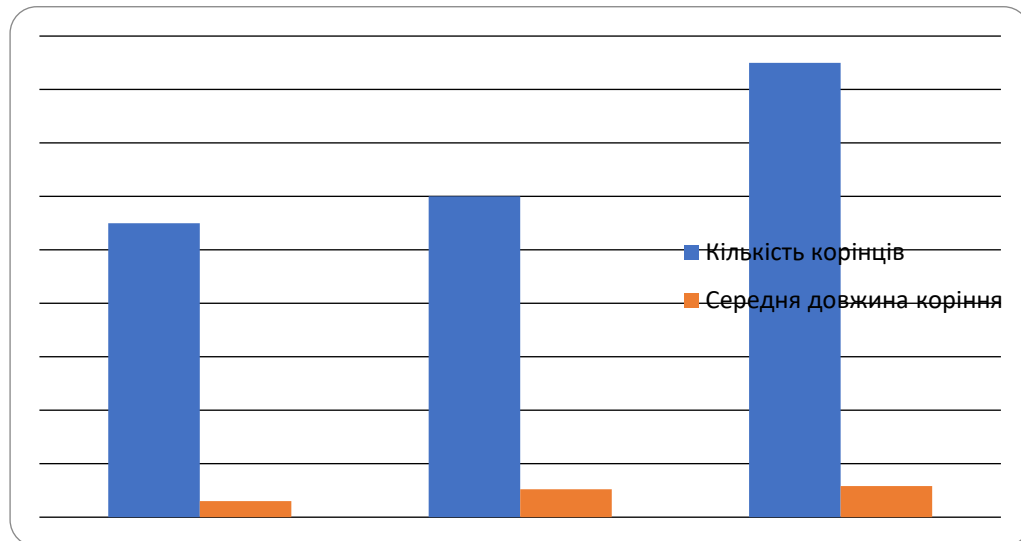


Рисунок 3.2 – Ріст та розвиток кореневої системи *Saintpaulia* за дії регуляторів росту: 1 – контроль (вода), 2 – PP1 концентрація 1мл/л, 3 – PP1 концентрація 10 мл/л

З рисунку 3.2 можна побачити, що за дії PP1 концентрацією 10 мл/л показники корнеутворення найкращі. Середня довжина корінців практично не відрізнялась в усіх варіантах експерименту.

Дані досліджень свідчать, що PP1 у різних концентраціях краще впливає на ріст стебла і квітки *Tulipa*, але уповільнює ріст цибулини. Є припущення, що він впливає на рівень таких фітогормонів, як ауксини, але гальмує відтік органічних речовин у цибулини.

За рахунок цього вигонка тюльпанів II-ї групи відбувається швидше на 5 днів. За використання PP2 час вигонки триває швидше в середньому на 2 дні, проте суттєвих відмінностей у розмірі цибулин не спостерігалось.

Отже, регулятори росту, які були створені на основі натрієвих (калієвих) солей гетерилкарбонових кислот (PP1 – похідна дикарбонової кислоти, PP2 – похідна монокарбонової кислоти), зокрема PP2, досить позитивно впливають на ріст і

розвиток кореневої системи рослин *Saintpaulia* «*Melodie Kimi*». Це дає змогу зробити висновок про доцільність використання зазначених вище регуляторів росту при вегетативному розмноженні даної декоративної рослини.

9.2.3.2 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА РИЗОГЕНЕЗ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

За допомогою використання пакетів програм HyperChem 2010 та ACD/Labs 12.0 шляхом використання фізико-хімічних дескрипторів для знаходження кількісного співвідношення «структура – властивість» було отримано деякі фізико-хімічні константи потенційних рострегуляторів к (табл. 3.2)^{24,25,26}.

Особливо важливою характеристикою будь-якої біологічно активної речовини є ліпофільність (гідрофобність) – модель розподілу речовини, що досліджується між двома фазами, які не змішуються (найчастіше використовується система октанол:вода). Ця характеристика легко модулюється за допомогою використання відповідного дескриптора і найчастіше використовується для оцінки здатності речовини подолати біологічні мембрани^{24,25,26,34}.

Коли досліджувана речовина знаходиться у водній фазі у вигляді молекул (незаряджених часток) для характеристики ліпофільності використовують показник $\log P$ (P – коефіцієнт розподілу на межі октаном – вода).

Виходячи з цього, можна сказати, що введення у 6-му положенні метоксигрупи у структурі похідних S-(2-метилхінолін-4-іл)-карбонових кислот призводить до підвищення молярної рефракції. Аналогічний ефект спостерігається при заміні залишку оцтової кислоти на залишок пропіонової кислоти та цистеїну. Ця тенденція легко пояснюється тим, що при такій зміні структури молекули збільшуються ефективні радіуси молекул, молярна маса, а відтак збільшується і молярна рефракція.

Важливі молекулярні дескриптори потенційних рострегуляторів

№ з/п	Сполуки	M_r , г/моль	$\log P$ (нейтральна форма)	$\log D$ (pH = 7)	MR, см ³ /моль	T пл.	Rf (оц.- това к-та : вода)
1	Сполука 1	291,07	1,66± 1,04	2,87	73,76	178- 181	42
2	Сполука 2		1,92± 1,01	2,91	84,14	168- 171	48
3	Сполука 3	292,35	1,80± 1,14	3,68	79,20	155- 158	53
4	Сполука 4		2.3 ± 1,14	3,75	82,28	147- 149	57
5	Сполука 5	279,06	2,24± 1,04	-2,07	71,91	164- 168	48
6	Сполука 6	319,09	2.77± 1,01	-1,04	84,33	154- 158	60
7	Сполука 7	368,12	2,11 ± 1,04	-1,96	80,49	184- 186	52
8	Сполука 8	349,1	2,64± 1,04	-0,86	91,57	175- 178	64
9	БК	118,098	-0,64 ± 0,28	-4,70	21,95	185- 190	-

Якщо досліджувана речовина у водному розчині частково знаходиться в дисоційованому стані у вигляді заряджених часток (іонів), то буде існувати певна динамічна рівновага між різними формами сполуки, яка буде змінюватись в залежності від рН середовища.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Ліпофільність такої системи буде визначатись коефіцієнтом розподілу $\log D$ – співвідношення сум активностей всіх компонентів органічної та водної фаз.

Виявлено, що значення $\log D$ для досліджених сполук значно менші, ніж значення $\log P$, це пов'язано з врахуванням у другому випадку кислотно-основної рівноваги, в якій знаходяться в розчині досліджувані речовини. Зміна ліпофільності речовини від здатності дисоціювати на йони у водному розчині пояснюється наступним чином. Оскільки вода – полярний розчинник ($\mu=1,86 D$), а дипольний момент октанолу набагато менший (його можна прийняти за неполярний розчинник), то йони, які будуть утворюватись у водному середовищі, майже не будуть дифундувати у органічний шар і концентрація йонів у ньому буде обумовлена в основному переходом незаряджених молекул речовини, внаслідок чого значно зменшиться концентрація речовини у органічній фазі.

Усі досліджувані сполуки (сполуки 1-4) згідно «правила п'яти» Ліпінського можуть проявити високу біологічну активність.

Для виявлення біологічної активності ще не синтезованих речовин особливої популярності набувають комп'ютерні програми, які дозволяють прогнозувати фармакологічні якості нових сполук, виходячи з їх хімічної будови. Комп'ютерний прогноз основного й побічного ефектів фармакологічної речовини дозволяє збільшити ефективність вибору досліджуваних базових структур та знизити витрати на дослідження й розробки.

Результат прогнозу PASS-online надається у вигляді списку активностей із розрахунковими значеннями вірогідності наявності (P_a) або відсутності (P_i) кожного з видів біологічної активності. У зв'язку з тим, що ці вірогідності розраховуються незалежно, їх сума не дорівнює 1. Результати комп'ютерного прогнозування видів біологічної активності для S-(6-метоки-2-метилхінолін-4-іл)-карбонових кислот та їх структурних аналогів.

Віртуальний аналіз біологічного потенціалу 6-метокси-2-метилзаміщених хіноліну показав перспективність дослідження їх на такі види активності, як антиоксидантна «пастки» вільних радикалів ($P_a=0,357-0,861$), антимікробна,

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

протівірусна ($P_a=0,438-0,620$), протипухлинна ($P_a=0,315-0,522$), протизапальна ($P_a=0,304-0,639$), протівиразкова ($P_a=0,420-0,626$) та ін. Привертає увагу наявність у прогнозі різних протекторних ефектів та наявність антитоксичної дії ($P_a=0,316-0,563$).

Найбільша антирадикальна активність була виявлена у 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатної кислоти.

Сучасні напрямки відбору перспективних ростстимуляторів базуються на методах *in silico*, що надають широкі можливості створення достовірних моделей «структура – дія», «структура – токсичність». Тому, для встановлення доцільності синтезу та можливостей подальшого застосування проводять віртуальний скринінг нових хімічних структур на основі низки програмних розробок.

За даними літератури, вірогідність прояву токсичного ефекту нижче у сполук, які мають менше значення інтегральної суми атомних поляризацій молекули, включаючи атоми Гідрогену, більшу кількість атомів Оксигену та метильних груп, більшу ліпофільність, менший розмір молекули, менше значення рефракції. Ці чинники пов'язані з транспортуванням сполук крізь мембрани клітин. Таким чином, варіюючи замісники в кислотах і основах, можливо керувати ступенем їх іонізації, тобто кількістю іонізованих форм у розчинах, що важливо для проявлення біологічної активності, зокрема за рахунок змінення проникання речовин через мембрани та за рахунок різноманітної взаємодії з мембранами нейтральних і іонізованих молекул (табл. 3.2). Відомо, що органічні сполуки, як правило, є достатньо слабкими кислотами та основами. Структурні зміни в їх молекулі призводять до збільшення або зменшення кислотності та основності Також відомо, що активність багатьох препаратів групи акридину залежить від константи іонізації цих сполук. Максимально іонізовані сполуки мають найбільшу бактеріостатичну активність. За результатами вивчення токсичності 6- $\text{OCH}_3\text{-Q}$ позаекспериментальним шляхом за допомогою моделей GUSAR (ФРН), TEST (США) та на двох

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

експериментальних моделях встановлено, що данні сполуки можна віднести до малотоксичних речовин (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Токсична дія S-(6-метокси-2-метилхінолін-4-іл)-карбонових
кислот та їх структурних аналогів

Сполука	Внутрішньо очеревний шлях введення LD ₅₀ , мг/кг (GUSAR)	Внутрішньо венний шлях введення LD ₅₀ , мг/кг (TEST)	Оральний шлях введення LD ₅₀ , мг/кг		LD ₅₀ , мг/кг (n=5)
			GUSAR	TEST	
1	492,3	450,2	758,5	747,71	766±68
3	460,6	355,4	603,2	484,05	583±23,0
5	610,9	496,5	929,9	458,29	986±52
7	763,2	747,0	1302,0	1119,31	>1200

Аналіз, проведений у програмному забезпеченні DMax Chemistry Assistant, підтвердив залежність гострої токсичності сполук від наявності замісників у 7-ому положенні хіноліну, зокрема галогену, та від довжини карбонового ланцюга і ступеню насиченості циклу.

Токсичність досліджених сполук при внутрішньовенному введенні знаходиться в межах 490,3–763,6 мг/кг, при внутрішньоочеревному введенні діапазон значень поступово зменшується до 452,9 – 747 мг/кг, при пероральному введенні – до 1087- 1302 мг/кг.

Дослідження токсичної дії корелює з експериментальними даними ЛД 50 на мишах. Так зменшення токсичності як при внутрішньоочеревному, так і при внутрішньовенному введенні прогнозується для 2-(6-метокси 2-метилхінолін-4-ілтїо)сукцинатної кислоти що імовірно пов'язано з введенням у 6-е положення – OCH₃.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

Таким чином, прогнозована та експериментально визначена токсичність 2-метил(феніл)заміщених 4-тіохінолінів корелює з фізико-хімічними властивостями, які обумовлюють біодоступність.

Ріст та розвиток рослини в першу чергу визначається діяльністю меристем. Оскільки кінчики коренів першими контактують з різними хімічними сполуками у ґрунті та воді, то доцільно досліджувати вплив сполук різної концентрації на кореневу систему з метою визначення впливу на ризогенез.

З отриманими сполуками проведено дослідження ризогенезу *in vitro*, з додаванням синтезованих сполук № 1,3,5,7 концентрацією 1 мг/л у живильне середовище^{21,22}.

Отримані дані свідчать, що сполука № 7 при додаванні у живильне середовище для активації ризогенезу, що містило ½ МС та 1 мг/л ZM-6 викликало збільшення показників ризогенезу у таких культур як павловнія повстиста (*Pulownia tomentosa*) клон 112 та троянда рожева (*Rosa × damascena* Mill.) сорт Лада 9 (табл. 3.3).

Найбільш відповідальний момент при клональному мікророзмноженні будь-якої культури є висадка рослин у субстрат. Саме на цьому етапі існує небезпека загибелі рослин-регенерантів, тому важливо отримати оптимальну кореневу систему, яка забезпечить живлення і ріст регенерантів. Згідно з нашими спостереженнями, на живильному середовищі без гормонів МС 0 *Rosa × damascena* протягом усього експерименту (28 днів) корені не утворює.

Таблиця 3.3

Показники коренеутворення експериментальних рослин на 28-у добу
культивування

Варіанти середовищ	<i>Pulownia tomentosa</i>			<i>Rosa damascena</i>		
	Кількість коренів, шт.	Довжина коренів, мм	Частота ризогене зу, %	Кількість коренів, шт.	Довжина коренів, мм	Частота ризогене зу, %
МС 0	0,9±0,6	2,2±2,4	74	-	-	-

БК	1,3±0,5	2,6±0,8	76	4,8±0,6*	2,7±0,9*	64
Сполука1	2,2±0,7*	4,9±2,9	81	1,8±0,6	1,5±0,7	42
Сполука3	2,7±0,5*	5,1±2,4	86	1,6±1,0	1,8±0,9	44
Сполука5	3,5±2,2*	15,7±2,4**	78	3,7±0,7*	2,4±2,1	66
Сполука 7	5,5±0,8**	13,8±3,2**	90	7,9±0,6**	7,2±3,6**	76
ІОК	3,8±1,2*	14,1±1,4**	84	3,4±0,7*	3,4±2,1	71

Примітка. * Різниця статистично достовірна ($p < 0,05$), ** ($p < 0,001$) у порівнянні з контрольним живильним середовищем МС0.

При висаджуванні *Rosa × damascena* без коренів у субстрат приживлення становило 34 % рослин, що робить виробництво нерентабельним, за рахунок низького рівня приживлення рослин. На відміну від живильних середовищ, що містили синтезовані сполуки. За зміною показників ризогенезу досліджені сполуки порівнювали з активністю фітогормону – 1Н-індоліл-3-оцтовою кислотою (ІОК). Це дозволило показати, що досліджувані сполуки проявляють ауксинову властивість (табл. 3.1). Отримані дані середньої кількості та довжини коренів показують, що висока ростстимулююча активність подібна дії фітогормону ауксину.

Так на живильному середовищі при додаванні сполуки № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтію) сукцинатної кислоти максимально сприяло утворенню 7-8 коренів і частота ризогенезу склала 76 %. Статистично достовірно довші корені спостерігали на середовищі сполуки № 5 – 2-(2-метилхінолін-4-ілтію) сукцинатної кислоти ($p \leq 0,05$) та сполуки № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтію) сукцинатної кислоти ($p < 0,001$). При цьому приживлення рослин на субстраті торф універсальний : пісок : вермікуліт у співвідношенні 2:1:1 складало 82 % (рис. 3.2)

Експланти *Pulownia tomentosa* клон 112 на живильному середовищі без гормонів утворюють мінімальну кількість та довжину коренів з усіх досліджуваних варіантів середовищ. Натомість середовища, що містили сполуки

№ 1, 5, 7 стимулювали утворення достовірно більшої кількості коренів ($p \leq 0,05$), а середовища зі сполуками № 3 (2-(2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатна кислота) та № 4 (2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатна кислота) мали максимальну кількість ($p < 0,001$) коренів порівняно з контролем. За довжиною коренів лідирували живильні середовища, у складі яких присутні сполуки № 3 та № 4 ($p < 0,001$) (рис. 3.3).

Таким чином, сполука № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатної кислоти при додаванні у живильне середовища для ризогенезу в обох культур сприяла достовірному збільшенню кількості та довжини коренів *Pulownia tomentosa* клон 112 ($p < 0,001$) з максимальним відсотком частоти ризогенезу – 90% (рис 3.3).

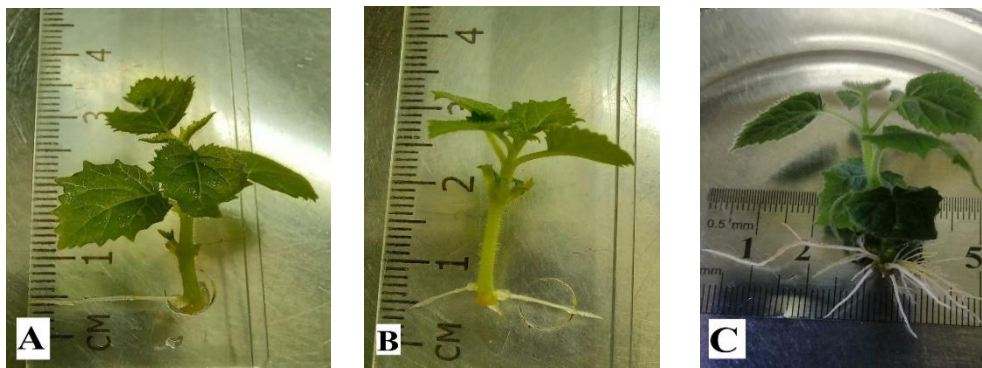


Рисунок 3.3 – Рослини *Pulownia tomentosa* клон 112 на 28-у добу: А – на живильному середовищі без регуляторів росту; В – з додаванням сполуки № 3; С – з додаванням сполуки № 7



Рисунок 3.4 – Рослини *Rosa* × *damascena* (28-а доба) на живильному середовищі з додаванням: А – на живильному середовищі без регуляторів росту; В – з додаванням сполуки № 5; С – з додаванням сполуки № 7

Досліджено вплив 4-тіохінолінів на ризогенез в умовах *in vitro* на експлантати *Pulownia tomentosa* клон 112 і *Rosa × damascena* сорту Лада та подальшу адаптацію мікророслин *in vivo*.

Отримані дані свідчать, що досліджені сполуки показали їх високий біологічний потенціал щодо ризогенезу в умовах *in vitro* у експлантатів досліджених рослин *Pulownia tomentosa* і *Rosa × damascena*.

Додавання сполуки № 7 – 2-(6-метокси-2-метилхінолін-4-ілтіо) сукцинатної кислоти у живильне середовище для ризогенезу, що містило ½ МС та 1 мг/л викликало збільшення показників ризогенезу у таких культур як *Pulownia tomentosa* клон 112 та *Rosa × damascena* сорт Лада. Ми дійшли такого висновку, оскільки в обох культур спостерігали достовірне збільшення кількості та довжині коренів ($p < 0,001$) з максимальним відсотком частоти ризогенезу 90 % у *Pulownia tomentosa* та 76 % у *Rosa damascena*.

Ці значення перевищують показники сполуки-порівняння - 1Н-індоліл-3-оцтової кислоти

9.2.3.3 ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН РОДУ *CROCUS* НА ОСНОВІ S-ГЕТЕРИЛСУКЦИНАТУ

Як відомо, вуглеводний обмін рослин є центральною ланкою їх метаболізму. Постійно велика кількість вуглеводів перетворюються з однієї форми на іншу або сполуки, що використовуються рослинами для забезпечення фізіолого-біохімічних процесів (дихання, синтез білків, жирів тощо). Нами проаналізований вплив стимулятора росту № 3, синтезованого на основі янтарної кислоти, на вміст редуруючих цукрів, основну транспортну форму вуглеводів рослин – сахарозу, а також крохмаль, як запасну речовину, та суму вуглеводів^{36,37}.

Встановлено, що у бульбоцибулинах крокусів *Crocus chrysanthus* «Romance» та *Crocus grandiflora* «Grand maitre» і *C. grandiflora* Mix усіх досліджених зразків як у контрольному, так і у варіантах з обробкою

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

стимулятором, концентрація фруктози дещо перевищує вміст глюкози³⁸. Зі збільшенням концентрації біологічно активної речовини вміст редуруючих цукрів знижується (табл. 3.4). Подібна тенденція простежується і при оцінці рівня сахарози та суми вуглеводів, особливо – у сорту II. Вміст крохмалю у варіантах з обробкою бульбоцибулин стимулятором, незалежно від сорту та концентрації діючої речовини, практично не відрізняється від контрольних величин.

Таблиця 3.4

Вплив стимуляторів росту на вміст різних форм вуглеводів у
бульбоцибулинах крокусів (% на суху речовину, $n = 3$, $x \pm SD$)

Сорт	Показники	Сума редукуючих цукрів	Крохмаль	Сума вуглеводів
	Варіанти			
I	Контроль	3,35±0,054	4,81±0,513	43,06±2,878
	25	3,32±0,059	4,13±0,212	35,64±1,781
	50	2,01±0,095***	4,00±0,031	30,70±1,342*
	100	1,75±0,129***	4,75±0,119	27,89±1,865**
II	Контроль	2,69±0,095	5,06±0,031	34,22±1,067
	25	0,85±0,151***	5,00±0,244	24,81±0,977**
	50	0,71±0,046***	6,88±0,506*	17,15±1,111***
	100	0,52±0,069***	5,31±0,394	15,93±1,045***

III	Контроль	2,68±0,105	5,06±0,031	36,90±1,343
	25	2,29±0,087*	5,06±0,163	48,11±1,123**
	50	1,68±0,109**	6,88±0,506*	31,89±1,779*
	100	1,04±0,079***	5,31±0,388	19,49±1,505***

Примітка: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$

На нашу думку досліджені сполуки сприяють утворенню сполуки аденозинтрифосфату (АТФ) – універсального енергетичного донору біохімічних реакцій. Отже, одержані нами дані дозволяють констатувати, що використана в експерименті речовина активує метаболізм бульбоцибулин крокусів.

Показана перспективність пошуку сполук із ростостимулюючою дією серед S-гетерилзаміщених тіокислот та їх похідних, які можуть знайти застосування в садово-парковому господарстві.

9.2.3.4 Порівняння дії традиційних і синтезованих стимуляторів росту на характеристики проростання насіння та вегетативні органи проростків *Impatiens balsamina*

9.2.3.4.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ БАЛЬЗАМІНУ

Одним з найважливіших параметрів оцінки якості насіння є його схожість, оскільки з різним ступенем схожості пов'язані норми висіву та низка біологічних особливостей посівного матеріалу. Зазвичай кількість пророслого насіння за лабораторних умов більша, ніж у польових. Проте лабораторна схожість насіння демонструє потенційну кількість проростків, яку можна одержати з насіння за сприятливих умов³⁹.

Нами були проаналізовані такі характеристики якості насіння бальзаміну Том Тамб (*Impatiens balsamina* Tom Thumb), як лабораторна схожість, динаміка та енергія його проростання.

На рисунку 3.5 представлена динаміка проростання насіння *Impatiens balsamina* у контрольному варіанті та у варіантах з використанням традиційних стимуляторів росту (бурштинова кислота, етрел) протягом експерименту. При цьому визначали, скільки насінин проросло за кожен день дослідження у штуках і відсотках від загальної кількості закладеного насіння (30 шт.) у варіанті.

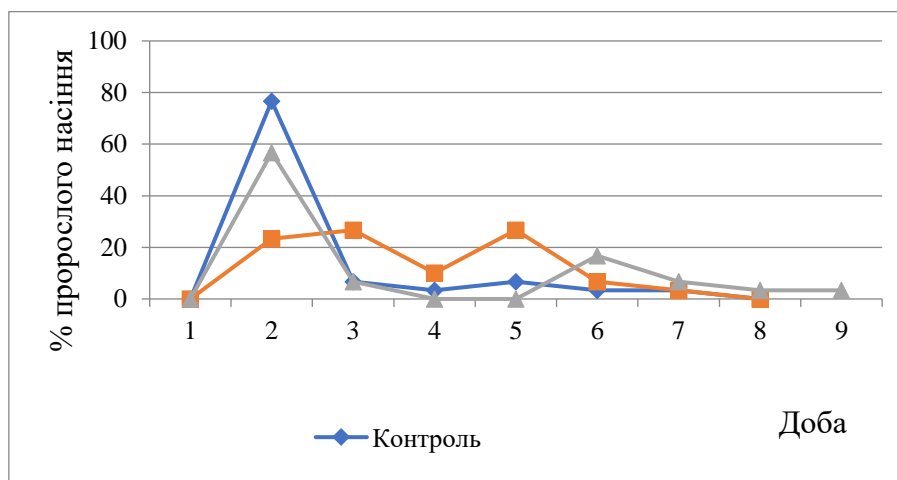


Рисунок 3.5 – Динаміка проростання насіння *Impatiens balsamina* Tom Thumb у контрольному варіанті та з традиційними стимуляторами

Контрольний варіант. Найбільший відсоток пророслого насіння зафіксований на 2-у добу експерименту. Тобто, енергія проростання насіння на 2-у добу склала 76,7 %. В подальшому незначний відсоток проростання (від 3,3 до 6,7 %) спостерігався до 7-ої доби включно. В контрольному варіанті проросло усе насіння, а отже, лабораторна схожість насіння склала 100 %.

Бурштинова кислота. В цілому, проростання насіння *Impatiens balsamina* більш розтягнуте у часі, графік динаміки цього процесу має два піки (на 3-ю і 5-ту доби експерименту). Кількість пророслого насіння у ці строки становить по 26,7 % в обох випадках. Енергія проростання, визначена на 3-ю добу (перший максимум), також становить 26,7 %, що в 2,9 разів менше порівняно з контрольним варіантом і фіксується на одну добу пізніше. Проте, не дивлячись

на такий характер проростання насіння, лабораторна схожість склала, як і в контролі, 100 %.

Етрел. Як і у контрольному варіанті, перший максимум проростання (енергія проростання) насіння спостерігається на 2-у добу експерименту. Кількість пророслого насіння в цей строк складає 56,7 %. В подальшому фіксується спад цього процесу (3-я доба). На 4-у і 5-у доби жодна насінина не проросла. Другий пік у динаміці проростання припадає на 6-у добу (16,7 %), у подальшому знижуючись від 6,7 % – до 3,3 % (8-а і 9-а доби). Лабораторна схожість насіння за дії етрелу складає 93,3 %.

На рисунку 3.6 зображені криві динаміки проростання насіння *Impatiens balsamina* у контрольному варіанті та з додаванням нових синтезованих стимуляторів концентрацією 1,0 і 5,0 мкмоль/л.

Синтезовані речовини. В обох варіантах із синтезованими речовинами, як і у контролі, перший максимум проростання спостерігається на 2-у добу експерименту. Енергія проростання насіння з концентрацією препарату 1,0 мкмоль/л становить 70,0 %, а у варіанті з 5,0 мкмоль/л – 80,0 %. В подальшому в обох цих варіантах спостерігається різке зниження відсотку проростання насіння, особливо різко виражене у варіанті з меншою концентрацією стимулятора (після 4-ої доби жодна насінина не проросла). Лабораторна схожість склала 96,7 %.

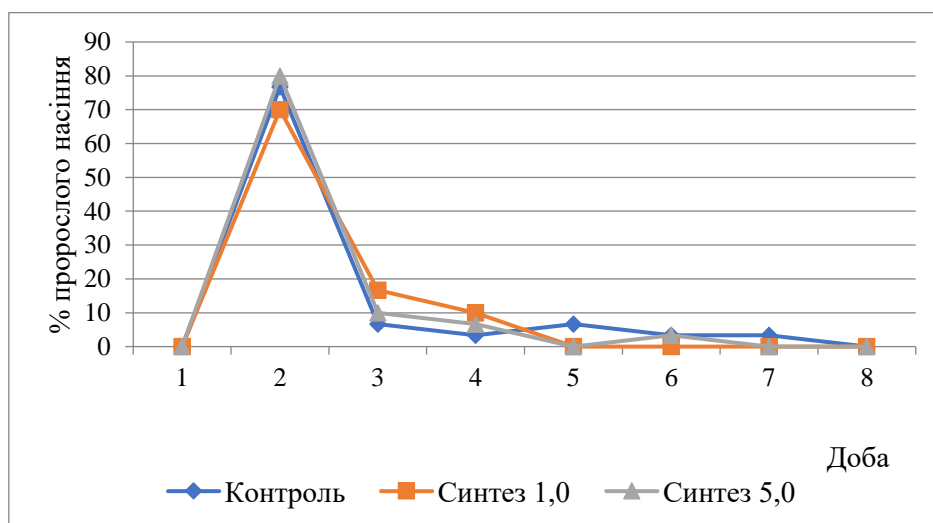


Рисунок 3.6 – Динаміка проростання насіння *Impatiens balsamina* Том Thumb у контрольному варіанті та із синтезованими стимуляторами

У варіанті з більшою концентрацією стимулятора на 5-у добу не зафіксовано проростання насіння, а на 6-у добу проросло 3,3 %. Лабораторна схожість становить 100 %.

9.2.3.4.2 ВПЛИВ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ *IMPATIENS BALSAMINA*

Важливо дослідити також дію як традиційних, так і синтезованих у лабораторії кафедри садово-паркового господарства Хортицької національної академії стимуляторів росту на інтенсивність ростових процесів вегетативних органів проростків *Impatiens balsamina*.

У таблиці 3.5 наведений цифровий матеріал щодо впливу біологічно активних речовин на морфометричні показники проростків *Impatiens balsamina*. Вимірювання здійснено наприкінці досліду. При цьому аналізували довжину головного кореня проростків, довжину гіпокотиллю та площу сім'ядольних листків (виконують функцію фотосинтезу).

Таблиця 3.5

Вплив стимуляторів росту на морфометричні параметри проростків *Impatiens balsamina* Том Thumb (8-а доба експерименту)

Варіант	Довжина головного кореня, см	Довжина гіпокотиллю, см	Площа сім'ядольних листоків, мм ²
Контроль	3,0±0,72	5,8±0,12	24,9±0,45
Бурштинова кислота	2,7±0,85	2,6±0,58	13,5±2,23
Етрел	0,6±0,07	0,9±0,09	13,9±0,33
Синтез 1,0	0,5±0,09	2,6±0,12	15,3±0,68
Синтез 5,0	2,3±0,97	3,9±0,28	19,1±0,78

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Для кращого розуміння і адекватної оцінки впливу стимуляторів на інтенсивність росту вегетативних органів проростків, крім середнього арифметичного та його похибки (табл. 3.6), були розраховані їх величини відносно контрольних значень. Ці дані представлені на рисунку 3.7.

Корінь. Середня довжина головного кореня проростків у варіанті із внесенням бурштинової кислоти склала 90,0 % відносно контролю. Дещо менше виражений позитивний вплив синтезованої речовини (5,0 мкмоль/л) – 76,7 %. Етрел та синтезована речовина з меншою концентрацією (1,0 мкмоль/л) інгібували ріст корнів проростків *Impatiens balsamina*.

Гіпокотиль. Найбільша довжина гіпокотилу серед варіантів із використанням стимуляторів була у варіанті із синтезованою речовиною (5,0 мкмоль/л) – 67,4 % відносно контрольних величин. Друге місце посіли бурштинова кислота та синтезована речовина меншої концентрації – по 44,9 % від контролю. Етрел гальмував ріст гіпокотилу проростків.

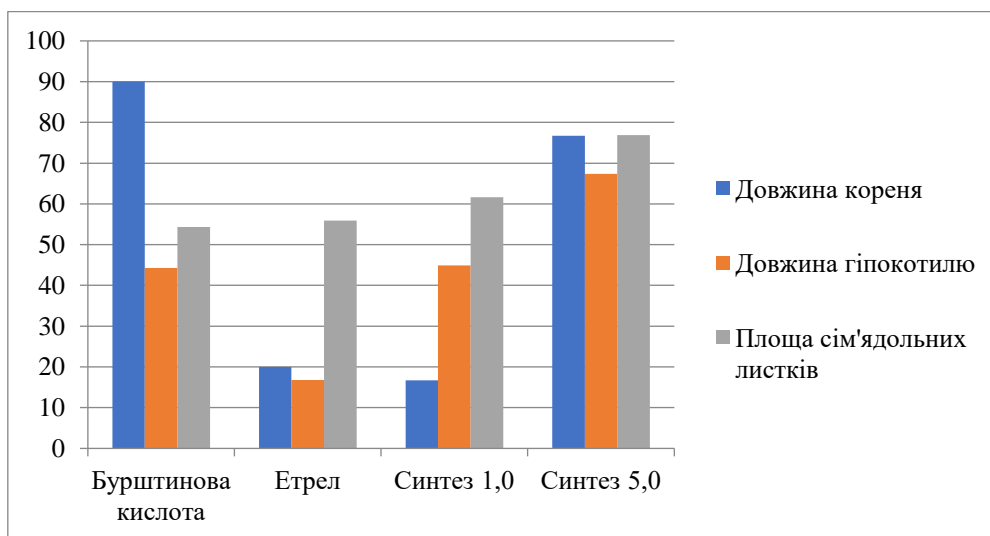


Рисунок 3.7 – Морфометричні показники проростків *Impatiens balsamina*, % від контролю (8-а доба експерименту)

Сім'ядольні листки. Найбільша площа сім'ядольних листків серед дослідних варіантів була у проростків, що росли у присутності більшої концентрації синтезованого препарату (їх площа склала 76,9 % від контролю).

Дещо нижча величина цього показника спостерігається у варіанті із внесенням меншої концентрації (1,0 мкмоль/л) – 61,6 % від контролю. Третє місце посідають варіанти із додаванням бурштинової кислоти (54,3 %) та етрелу (55,9 %).

Отже, аналіз впливу біологічно активних речовин – стимуляторів росту на характеристики проростання насіння *Impatiens balsamina* Tom Thumb свідчить, що серед досліджених традиційних препаратів краще впливає етрел, а із синтезованих – обидві концентрації стимулятора росту (як 1,0, так і 5,0 мкмоль/л) спричиняють майже однаковий позитивний ефект. Порівняння дії етрелу і синтезованого препарату доводить більш виражений позитивний вплив останнього на характеристики проростання насіння дослідженого виду. Комплексний аналіз впливу стимуляторів на морфометричні показники проростків *Impatiens balsamina* свідчить, що із традиційних препаратів більш виражений ефект має бурштинова кислота, а щодо синтезованої речовини – більша концентрація (5,0 мкмоль/л). Слід зазначити, що бурштинова кислота більше стимулює ріст кореня порівняно із синтезованим препаратом, а останній, в свою чергу, – ріст гіпокотилію та суттєво збільшує площу сім'ядольних листків.

9.2.4.1 ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ХІНОЛІН-БУРШТИНОВОЇ КИСЛОТИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ САДОВИХ ФОРМ *THUJA OCCIDENTALIS* L. ТА *PLATYCLADUS ORIENTALIS* (L.) FRANCO

В контрольному варіанті у живців сорту «Danica» (таблиця 1) укорінення спостерігалось на рівні 84,3%. Якість кореневої системи добра: середня кількість коренів – майже 13 шт., довжина - 6,12 см. Підготовка живців цього сорту за допомогою ІМК дозволило отримати 100% приживлюваність. В середньому на них нараховано 16 коренів, це більше за контрольний варіант на 23,5%. Довжина коренів також зросла, і склала 7,15 см (на 17% більше контрольних показників) (рис. 4.1).

Таблиця 4.1

Вплив обробки живців *Thuja occidentalis* розчинами дінатриевої солі 2-
(хінолін-4-ілтію) бурштинової кислоти на їх приживлюваність і розвиток
(середнє за 2018-2020 рр.)

Сорт	«Danica»				«Columna»				«Globosa»			
	Приживлюваність %	Кількість коренів, шт	Довжина коренів, см	Перезимівля, %	Приживлюваність %	Кількість коренів, шт	Довжина коренів, см	Перезимівля, %	Приживлюваність %	Кількість коренів, шт	Довжина коренів, см	Перезимівля, %
Контроль	84, 3	12,8 9	6,1 2	79, 6	68, 9	8,04	4,00	78,4	77, 9	11,3 1	5,23	79,4
ІМК	10 0	15,9 2	7,1 5	90, 7	72, 2	8,67	4,12	82,6	84, 1	12,9 8	6,91	91,3
10 мг/л	76, 2	17,9 4	6,9 8	85, 8	79, 0	11,5 2	8,93	91,4	80, 1	7,67	8,86	90,0
25 мг/л	92, 4	14,9 5	6,2 6	80, 9	76, 2	11,6 7	5,34	88,4	91, 4	13,0 4	7,15	88,1
50 мг/л	96, 6	14,4 1	6,9 2	96, 4	71, 4	12,1 2	5,82	95,9	95, 1	13,6 6	7,23	92,3
НСР ₀₅	6,2	2,11	0,9 8	6,4	4,5	2,32	1,04	6,3	5,8	2,06	1,02	6,5

З трьох варіантів використання ДНХНК найбільш ефективною виявилася концентрація 50 мг / л. Замочування живців в цьому розчині дозволило підвищити приживлюваність живців до 96,6%, що на 12,3% більше, ніж у контрольному варіанті. Кількість і довжина коренів – практично на рівні варіанту з ІМК. У варіанті з концентрацією ДНХНК 10 мг / л вдалося поліпшити

лише якість кореневої системи - кількість коренів зростає в порівнянні з контролем майже в 1,4 рази. Живці цього сорту непогано переносять зиму: в середньому за 2 роки збереженість живців не падала нижче 79,6%. Найкраще зимують живці після обробки ІМК (90,7%) і в експериментальному варіанті з концентрацією 50 мг / л (96,4%).

Контрольний зразок туї західної «Columna» вкоренився на 68,9%, середня кількість коренів 8 шт, при середній довжині 4 см - це найнижчі показники серед усіх зразків цього сорту. При обробці ІМК відсоток вкорінення збільшився до 72,2%, кількість і довжина коренів зростає несуттєво - до 8,67 шт і 4,12 см відповідно. Найбільш ефективною виявилася обробка живців ДНХБК в концентрації 10 мг / л. Приживлюваність склала 79,0%, що на 10% більше, ніж у контрольного зразка. Обробка ДНХБК в концентрації 50 мг / л вплинула тільки на кількість утворених коренів, в середньому їх налічувалося 12,12 шт., що є найвищим показником по даному сорту. Найбільш успішно перезимували живці після обробки ДНХБК: збереженість зростає на 12-18% в порівнянні з контролем.



Рисунок 4.1. Живці *Thuja occidentalis* «Danica»
1) Контроль 2) ДНХБК 50 мг/л



Рисунок 4.2. Живці *Platycladus* «Aurea pana»
1) Контроль 2) ДНХБК 50 мг/л

Сорт «Globosa» в контрольному варіанті укорінився на 77,9%; середня довжина коренів - 5,23 см, кількість - 11,31 шт. Підготовка живців з використанням ІМК поліпшила приживлюваність до 84,1%, довжина коренів

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

зросла до 6,91 см, кількість - до 12,98 шт. Найкращу ефективність серед усіх зразків має ДНХБК в концентрації 50 мг / л, приживлюваність склала 95%. Кількість коренів - 13,66 шт. при середній довжині 7,23 см. У живців, підготовлених з використанням ДНХБК в концентрації 10 мг / л, істотно зросла довжина коренів, яка склала 8,86 см, при цьому показник кількості коренів в даному варіанті досліду - найнижчий по сорту - 7,67 шт. Збереження живців протягом зими у всіх експериментальних варіантах відзначена на рівні варіанту з ІМК.

Таблиця 4.2

Вплив обробки живців *Platyclus orientalis* розчинами дінатрієвої солі 2- (хінолін-4-ілтію) бурштинової кислоти на їх приживлюваність і розвиток (середнє за 2018-2020 рр.)

Сорт	«Morgan»				«Aurea nana»				«Pyramidalis»			
Показники	Приживлюваність	Кількість коренів,	Довжина коренів,	Перезимівля, %	Приживлюваність	Кількість коренів,	Довжина коренів,	Перезимівля, %	Приживлюваність	Кількість коренів,	Довжина коренів,	Перезимівля, %
Варіанти обробок	%	шт	см		%	шт	см		%	шт	см	
Контроль	60,5	10,45	6,7 5	74, 9	55, 8	4,78	6,90	60,0	65, 0	10,21	5,98	80,0
ІМК	68,9	13,54	8,1 2	87, 9	63, 1	6,81	5,98	71,9	78, 5	11,75	6,34	90,5
10 мг/л	71,2	16,34	7,1 2	90, 9	59, 4	7,12	6,05	64,4	78, 8	8,67	6,43	77,9
25 мг/л	73,7	10,36	8,1 7	78, 8	77, 9	8,12	6,56	65,9	85, 6	8,90	7,34	80,6
50 мг/л	75,5	12,04	6,3 4	75, 0	78, 5	9,60	6,34	70,0	90, 1	9,34	7,12	91,5
НСР ₀₅	6,4	2,15	0,9 4	6,6	4,2	2,38	0,97	6,6	6,5	2,11	1,00	6,2

Широкогілочник східний в цілому вкорінюється гірше, ніж туя західна. Живці в контрольному варіанті сорту «Morgan» (таблиця 2) вкоренилися на 60,5%. Якість коренів - середня, довжина - 6,75 см, кількість - 10,45 шт. Обробка живців ІМК збільшила кількість укорінених живців до 68,9%. Найбільший відсоток вкорінення (75,5%) дала підготовка живців з використанням ДНХБК в концентрації 50 мг / л. Однак якість коренів має середні показники: кількість - близько 12 шт, довжина - 6,34 см. У варіанті з використанням концентрації ДНХБК 10 мг / л значно зростає кількість коренів - до 16,34 шт. У зимових умовах найкраще (на 87,9-90,9%) збереглися живці в варіанті з ІМК і в експерименті з концентрацією ДНХБК 10 мг / л.

У контрольному варіанті у сорту «Aurea nana» прижилося тільки 55% живців, які утворили в середньому менше 5 коренів. Їх середня довжина - 6,9 см. Найкращі результати дала обробка живців розчином ДНХБК в концентраціях 25 і 50 мг / л. У цих випадках вдалося отримати вкорінення на рівні 77,9-78,5% з гарною якістю кореневої системи: кількість коренів зростає до 8-9,6 шт, що краще контрольного варіанту в 1,8-2 рази (рис. 2). Довжина коренів залишилася на рівні контрольної. На цьому сорті використання ДНХБК в концентрації 25 і 50 мг / л перевищила по ефективності ІМК, яка є класичним стимулятором корнеутворення. Живці цього сорту відрізняються невисокою збереженістю в зимовий час і за дві зими вона складала в середньому 60-72%. Кращі показники - у варіантів з ІМК і ДНХБК 50 мг / л.

Живці в контролі у сорту «Pyramidalis» прижилися на 65%. Кількість утворених коренів становить 10,21 шт. Середня довжина 5,98 см. Обробка живців ІМК поліпшила приживлюваність до 78,5%, живці в цьому варіанті мають найбільшу кількість коренів - 11,75 шт. Довжина коренів - 6,34 см. Кращий процентний результат вкорінення демонструють живці, підготовлені за допомогою ДНХБК 50 мг / л – 90,1%, проте довжина і кількість коренів мають середні показники - 7,12 см і 9,34 шт. відповідно. Перезимівля мала загальні тенденції з сортом «Aurea nana»: найкраща збереженість живців відзначена в варіантах з ІМК і ДНХБК 50 мг / л (90,5-91,5%).

Таким чином, на всіх обстежених сортах спостерігається позитивний вплив обробки живців перед посадкою розчином ДНХБК певних концентрацій як на приживлюваність, так і на якість кореневої системи, і як наслідок, забезпечило більш успішну перезимівлю вкорінених живців.

ВИСНОВКИ

Досліджено нові похідні (6-R-хінолін-4-ілтію)сукцинатної кислоти. Проведено аналіз ліпофільності за допомогою хемометричних методів. Визначено $\log P$ для нейтральних форм та значення коефіцієнту розподілу $\log D$ при $pH = 7$ для досліджених сполук.

Значення $\log P$ досліджених сполук знаходяться в найбільш сприятливому інтервалі для подолання біологічних мембран клітин кореневої системи в залежності від pH середовища. Введення у 4-те положення залишку сукцинатної кислоти призводить до підвищення біодоступності сполук при $pH = 5.6-7.0$. Усі досліджувані сполуки згідно «правила п'яти» Ліпінського можуть проявити високий вплив на різогенез. Визначення токсичної дії сполук *in silico* було за допомогою комп'ютерних моделей дозволила визначити ряд чинників та факторів будови молекул, які впливають на рівень токсичної дії серед досліджених сполук і напрямки створення ростстимуляторів комплексної дії.

Проведено оцінку впливу на різогенез при мікроклональному розмноженні в умовах *in vitro* у експлантатів та подальшу адаптацію мікророслин до умов *in vivo* гібридних молекул (6-R-хінолін-4-ілтію)сукцинатної кислоти, які є аналогами відомих ростстимуляторів. Визначено ряд чинників, які впливають на збільшення впливу на різогенез речовин у цьому ряду. Додавання сполуки 7 у живильне середовище для різогенезу викликало максимальний вплив на прояв показників різогенезу у таких культур як Павловнія клон 112 та троянда рожева (*Rosa damascena* Mill.) сорт Лада. Так як у обох культур спостерігали достовірне збільшення кількості та довжині коренів ($p < 0,001$) з максимальним відсотком частоти різогенезу 90 % у Paulownia Clone *in vitro* 112 та 76% у Rosa

damascena сорт Лада перевищували препарат порівня - 1Н-індоліл-3-оцтовою кислотою.

Проведено відбір сполук - лідерів для подальшого тестування потенційних стимуляторів різогенезу для мікроклонального розмноження декоративних рослин.

Показники впливу стимуляторів росту на характеристики проростання насіння *Impatiens balsamina* Tom Thumb свідчать, що серед досліджених традиційних препаратів краще впливає етрел, а із синтезованих – обидві концентрації стимулятора росту.

Регулятори росту, які були створені на основі натрієвих (калієвих) солей гетерилкарбонових кислот (PP1 – похідна дикарбонової кислоти, PP2 – похідна монокарбонової кислоти), зокрема PP2, досить позитивно впливають на ріст і розвиток кореневої системи рослин *Saintpaulia «Melodie Kimi»*. Це дає змогу зробити висновок про доцільність використання зазначених вище регуляторів росту при вегетативному розмноженні даної декоративної рослини.

Отримані результати мають високе практичне значення для отримання та подальшого впровадження нових ефективних, малотоксичних, менш коштовних речовин для розмноження рослин, в умовах мікроклонального виробництва. Показано перспективність пошуку сполук із ростостимулюючою дією серед S-гетерилзаміщених тіокислот та їх похідних, які можуть знайти застосування в садово-парковому господарстві.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.10.1

10.1 Використання різних типів субстрату для укорінення живців цитрусових в умовах закритого ґрунту

Серед численних плодових рослин цитрусові користуються особливою популярністю. Плоди мандаринів, апельсинів, лимонів, цитронів, грейпфрутів відрізняються високими поживними, лікувальними і дієтичними властивостями. Вони слугують сировиною для отримання соків, компотів, цукатів і джемів, цінних ефірних олій і різних есенцій, які широко використовуються в харчовій, кондитерській і парфумерній промисловості, а сама рослина також для озеленення інтер'єрів, зимових садів [349,351,352].

В Україні промислове вирощування цитрусових не розвинене[350], але переробка цитрусових плодів на соки та дитяче харчування існує майже на усіх підприємствах харчової промисловості, які виробляють вказані продукти.

До України привозять мандарини й апельсини так званих «технічних» сортів. Плоди на рослинах таких сортів швидко дозрівають, на дереві їх росте багато, але при цьому вони мають не дуже високі смакові показники. Цитрусові більш дорогих сортів до нас не завозять, внаслідок нерентабельності: плоди більш дорогих сортів зріють довше, загальна кількість їх не велика, а ось за ціною вони набагато дорожчі.

Вирощені в закритому ґрунті в місцевих умовах плоди цитрусових мають значно кращі смакові якості та містять більшу кількість корисних речовин. В наш час з'явилися навіть сорти цитрусових рослин, спеціально виведені для вирощування в умовах клімату України. Наприклад, лимон сорту «Київський», який вивів київський селекціонер А. Патій. Це суто український сорт з високими смаковими якостями, пристосований до вирощування у наших кліматичних умовах. Тож, дослідження по розмноженню та вирощуванню мандаринів, лимонів та апельсинів в умовах закритого ґрунту мають велике значення для популяризації цитрусових культур серед населення .

Природно-кліматичні умови Херсонської області несприятливі для вирощування цитрусових рослин у відкритому ґрунті. Зимові морози згубно діють на рослини субтропічного походження. Несприятливий також і режим зволоження. Однак, високі харчові, лікарські та декоративні властивості цитрусових рослин, обумовили інтерес науковців та аматорів по вирощуванню їх у закритому ґрунті, оранжереях та як кімнатну рослину[354,355].

Досліди проводились на різних типах субстрату при укоріненні живців лимонів сортів «Пандероза», «Київський Великоплідний» та «Павловський», мандарину сорту «Ковано-Васьо» та апельсину сорту «Вашингтон Навел

Живцювання цитрусових – це процес вкорінення живця, який представляє собою обрізану від маточної сортової рослини частини стебла або гілки з 3-5 листочками[353].

У порівнянні з щепленням, живцювання має низку важливих переваг, головною з яких, є розвиток укоріненого цитруса в повній відповідності з біологічними особливостями конкретного сорту. До таких особливостей відносяться розміри, форма і смакові якості плодів, особливості будови листа, а також розміри, форма і характер росту крони деревця. Останній момент дуже важливий для вирощування рослин в умовах закритого ґрунту, оскільки у випадку з щепленням при неправильному виборі підщепи можна отримати росле дерево з великою і потужною кроною, незважаючи на те, що робили щеплення карликового сорту.

Найкращим часом для живцювання цитрусових культур є весна і кінець літа. В кінці січня – на початку лютого цитрусові, що ростуть в умовах закритого ґрунту, починають прокидатися і активно давати приріст. Виникає необхідність формувати крону, тобто з`являються зрізані гілки, які використовуються для заготівлі живців.

Живці беруться від здорової, стійкої до захворювань рослини. Не можна брати живці від рослин, які перенесли стрес.

Особливо погано вкорінюються живці, які були взяті з недавно придбаних імпортованих рослин. Це пояснюється тим, що для швидкого і ефективного

товарного вигляду їх насичують спеціальними препаратами, що сприяють цвітінню, плодоношенню і росту, що негативно впливає на розвиток кореневої системи.

Найкраще для живцювання цитрусових рослин підходять здерев'янілі пагони минулого і напівздерев'янілі пагони поточного року товщиною 0,4-0,5 см), взяті з верхньої частини крони здорової маточної рослини. У цитрусових живці потрібно брати тільки тоді, коли пагони з ребристих стануть округлими.

Відрізану гілку ділять на живці з 3-5-ма листками кожен і довжиною 7–10 см. Відрізають живці гострим ножом, тримаючи гілку на вазі, щоб надмірно не травмувати тканини. Зріз повинен бути чистим і рівним. При цьому нижній зріз, який буде занурювати у субстрат, робиться відразу під брунькою, а верхній – на 3-5 мм вище бруньки. Лист з нижньої бруньки обривають одним різким рухом зверху вниз, інші залишають. Іноді залишені листки рекомендують укорочувати на 1/3 довжини або залишати цілком. Живці зовсім без листя вкорінюються погано.

Зрізи можна робити як перпендикулярно осі живця, так і під невеликим кутом. Відразу ж після нарізування живців всі зрізи присипають товченим деревним вугіллям, щоб уникнути загнивання. Для покращення коренеутворення нижні зрізи попередньо можна обробляти стимуляторами росту, але практика показує, що можна цілком обходитися і без стимуляторів.

Погано вкорінюються живці від рослин, субстрат яких перенасичений добривами, особливо азотом. Як наслідок, такі живці згнивають.

Субстрат перед висаджуванням живців стерилізують. Висаджують приготовані живці цитрусових рослин у попередньо зроблені у зволоженому субстраті дерев'яним кілочком під невеликим кутом отвори глибиною в 2-3 см. Субстрат навколо посаженого живця злегка утрамбовують кілочком або пальцем.

Оптимальна температура середовища в межах +20-25⁰С.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Слід приділити особливу увагу освітленню. Живці люблять досить світлі приміщення, але не терплять прямих сонячних променів. Додаткове освітлення необхідне ранньою весною, взимку і восени.

Вологість повітря для живцювання цитрусових повинна бути близько 95%. За вологістю необхідно постійно стежити і не допускати сильних змін. Добре, коли крапельки конденсату утворюються на склі у теплиці та на листочках живців. Для цього їх потрібно обприскувати теплою водою по кілька разів на тиждень.

Якщо витримані всі умови, то через 4-6 тижнів при огляді живців можна буде виявити білі корінців. Це означає, що можна пересаджувати укорінені живці в горщики із землею. Для пересадки підійдуть горщики ємністю не більше 1 л, а краще - 0,5 л.

В ідеалі в процесі вкорінення живці не повинні втрачати листя. Якщо ж листя опало, це ще не є ознакою невдачі. Живці слід оглянути і якщо вони не змінили колір з зеленого на жовтий або коричневий, не зморщилися і не висохли, то можна далі продовжувати укорінення, видаливши опале листя.

При всій простоті живцювання цитрусових цей метод розмноження має і свої недоліки: вирощені з живців рослини більш схильні до захворювань, у них менш розвинена коренева система у порівнянні з рослинами, отриманими насіннєвим розмноженням. Проте живцюванні рослини плодоносити починають раніше.

Живці брали від здорової рослини, яка вступила у фазу плодоношення (рис.1).



Рисунок 1. Дорослі рослини, які використані для заготівлі живців

Живець був з 2–3 розвиненими бруньками і довжиною близько 10 см, на живці 3–5 листків. Нижній зріз – косий, верхній (при розрізанні живця на кілька частин) – округлий. Його зрізали з тих гілочок, у яких деревина ще не загрубіла і їх можна легко зігнути. Живці дуже молодих пагонів сплюснені з двох сторін і вкорінюються гірше.

Час живцювання визначається наявністю придатних живців і певних температурних умов. Живцювання можна проводити протягом всього року, але кращі результати виходять навесні (приблизно квітень місяць). При весняному живцюванні живець брали від гілочки осіннього приросту, а при літньому – від гілочки весняного приросту.

Живці, укорінювали в горщиках, в теплицях та парниках (рис. 2).

Укорінення проходило в нормальних умовах протягом 8–10 тижнів. Горщик брали діаметром 7–9 см, щоб можна було в нього посадити 4–5 живців.



Рисунок 2 Вкорінення живців під укриттям

Зверху дренажного шару в горщик укладали невеликий шар (близько 1 см) моху, на який насипали в рівних пропорціях садову землю і річковий пісок.

Також можна рекомендувати в горщик поверх землі насипати шар річкового піску. Ґрунт в горщику злегка змочували водою кімнатної температури. Перед посадкою живці нижнім кінцем занурювали в розчин гетероауксину (можливе використання й іншого стимулятора росту). Після цього заглиблювали живець в підготовлений субстрат на 1,5–2 см. Ґрунт в горщику ущільнювали і поливають. Для забезпечення живцям більшої вологості накривали поліетиленовою плівкою.

Горщик ставили в тепле місце, при температурі 20–25°C, на розсіяне сонячне світло.

Ознакою вкорінення живців слугує поява нових листків і корінців (рис.3).



Рисунок 3 Вкорінені живці

Після вкорінення молоді рослини привчали до кімнатного повітря, для чого зранку піднімали укриття спочатку на 2–3 години, потім на 3–4 години (рис.4). Через 2–3 тижні укриття зняли повністю.



Рисунок 4 Молоді рослини живцевого походження

Важливу роль при приживлюваності та вкоріненні живцевих рослин відіграє склад ґрунту та дренажу. Тому одним з головних завдань нашого дослідження було провести аналіз субстрату різного складу для живцевих цитрусових.

Для дослідів використовувалися живці лимонів сортів «Пандероза», «Київський Великоплідний» та «Павловський», мандарину сорту «Ковановасю» та апельсину сорту «Вашингтон Навел».

Дослідження були проведені протягом двох років. Результати першого року дослідження були занесені до таблиці 1.

Результати вкорінення живців лимону сортів «Пандероза», «Київський Великоплідний» та «Павловський» на різних субстратах

Сорт	Субстрат	Кількість	%
		шт.	
Пандероза	торф	100	22%
	пісок	100	41%
	кокосовий субстрат	100	83%
	вермикуліт	100	93%
	торф + пісок	100	38%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	93%
Київський Великоплідний	торф	100	21%
	пісок	100	42%
	кокосовий субстрат	100	81%
	вермикуліт	100	92%
	торф + пісок	100	36%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	94%
Павловський	торф	100	22%
	пісок	100	43%
	кокосовий субстрат	100	81%
	вермикуліт	100	92%
	торф + пісок	100	37%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	95%

Отже, за результатами проведеного дослідження з вкорінення живців лимону різних сортів можна зробити наступні висновки. Перше місце з субстратів по приживлюваності лимону (93–95%) займає кокосовий субстрат з додаванням вермикуліту, вермикуліт и кокос + вермикуліт – 93%, друге місце посідає чистий вермикуліт з відсотком приживлюваності – 92% та третє – 81-83% чистий кокосовий субстрат. Найменший результат приживлюваності виявлено у торфі (22%) та піску (41%).

Окремо було досліджено вкорінення живців апельсину сорту «Вашингтон Навел» на різних субстратах. Отримані дані результату були занесені до таблиці 2.

Таблиця 2

Результати вкорінення живців апельсину сорту «Вашингтон Навел» на різних субстратах

Сорт	Субстрат	Кількість шт.	%
Вашингтон Навел	торф	100	12%
	пісок	100	33%
	кокосовий субстрат	100	71%
	вермикуліт	100	84%
	торф + пісок	100	21%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	86%

Отже, результати власних досліджень показали, що для приживлюваності живців апельсину найкращим субстратом виступив кокосовий субстрат з додаванням вермикуліту – 86%. Найгірший результат по приживлюваності живців апельсину сорту «Вашингтон Навел» виявлено на торф'яному субстраті (12%).

Таблиця 3

Результати вкорінення живців мандарину сорту «Ковано-Васьо» на різних субстратах

Сорт	Субстрат	Кількість шт.	%
Ковано-Васьо	торф	100	12%
	пісок	100	21%
	кокосовий субстрат	100	73%
	вермикуліт	100	84%
	торф + пісок	100	17%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	85%

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

Для вкорінення живців мандарину сорту «Кавано-Васьо» найкраще підходить кокосовий субстрат з додаванням вермикуліту (табл.3). Відсоток приживлюваності становить – 85%. Найгірший результат приживлюваності виявлено у торфі (12%).

Результати другого року дослідів були занесені до таблиць 4 -7.

Таблиця 4

Результати вкорінення живців лимону сорту «Пандероза», «Київський Великоплідний» та «Павловський» на різних субстратах

Сорт	Субстрат	Кількість шт.	%
Пандероза	торф	100	24%
	пісок	100	45%
	кокосовий субстрат	100	82%
	вермикуліт	100	92%
	торф + пісок	100	37%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	96%
Київський Великоплідний	торф	100	24%
	пісок	100	42%
	кокосовий субстрат	100	83%
	вермикуліт	100	92%
	торф + пісок	100	38%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	96%
Павловський	торф	100	21%
	пісок	100	43%
	кокосовий субстрат	100	84%
	вермикуліт	100	95%
	торф + пісок	100	39%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	98%

Результатами вкорінення живців лимону різних сортів на різних субстратах показав, що краще за все для вкорінення підходить кокосовий субстрат з додаванням вермикуліту – 96-98%. Найгірший результат

приживлюваності в другій повторності знов належить торфу (21-24%), торфу у суміші з піском (37-39%), пісок (42-45%).

Таблиця 5

Результати вкорінення живців апельсину сорту «Вашингтон Навел» на різних субстратах

Сорт	Субстрат	Кількість шт.	%
Вашингтон Навел	торф	100	12%
	пісок	100	33%
	кокосовий субстрат	100	71%
	вермикуліт	100	82%
	торф + пісок	100	27%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	86%

Результати досліджень показали наступне, що для апельсину найкращим ґрунтом виступив кокосовий субстрат з додаванням вермикуліту, відсоток приживлюваності становив – 86%.

Таблиця 6

Вкорінення живців мандарину сорту «Ковано-Васьо» на різних субстратах

Сорт	Субстрат	Кількість шт.	%
Ковано-Васьо	торф	100	13%
	пісок	100	26%
	кокосовий субстрат	100	73%
	вермикуліт	100	84%
	торф + пісок	100	17%
	кокосовий субстрат + вермикуліт	100	85%

Результати власних досліджень показали наступне, що для мандарину сорту «Ковано-Васьо» найкращим субстратом виступив кокосовий субстрат з

добавленням вермикуліту – 85%. Найгірший результат по приживлюваності живців мандарину виявлено на торф'яному субстраті (13%).

Таблиця 7

Середній відсоток приживлюваності живців цитрусових культур на
різних субстратах

Сорт	Субстрат					
	торф	пісок	кокосовий субстрат	вермикуліт	торф + пісок	кокосовий субстрат + вермикуліт
лимону «Пандероза»	23	43	82,5	94,5	37,5	93
лимону «Павлівський»	21,5	43	82,5	94	38	96,5
лимону «Київський Великоплідний»	22,5	42	82	91,5	37	93
мандарину «Ковано-Васьо»	12,5	23,5	73	84,5	22	85
апельсину «Вашингтон Навел».	12	33	71	83	24	86

Найбільш вдалі результати були отримані на дослідах з кокосовим субстратом та вермикулітом.

Найменший відсоток приживлюваності спостерігали у торфі.

Отже, можна зробити висновок, що за результатами проведеного дослідження з вкорінення живців цитрусових отримані такі результати. Найвищий відсоток приживлюваності лимонів сортів «Пандероза», «Київський Великоплідний» та «Павлівський», апельсину сорту «Вашингтон Навел» та мандарину сорту «Кавано-Васьо» відбувся у кокосовому субстраті з додаванням вермикуліту (85–98%). Друге місце посідає чистий вермикуліт з відсотком приживлюваності 82–92% та третє – чистий кокосовий субстрат – 81–83%. Приживлюваність живців на суміші торфу та піску показав 37-39% приживлюваності, трошки вищій відсоток приживлюваності відмічено у чистому піску – 42-45%. Найменший відсоток приживлюваності спостерігали у торфі – 12–22%.

SECTION 11. TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.11.1

11.1 Study of the antioxidant capacity of water-alcohol infusions of coffee substitutes with improved technology of syrups

Introduction. Coffee is one of the most popular beverages used worldwide owing to its rich flavor and several health effects [356-360]. Coffee is an ingredient in various confectioneries, desserts, alcoholic and non-alcoholic cocktails, syrups for dipping in confectionary production, infusions, flavors, etc [356, 359, 360]. Nevertheless, its caffeine content renders its use rather limited for certain individuals warranting for the development of coffee substitutes with similar flavor though with other health effects [356, 359, 360]. Several coffee substitutes are present in the market belonging to different plant organs to encompass a myriad of phytoconstituents [356]. The production of these coffee substitutes expose them to roasting to mimic that of coffee aroma and flavor, concurrent with chemical changes [356].

Actuality of theme. The high caffeine content limits the use of coffee to those with contraindications, requiring the use of decaffeinated coffee substitutes. Alternative ingredients for coffee (coffee substitutes) are: roasted grains (barley, wheat, rye, oats); roots (chicory, dandelion, beetroot, topinambur, sweet potato, chuffa); seeds (chestnut, oak, beech, turf, pear, baobab, carob); fruit (hawthorn) [359].

In this regard, it is important to use coffee substitutes in the recipes of ready-made dishes of restaurants, which will improve the taste properties, reduce the caffeine content and reduce the cost of finished products. Therefore, various essences and infusions are used to flavor many coffee-flavored confectionery products.

At the current stage, data on the antioxidant properties [356-358] of all recipe components, food additives, biologically active additives and their combinations are not sufficiently studied. Attention should also be paid to the mechanisms of their interaction with rectified ethyl alcohol, as well as the influence of these substances and their combinations on the level of toxicity of beverages and food products. It should be taken into account that some components of food products can increase the toxicity

and other negative effects of ethanol on the human body.

Therefore, these circumstances determine the need for the study of plant raw materials and their use in the production of functional products. Research will concern the ability of plants to exhibit antioxidant properties [357] due to the content of bioantioxidants in their composition: vitamins, bioflavonoids, tannins, organic acids. The relevance of research proves that antioxidant plants improve the body's adaptation, are able to protect against radiation, reduce intoxication, are a preventive measure, have a tonic effect, and are able to protect against the effects of stress.

Materials and methods. Water-alcohol infusions of roasted cereal grains (oats, rye, barley), roots (chicory), seeds (chestnut, oak) and water-alcohol infusions of natural coffee (control) were used in the research. The antioxidant capacity of water-alcohol infusions was determined by the method of redox measurement and *pH* measurement.

Preparation of water-alcohol infusions was carried out in the following way. Plant raw materials, if necessary, were fried, then ground in an electric grinder. Samples of plant material weighing 4 g were placed in glass vials and poured with 100 ml of a water-alcohol mixture with a volume fraction of rectified ethyl alcohol of 40%. The vials were closed with lids and placed in a dry-air thermostat for 48 hours. at a temperature of 40 °C. The obtained infusions were cooled to a temperature of 20 °C and filtered.

The active acidity index was measured on a pH-meter «pH-150M» with a combined glass electrode «ESC 10601/4». Redox potential was measured on the pH-meter «pH-150M», in the mode of measuring the potential, with a redoxmetric platinum electrode «ERP-105».

To assess the antioxidant properties of aqueous infusions of plant raw materials used a method [361], based on the difference of redox potential in inactivated inorganic solutions and complex biochemical media. The main criteria of this method were its clarity, simplicity, specificity, reproducibility of results and efficiency. A number of researchers also emphasize that method allows to determine the total antioxidant activity of liquid products, including in total in a complex mixture, and multifunctional

antioxidants [362-369].

Formula (1) holds for inactivated inorganic solutions in equilibrium. This formula links the active acidity of the pH and redox potential [361]:

$$Eh_{min}=660-60 \cdot pH, \text{ mV} \quad (1)$$

where Eh_{min} – the minimum theoretically expected value of redox potential;

pH – active acidity of the test solution.

Acquired meanings of Eh_{min} were compared with the actual measurements of Eh_{act} of infusions. The shift of redox potential to the side of the recovered meanings – recovery energy (RE_{inf}) was determined by the formula [361]:

$$RE_{inf}=Eh_{min}-Eh_{act}, \text{ mV} \quad (2)$$

where RE_{inf} – the shift of redox potential to the side of recovered meanings;

Eh_{act} – actual measured of redox potential.

Results and discussion. To evaluate the studied raw materials, we evaluated the control sample – vodka. The control sample (vodka) at $t=19^{\circ}\text{C}$ has a pH value of 7.89, $Eh_{min}=186.6$ mV, $Eh_{act}=71.0$ mV, $RE_{inf}=115.6$ mV. Organoleptic properties of the control sample (vodka): total score Org=9.610 points; color – colorless; aroma – alcoholic; the taste is moderately burning, empty.

Organoleptic and physicochemical parameters were measured after 30 days of infusion. The results of the research are presented in Table 1.

The pH level for vegetable water-alcohol infusions ranges from 6.37 (infusion of chicory root) to 7.74 (infusion of rye grain), that is, infusions have reactions from acidic to slightly alkaline. The minimum theoretically expected value of the redox potential of Eh_{min} for vegetable water-alcohol infusions ranges from 195.6 mV (rye grain infusion) to 277.8 mV (chicory root infusion), and the actual measured redox potential of the Eh_{act} infusion is from 74 mV (infusion of roasted oat grains) to 112 mV (infusion of acorns). At the same time, the minimum value of the reducing ability (RE_{inf}) is equal to 116.2 mV and is characteristic of barley grain infusion, and the highest value of 187 mV has the water-alcohol infusion of chicory.

Table 1.

Quality indicators of vegetable water-alcohol infusions

Raw materials/indicators	<i>Org</i> , points	<i>pH</i> , units pH	<i>Eh_{mins}</i> , mV	<i>Eh_{actb}</i> , mV	<i>RE_{inf}</i> , mV
Vodka 40% vol. (control)	9.610	7.89	186.6	71	115.6
Infusion of oat grains	7.780	7.37	217.8	78	139.8
Infusion of roasted oat grains	9.760	7.55	207.0	74	133.0
Infusion of rye grain	7.640	7.74	195.6	76	119.6
Infusion of roasted rye grain	9.610	7.35	219.0	70	149.0
Infusion of barley grain	7.420	7.73	196.2	80	116.2
Infusion of roasted barley grain	9.650	7.43	214.2	75	139.0
Infusion of natural roasted coffee	9.855	6.87	247.8	84	163.0
Infusion of chicory root	9.770	6.37	277.8	91	187.0
Infusion of chestnut	6.645	7.37	217.8	89	128.8
Infusion of acorns	6.635	7.02	238.8	112	126.8

Thanks to the infusion of plant raw materials in a water-alcohol environment, beneficial substances (vitamins, minerals, organic acids, polyphenolic compounds) are stored, which lead to an increase in antioxidant properties and an increase in the shelf life of finished products. Water-alcohol infusions of coffee, chicory, oats contain the most important micronutrients – vitamins (E, C, B₁, B₂, B₃, B₆, B₉, B₁₂, PP, A), minerals (K, Na, Ca, Mg, P), organic acids, polyphenolic compounds, have high indicators of the energy of recovery, which provides strong antioxidant properties for the human body.

Thus, after conducting an analytical study, plant raw materials, depending on their initial antioxidant capacity, can be ranked into the following structure: infusions with low activity (*RE_{inf}* up to 100 mV); infusions with medium activity (*RE_{inf}* from 100 to 200 mV); infusions with high activity (*RE_{inf}* from 200 mV).

All samples of raw materials after infusion can be classified as infusions with medium activity (*RE_{inf}* from 100 to 200 mV), among which barley infusion has the lowest value (116.2 mV), and chicory infusion has the highest value (187 mV).

Samples of vegetable raw materials such as unroasted barley, rye, chicory and coffee showed the greatest antioxidant properties. But taking into account the organoleptic evaluation of the studied samples, such samples as coffee, chicory root

and fried oat grains were selected for further research.

Therefore, infusions of plant raw materials are recommended to be used in the technology of decorating semi-finished products in confectionery production to provide the latter with functional and health-giving properties.

In order to improve the syrup for infusing confectionery products, as a result of research, such plant raw materials as natural roasted ground coffee, chicory root and roasted oat grains were selected. Recipe № 97, which is presented in Table 2, was chosen as the improved syrup.

Table 2.

Recipe № 97 composition of syrup for infusing confectionery products

Ingredients	Content, weight %
Granulated sugar	50.04
Water	45.70
Natural roasted ground coffee	1.31
Essence of rum	0.11
Brandy or dessert wine	2.84

The disadvantages of this composition of ingredients are: the given value of the redox potential of the syrup, which should change the speed and direction of redox processes in the body, regulate biological activity and slow down negative processes in the human body; expected (standard) organoleptic indicators; increased cost.

The task of improving the recipe was to create a composition of ingredients for the preparation of processed semi-finished products in confectionery production with the addition of a vegetable water-alcohol infusion. Such a step will increase the redox properties of the product and help increase the immunity of the human body, increase its resistance to the influence of harmful environmental factors, improve metabolism, and have a positive effect on the cardiovascular system. Another advantage of such a recipe composition will be providing finished products with improved consumer properties and the opportunity to reduce the cost of the finished product due to the replacement of part of brandy and natural roasted ground coffee with vegetable water-alcohol infusion.

The set task is solved by the fact that the composition of ingredients for the

preparation of processed semi-finished products in the confectionery industry includes granulated sugar, natural roasted ground coffee, water, rum essence, brandy or dessert wine, as well as a blend of water-alcohol infusions.

Thus, on the basis of recipe № 97, syrup was prepared with a different ratio of ingredients. This composition differs from the original recipe in that brandy was used to blend the syrup and, in addition, a mixture of water-alcohol infusions of natural roasted ground coffee, chicory and oats.

Creating a mixture of syrups included the following stages. The first stage was the preparation of the syrup itself. To do this, granulated sugar was introduced into boiling water at a mass ratio of 1:1.1 and boiled to a density of 1.22-1.25 kg/dm³ with constant stirring to remove foam, the resulting syrup was cooled to a temperature of 20 °C and filtered.

Blending of sugar syrup was carried out with the addition of rum essence, brandy and vegetable water-alcohol infusion of natural roasted ground coffee, chicory and oats in a mass ratio of 1:1:1, as a result, a viscous transparent syrup with a moisture content of 46-54% was obtained with rum, brandy smell and coffee tones. Comparative characteristics of control and water-alcohol infusion of natural roasted ground coffee, chicory and oats are presented in Table 3.

Table 3.

Comparative characteristics of brandy and herbal water-alcohol infusion

Raw materials	Volume fraction of ethyl alcohol, %	Solution temperature, °C	pH, units pH	Eh_{min} , mV	Eh_{act} , mV	RE_{inf} , mV	Org, points
Brandy 3*	40	20	3.720	436.8	198.0	238.8	9.600
Water-alcohol infusion of natural roasted ground coffee, chicory and oats, in a mass ratio of 1:1:1	40	20	5.69	341.4	141.0	318.6	9.710

Examples of obtaining the composition of ingredients for the preparation of processed semi-finished products in confectionery production are presented in Table 4.

Table 4.

An example of composition

№	Recipe components, weight %					Conclusions
	Granulated sugar	Water	Essence of rum	Brandy	Water-alcohol infusion of natural roasted ground coffee, chicory and oats, in a mass ratio of 1:1:1	
1	49.99	45.64	0.90	3.20	0.27	The composition of the formulation ensures obtaining syrups with satisfactory physico-chemical and organoleptic indicators, but insufficiently enriched with biologically active substances
2	50.01	45.68	0.10	3.01	1.20	The composition of the recipe ensures the production of syrups with good physico-chemical and organoleptic indicators, as well as sufficiently enriched with biologically active substances
3	50.03	45.70	0.11	2.00	2.16	
4	50.05	45.72	0.12	1.01	3.10	The composition of the recipe ensures the production of syrups with satisfactory physico-chemical parameters, sufficiently enriched with biologically active substances, but with impaired organoleptic parameters
5	50.08	45.74	0.13	0.05	4.00	

The composition of the improved recipe of coffee syrup is presented in Table 5.

Table 5.

The composition of the improved formulation of syrup for impregnation of
confectionery products

Raw materials	Recipe components, weight %
Granulated sugar	50.01-50.05
Water	45.68-45.72
Essence of rum	0.10-0.12
Brandy	3.01-1.01
Water-alcohol infusion of natural roasted ground coffee, chicory and oats, in a mass ratio of 1:1:1	1.20-3.10

Thus, one of the tasks of this work was achieved by the proposed enrichment of syrup for impregnation of confectionery products. Thanks to the addition of vegetable water-alcohol infusion to the recipe, the redox properties of the finished product were increased, its consumer properties were improved, and the cost of the finished product was reduced.

Water-alcohol infusions of coffee substitutes are promising semi-finished products in the production of sweet desserts, confectionery, alcoholic and low-alcohol drinks, cocktails prepared and sold by restaurants. In addition to expanding the assortment, preserving the traditional coffee taste, it is possible to increase antioxidant properties that slow down negative processes in the human body.

Conclusions.

1. The use of water-alcohol infusions of coffee substitutes in the production of syrups for infusing confectionery is theoretically substantiated and the prospects for their improvement are assessed.

2. Investigated antioxidant capacity of water-alcohol infusions of coffee substitutes.

3. The most promising sources of natural antioxidants were studied for their use in improving the technology of coffee syrup for infusing confectionery products. Attention was paid to coffee substitutes, such as rye grains, barley, oats; coffee beans; chicory root; chestnut and acorn fruits.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

4. The rational proportions of water-alcohol infusions of coffee substitutes in the technology of syrups for impregnation of confectionery were calculated, which are 1.20-3.10% by mass.

5. An improved composition of coffee syrup with the addition of coffee substitutes for infusing confectionery products has been developed.

11.2 Antioxidant characteristics of uncommon types of vegetable plants for restaurant technology

Introduction. Currently, the use of plant-based ingredients in gastronomy is very important [370-373]. The current demand for high-quality of vegetable plants involves the development of new production technology methods for improved quality control, environmental friendliness, higher energy efficiency, lower cost, and safer operations [374, 375]. These methods will allow to preserve biologically active substances – volatile aromatic substances, phenolic compounds, reduce their loss and increase organoleptic properties [376, 377]. These biologically active substances are very sensitive to production conditions, especially to solvents – water, ethanol, water-alcohol mixtures. Therefore, the conditions required to efficiently extract these compounds vary from plant to plant, which is an important point in the extraction process [378]. Despite some achievements, there are still many problems related to the production of pungent aromatic botanical raw materials with antioxidant capacity. These are rare plant crops in Ukraine and unconventional for restaurant technology.

Spicily-aromatic vegetable raw materials contain a variety of chemical substances with a wide range of biological activities. They are gaining more and more attention from scientists and consumers due to their antioxidant properties. The ability of plant phenols to act as free radical scavengers has led to increased interest in their ability to act as antioxidants. Antioxidants reduce the emission of oxidation products: hydroperoxides, alcohols, aldehydes, ketones, fatty acids.

Currently, the antioxidant properties of all prescription ingredients, food additives, bioactive substances, and combinations thereof have not been adequately studied. These circumstances determine the relevance of this work aimed at developing water-alcohol extracts of vegetable raw materials for restaurant technology.

The aim of the research is to determine the prospects of uncommon types of vegetable plants with increased antioxidant capacity for restaurant technology.

Materials and methods. *Materials.* The following types of uncommon types of

vegetable plants were used in the research: medicinal hyssop (*Hyssopus officinalis* L.), Moldavian snakehead (*Dracocephalum moldavica* L.), anise lofant (*Agastache foeniculum* L.), lemon balm (*Melissa officinalis* L.), cornflower real (*Ocimum basilicum* L.), vegetable fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), vegetable chrysanthemum (*Glebionis coronaria* L.), garden thyme (*Satureja hortensis* L.).

Description of research procedure. The drying period of all studied plants, under natural conditions, was 6 – 8 days to a humidity of 12–14%. The collected and inspected raw materials were laid out on clean white paper, each type separately.

The first stage – the preparation of infusions. Plant raw materials were minced into a size of 3x3 mm, suspensions of 4 g were placed into the glass bottles, were filled by 100 ml of alcohol solvent with volume fraction of rectified ethyl alcohol 40 %. The resulting infusions were cooled to 20 °C for 7 days, stirring periodically [379].

Next, the infusions were filtered and studies were performed to determine the indicators of active acidity, which was measured on a *pH* meter in the mode of *pH* measurement with a combined glass electrode. The redox potential (*RP*) was measured in the potential measurement mode with a combined redoxmetric platinum electrode [379].

Determination of sugar content – according to Bertrand [380].

Determination of ascorbic acid content – indophenol method [381].

Expert method of sensory evaluation. The expert method of determination of values of indexes of quality is based on the account of opinions of group highly skilled specialists-experts [382].

Results and discussion. *Antioxidant capacity.* Figure 1 show graphically the change in the physicochemical indicators of the quality of extracts of spicy-aromatic raw materials on the extractant.

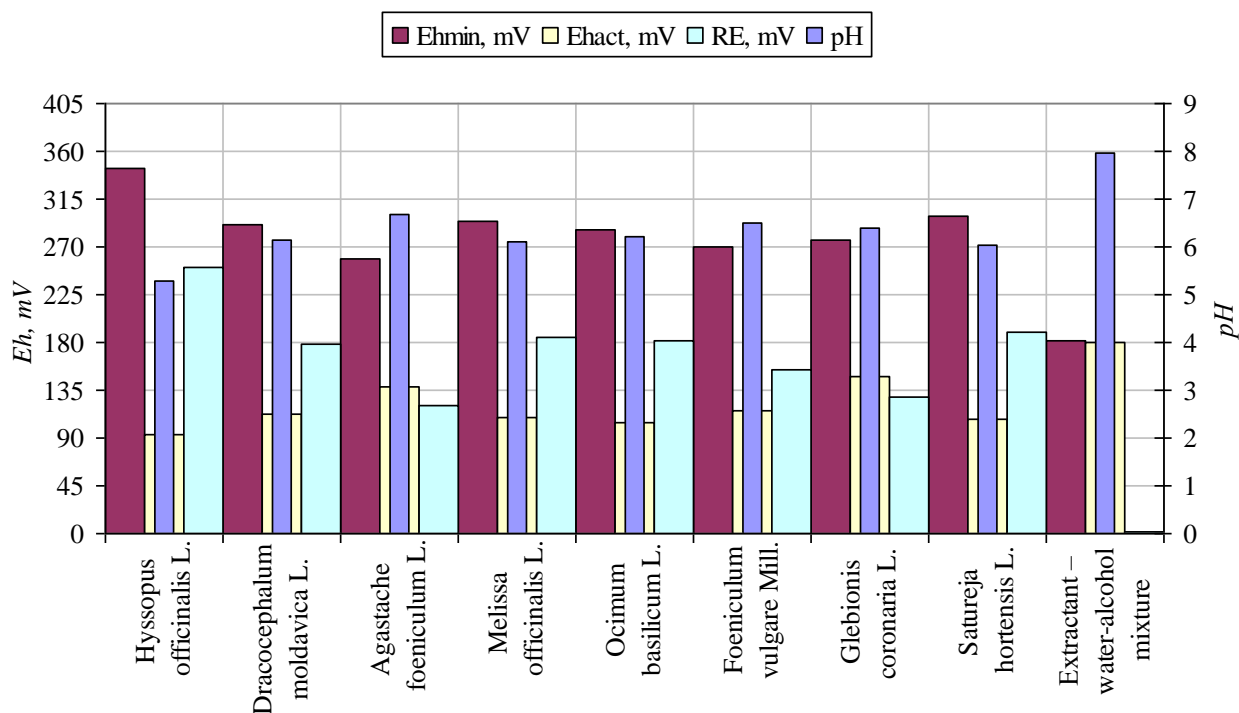


Figure 1. Quality indicators of extracts on extractant: pH – active acidity of the test solution; Eh_{min} – minimal theoretically expected meaning of RP ; Eh_{act} – actual measured RP ; RE – recovery energy

The minimum theoretical value of RP (Eh_{min}) for plant water-alcohol infusions was obtained, which has a value from 258.6 mV (*Agastache foeniculum* L.) to 343.2 mV (*Hyssopus officinalis* L.). The actual measured RP of infusions (Eh_{act}) was established – from 93 mV (*Hyssopus officinalis* L.) to 148 mV (*Glebionis coronaria* L.). The hydrogen index for water-alcohol infusions from spicy-aromatic raw materials has a value of 5.28 units pH (*Hyssopus officinalis* L.) to 6.69 units pH (*Agastache foeniculum* L.) [383].

Water-alcohol infusions from vegetable raw materials and a volume fraction of ethanol of 40% have the value of regenerative capacity (recovery energy – RE) in the range from RE – 120.6 mV (*Agastache foeniculum* L.) to RE – 250.2 mV (*Hyssopus officinalis* L.). For the restaurant business in the manufacture of beverages are promising water-alcohol infusions of *Hyssopus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L., which received increased antioxidant characteristics RE – 250.2 mV and RE – 184.6 mV, respectively, and positive sensory evaluation ($S.e.$) – 9.53 and $S.e.$ – 9.68

points [383].

Preservation of biologically active substances in spicy-aromatic plants after drying. We know that significant losses (from 20 to 80%) of volatile aromatic substances, phenolic compounds and other biologically active substances are observed during processing and storage of spicy vegetables [384, 385]. Table 1 presents a comparative assessment of the quality of fresh and dried plants.

Table 1

Comparative assessment of the quality of fresh and dried spicy-aromatic
plants, based on dry matter

The name of plant raw materials	Total sugar, %			Ascorbic acid content, mg/100 g		
	before drying	after drying	preservation, %	before drying	after drying	preservation, %
<i>Hyssopus officinalis L.</i>	2.97	0.80	26.94	47.95	0.62	1.29
<i>Dracocephalum moldavica L.</i>	2.46	0.50	20.33	57.01	0.57	1.00
<i>Agastache foeniculum L.</i>	2.73	0.75	27.47	61.14	0.86	1.41
<i>Melissa officinalis L.</i>	2.79	0.80	28.67	21.11	0.23	1.09
<i>Ocimum basilicum L.</i>	1.80	0.44	24.44	32.30	0.29	0.90
<i>Foeniculum vulgare Mill.</i>	2.30	0.50	21.74	70.44	0.56	0.80
<i>Glebionis coronaria L.</i>	2.03	0.46	22.66	39.26	0.71	1.81
<i>Satureja hortensis L.</i>	2.21	0.75	33.94	22.61	1.00	4.42

According to the results of the analysis, the percentage of total sugar retention of the experimental plants was: for *Satureja hortensis L.* – 33.94 %, *Melissa officinalis L.* – 28.67 %, *Agastache foeniculum L.* – 27.47 %, *Hyssopus officinalis L.* – 26.94 %, *Ocimum basilicum L.* – 24.44 %, *Glebionis coronaria L.* – 22.66 %, *Foeniculum vulgare Mill.* – 21.74 % and *Dracocephalum moldavica L.* – 20.33 %. After drying, the retention of ascorbic acid was low and ranged from 0.80 % (*Foeniculum vulgare Mill.*) to 4.42 % (*Satureja hortensis L.*).

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Compositions for restaurant technology in the production of tea-herb compositions, white and red sauces, compotes of increased biological value and improved sensory characteristics have been developed on the basis of spicy and aromatic plant raw materials.

Sensory evaluation of tea-herbal compositions with the addition of spicy-aromatic vegetable raw materials. The results of sensory evaluation (*S.e.*) of tea-herbal compositions are shown in Figure 2.

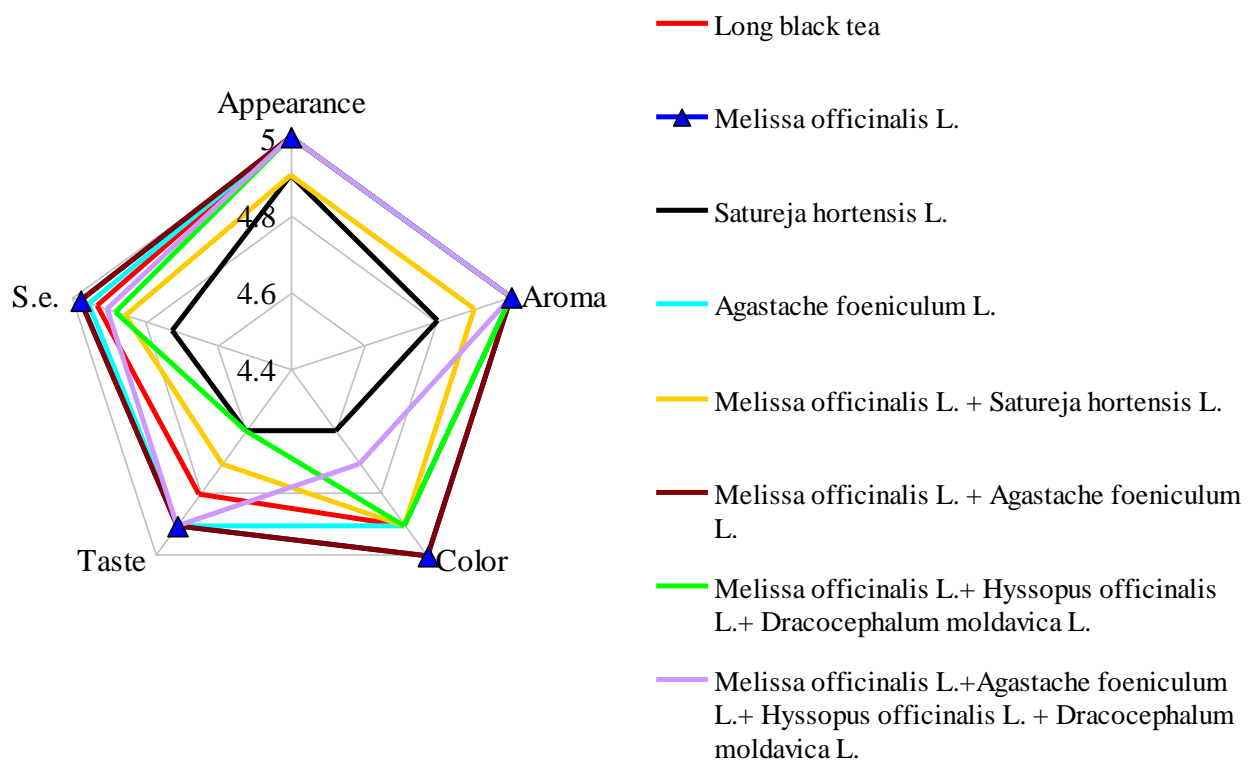


Figure 2. Sensory evaluation of tea-herbal compositions

The highest score was obtained by tea-herbal compositions based on *Melissa officinalis L.* and a mixture of *Melissa officinalis L.* + *Agastache foeniculum L.* (1:1) – *S.e.* 4.98 points. The prospect of creating herbal tea compositions is confirmed by our research [382].

Sensory evaluation of white main sauce with the addition of spicy-aromatic vegetable raw materials. Evaluation of spicy-aromatic plants in mixtures showed that unsurpassed in taste, aroma and overall tasting evaluation of white main sauce based on meat broth with the addition of spicy spices (bay leaf, black peas, ground black

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

pepper) and experimental samples of plants (broth) from beef + bay leaf + black pepper peas + ground black pepper + greens + *Hyssopus officinalis* L. + *Ocimum basilicum* L. + *Dracocephalum moldavica* L.) (Figure 3).

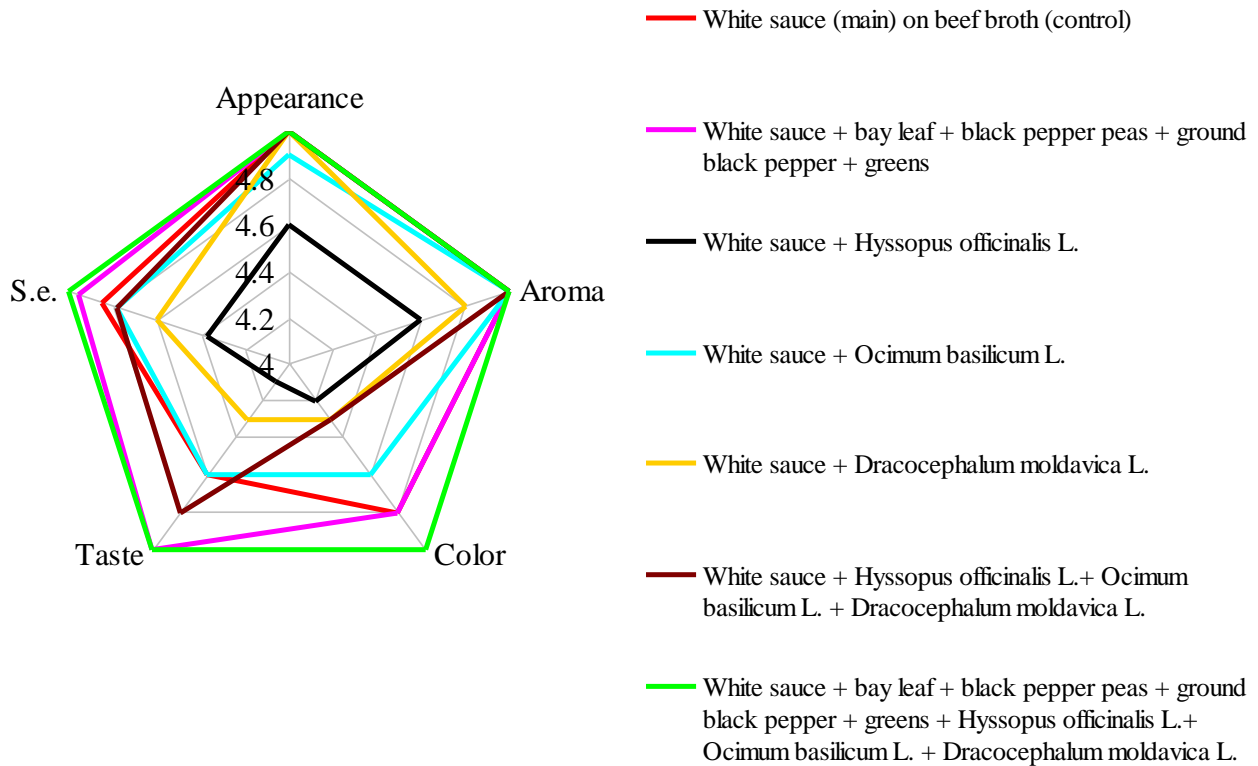


Figure 3. Sensory evaluation of white main sauce

Spicy and aromatic vegetable stock is undeniably biologically valuable, which is not traditional for restaurants. Substances with antibacterial, antioxidant and hepatoprotective properties are present in the composition, used in small daily doses to improve digestion. They do not cause allergies and have a positive effect on the physical and mental state of a person. Research has demonstrated the value and availability of spicy and aromatic plant ingredients in culinary dishes and can successfully replace or complement traditional spice combinations.

Sensory evaluation of red main sauce with the addition of spicy-aromatic vegetable raw materials. The addition of spicy-aromatic vegetable raw materials to the red main sauce significantly enriched it and increased the tasting score (Figure 4).

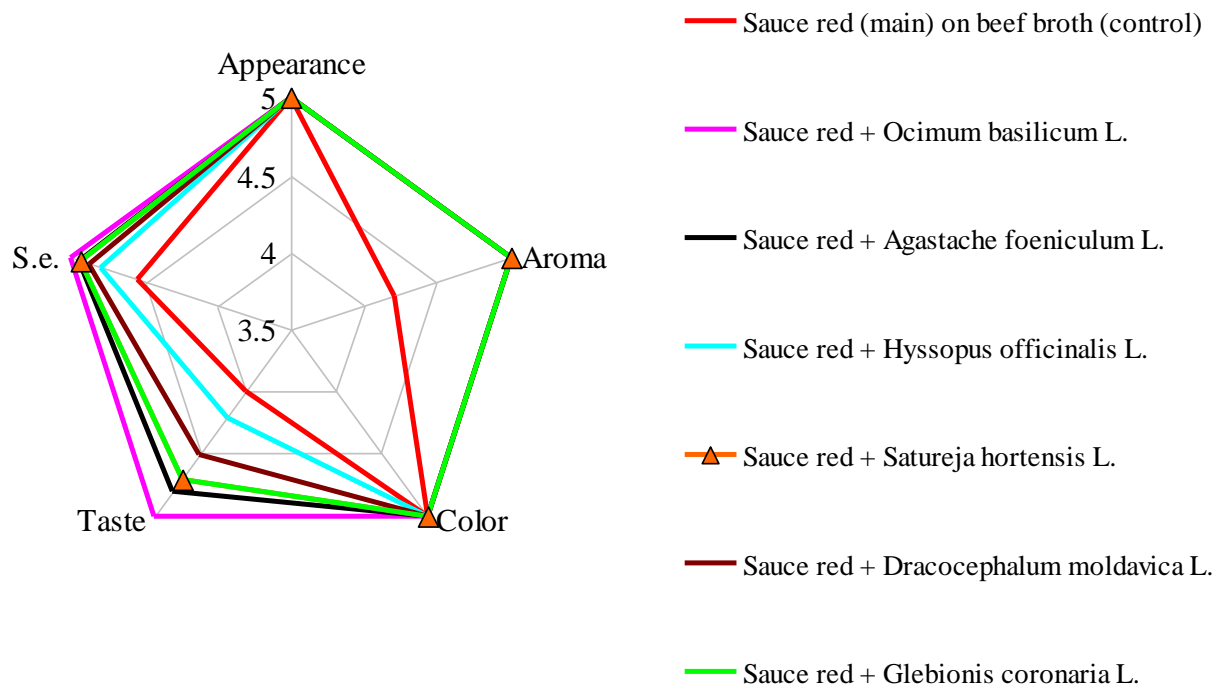


Figure 4. Sensory evaluation of red main sauce

For the production of red main sauce used a hybrid of tomatoes «Maximato F₁», which have an increased dry matter content – 5.2 %; total sugar – 3.0 %; vitamin C content – 20.9 mg/100 g; total acidity – 0.51 %, which significantly exceeds other tomato hybrids.

To enrich the aroma and taste of the red main sauce, it is recommended to add spicy-aromatic herbs, especially *Ocimum basilicum* L. S.e. – 5,00 points.

Sensory evaluation of compotes with addition of spicy-aromatic vegetable raw materials. Traditionally, the healing drink in Ukraine is dried fruit compote. The aroma and taste of compotes were improved by adding spicy-aromatic vegetable raw materials (Figure 5).

The samples with the addition of spicy-aromatic herbs in aroma, color and taste were at the level of control (compote made from dried apples), slightly lower scores on aroma and taste can be considered insignificant compared to the fact that herbs significantly enriched the biochemical composition of the product. The specimen with the addition of *Agastache foeniculum* L. (S.e. – 5,00 point), which was better than the

control, was especially distinguished.

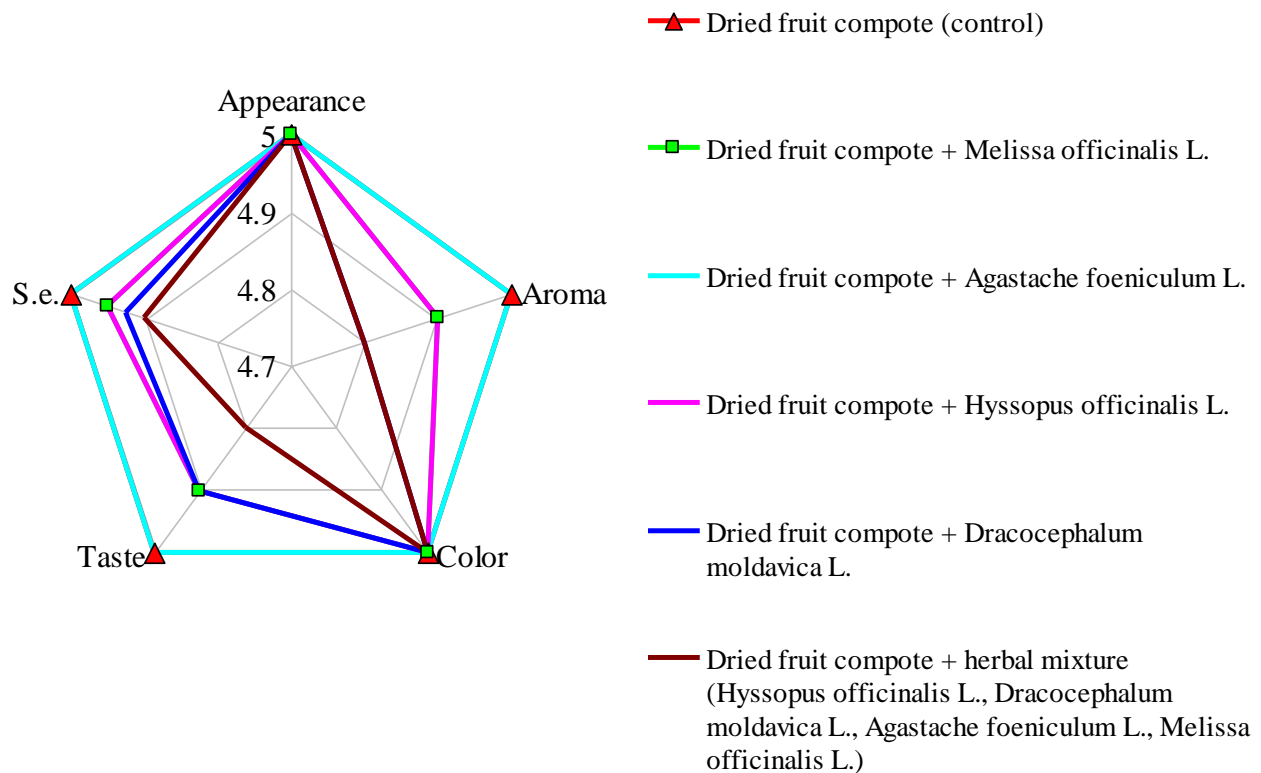


Figure 5. Sensory evaluation of dried fruit compotes

The data obtained are linked to fundamental scientific concepts related to the process of obtaining plant material shown in the work.

The study was conducted to improve restaurant technology by adding rare vegetables to restaurant dishes. This increases the antioxidant properties of innovative dishes, helps to strengthen the body's immunity, improves metabolism and has a beneficial effect on the cardiovascular system.

Conclusions.

1. Drying of spicy-aromatic plants in natural conditions causes preservation of only 20.3–33.7 % of total sugar and 0.8–4.4 % of ascorbic acid in the product.

2. Experimental studies have shown that all aromatic water-alcohol extracts contain antioxidant systems. All tested extracts were found to have positive recoveries ranging from (RE) 120.6 (*Agastache foeniculum L.*) to 250.2 mV (*Hyssopus officinalis L.*).

3. Improve the restaurant technology by adding spicy and fragrant raw materials,

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

which can increase the redox performance of the product, improve consumption performance, and reduce the cost of finished products.

4. The proposal regarding the use of uncommon types of vegetable plants in the restaurant technology in the production of tea-herb compositions, white and red main sauces, compotes in order to increase the biological value and improve the organoleptic properties is substantiated.

11.3 Vacuum-caps membranes'

11.3.1 Стан системи закупорювання консервів у скляній тарі під час їхнього зберігання

Значна частка консервованої продукції, представленої на ринку України, фасована у скляну тару. Термін її зберігання становить в середньому два роки та гарантований системою закупорювання. Якість консервованої продукції залежить від ряду чинників, таких як поживність і корисність для здоров'я людей, а їхнє збереження на належному рівні гарантується в тому числі і системою закупорювання.

Скляна тара для консервів зазвичай відкривається вручну. Часто її відкриття супроводжується певними ускладненнями через необхідність докладання значних зусиль. В окремих випадках навпаки – тара відкривається занадто легко, що може викликати деякі сумніви у захисних властивостях системи закупорювання. Міцність утримання кришки на горловині банки пов'язана з глибиною вакууму в тарі, силами тертя в затворі, які виникають під час відкриття тари, та напруженим станом затвору. Її можна визначити шляхом вимірювання величини крутного моменту відгвинчування кришки, на яку впливають різні за своєю природою фактори. Загалом цей напрямок досліджень пов'язаний з удосконаленням технологій пакування, що забезпечують тривалий термін зберігання високої біологічної цінності продуктів харчування.

У роботах [386, 387] зроблено аналіз процесу закупорювання, математично описано основні етапи зміни навантажень в затворах та розроблено математичну модель, яка відображає ступінь ущільнення затвору в кінці процесу закупорювання. В роботі [388] визначено умови механічної подібності напружених станів затворів системи твіст-офф (ТО), на базі яких в роботі [389] введено критерій герметизації затворів. Отримано значення критерію на найбільш небезпечному етапі та з його допомогою визначено силові параметри процесу закупорювання для затворів різних типорозмірів.

Проте процес відкриття тари детально не досліджувався. Теоретичного опису та визначення стану герметизації системи закупорювання під час зберігання та транспортування продукції, порівняння його з початковим станом, досягнутим під час закупорювання, не проводилось.

Ця робота має на меті математично описати процес відкриття скляної тари системи ТО, визначити критерій герметизації затворів в процесі зберігання консервованої продукції та порівняти його зі значенням цього ж критерію в кінці процесу закупорювання.

Згідно з поділом процесу закупорювання та оброблення харчової продукції на основні етапи зміни навантажень в затворах, зберігання продукції відповідає третьому етапу. На ньому, завдяки вакууму в тарі на поле кришки діє рівнодійна зусилля від різниці тисків навколишнього середовища та всередині тари. Оскільки торцева поверхня тари прилягає безпосередньо до отвору, то рівнодійна зусилля від різниці тисків поширюється на неї, діючи в ущільненні затвора, де до неї додається механічне зусилля від затягування нарізного затвору. Сума двох зазначених зусиль складає герметизувальне зусилля в ущільненні затвору:

$$T_2 \approx F_T + B_r, \quad (1)$$

де F_T – рівнодійна зусилля на торцеву поверхню тари від різниці тисків навколишнього середовища та всередині тари;

B_r – дотична складова нормальної сили B притискання кришки до банки в нарізці затвора.

Розглянемо процес відкриття тари, схему якого зображено на рис. 1. Величина моменту відгвинчування кришки залежить від моментів тертя в нарізці та ущільненні затвору. Під час відгвинчуванні кришки сили, які обумовлюють дію моментів тертя, змінюють напрямок порівняно з її загвинчуванням. За такої умови момент відгвинчування кришки визначається як:

$$M_\sigma = M_n + M_y, \quad (2)$$

де M_n – момент тертя в нарізці затвору;

M_y – момент сил тертя в ущільненні затвору.

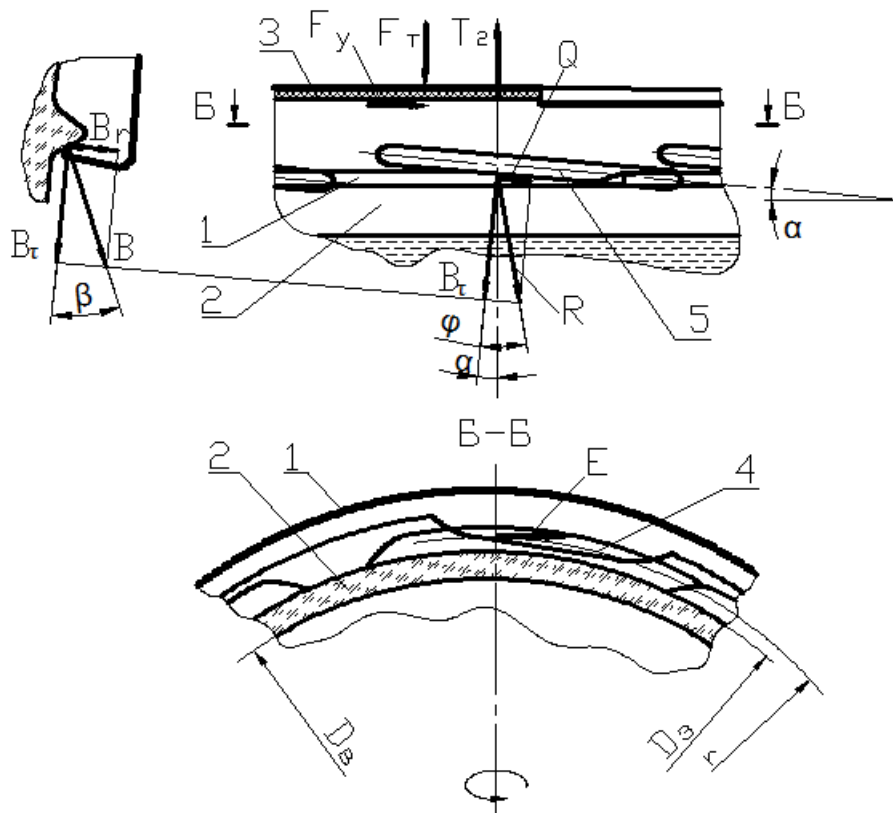


Рис. 1. Схема навантаження упорів системи закупорювання під час відкриття тари: 1 – кришка; 2 – горловина тари; 3 – ущільнювальна прокладка; 4 – нарізний упор; 5 – виток нарізки тари.

Момент тертя в нарізці виникає від окружної сили E , прикладеної по дотичній до окружності середнього діаметра нарізки. Елемент упору кришки, притиснутий до витка нарізки тари нормальною силою B , яка виникає в результаті дії механічного зусилля від затягування нарізного затвора.

На поверхні контакту упора кришки і витка нарізки банки діє сила тертя Q . Позначимо рівнодійну дотичної складової нормальної сили B_t та сили тертя Q як R , а кут підйому витків нарізки банки α . Отже, кут між B_t і T_2 також α – як суміжний. Сила тертя Q змінює напрям дії рівнодійної R системи зовнішніх сил від нормалі на кут тертя φ . Під дією прикладних сил елементи затвора знаходяться у рівновазі. З умови рівноваги запишемо вираз для визначення колвої сили E , потрібної для відгвинчування кришки:

$$E = T_2 \operatorname{tg}(\varphi - \alpha), \quad (3)$$

де $\operatorname{tg}(\varphi - \alpha)$ – коефіцієнт тертя в нарізці.

Тоді момент тертя в нарізці затвора визначається як

$$M_n = T_2 \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) r, \quad (4)$$

де r – середній радіус витків нарізки банки.

Момент тертя в ущільненні затвору характеризується тертям між ущільнювальною прокладкою кришки і торцевою поверхнею вінця банки. Сила тертя в ущільненні визначається як

$$F_y = T_2 \mu, \quad (5)$$

де μ – коефіцієнт тертя ущільнювальної прокладки кришки по торцевій поверхні вінця банки.

Тоді момент сил тертя в ущільненні затвору визначається за формулою:

$$M_y = T_2 \mu \frac{D_3 + D_6}{4}, \quad (6)$$

де D_3 – зовнішній діаметр торцевої поверхні вінця банки;

D_6 – внутрішній діаметр торцевої поверхні вінця банки.

Підставимо в рівняння (2) вирази (4) та (6) та виконаємо перетворення, після чого одержимо формулу для визначення зусилля герметизації в затворі:

$$T_2 = \frac{M_6}{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha) r + \mu \frac{D_3 + D_6}{4}}. \quad (7)$$

Критерій герметизації затворів A_2 в процесі зберігання консервованої продукції визначається як

$$A_2 = \frac{P_2}{E}, \quad (8)$$

де P_2 – контактний тиск в ущільненні затвору;

E – модуль нормальної пружності матеріалу кришки.

Для визначення критерію A_2 треба знати P_2 , який визначається як

$$P_2 = \frac{T_2}{S_k}, \quad (9)$$

де S_k – площа контакту торцевої поверхні вінця банки k -го типорозміру із прокладкою кришки.

Момент відгвинчування скляної тари M_6 залежить від умов фасування, закупорювання, оброблення та зберігання (особливо тривалості та температури)

харчової продукції, якості зовнішньої поверхні тари, кінцевого вакууму в упаковці та ступеня безпеки закупорювання. Крім того момент відгвинчування залежить від типорозміру тари. Велика кількість вагомих факторів впливу дуже ускладнює встановлення загальних раціональних значень моменту відгвинчування кінцевої упаковки.

Через проблематичність визначення загальних граничних показників M_g цей параметр для вимірювання необов'язковий під час виробництва консервованої продукції, але він рекомендований і корисний. Відомі рекомендовані величини моментів відгвинчування, які дають можливість відкривати скляну тару без докладання надмірних зусиль. Данні про величину M_g в різних джерелах дещо відрізняються, хоча загалом з допустимою кореляцією є достатньо близькими.

Німецька фірма «Silgan white cap», яка є одним з провідних виробників кришок системи ТО, використовує правило згідно якого значення M_g упаковки, за умови досить довгого її зберігання, відповідає приблизно половині значення діаметру кришки (вимірювання у фунтах сили на дюйм) [390]. Для затвору III-82 це складе 41 lbf·in або 4,92 Нм. За інформацією з іншого джерела, зокрема в поясненнях до вимірювання властивостей закупорювальних засобів [391], для затвору III-82 наводиться діапазон величини M_g 4,75...5,25 Нм.

Значення коефіцієнтів тертя в ущільненні та в нарізці затвору під час відкриття тари збільшується порівняно з їхнім значеннями під час закупорювання. Це пояснюється тим, що закупорювання здійснюється паро-вакуумним способом і на контактуючих поверхнях тертя в ущільненні та в нарізці затвору в результаті конденсації пари виникає плівка вологи, яка зменшує коефіцієнти тертя. Під час відкриття тари має місце сухе тертя.

Крім того, в ущільненні затвору дещо змінюються умови контакту поверхонь тертя. Це відбувається через те, що в процесі стерилізації або пастеризації продукції з протитиском нагріта ущільнювальна прокладка кришки протискується торцевою поверхнею скляної тари. Через додаткове деформування прокладки кришки під час теплової обробки, загальна площа контакту останньої з торцевою поверхнею вінця банки під час відкриття тари

зросте порівняно з їх площею контакту після процесу закупорювання, рис. 2.

З попередніх експериментальних досліджень коефіцієнтів тертя під час відкриття тари їх значення склали відповідно: в ущільненні затвору

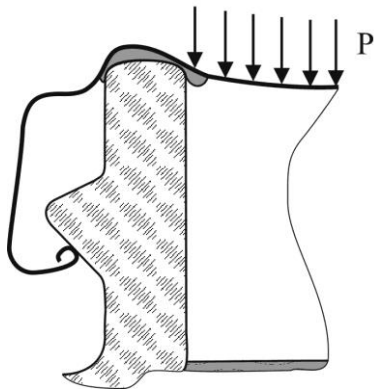


Рис. 2. Деформування прокладки кришки зовнішнім тиском P .

$\mu = 0,077 \dots 0,097$, в нарізці затвору Ш-82 $\operatorname{tg}(\varphi - \alpha) = 0,112$.

За розрахунками площі контакту торцевої поверхні скляної тари Ш-82 з прокладкою кришки після теплової обробки в автоклаві остання зростає до $7,364 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, порівняно з $6,203 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ після закупорювання.

З формули (7), враховуючи мінімальне значення M_6 , для затвору Ш-82 маємо $T_2 = 619 \text{ Н}$. Відповідно

контактний тиск в ущільненні затвору, враховуючи збільшення S_k , складе $P_2 = 840575,8 \text{ Па}$. За такої величини контактного тиску значення критерію герметизації затворів під час зберігання консервованої продукції становитиме $A_2 = 4,42 \cdot 10^{-6}$. З раніше виконаних досліджень процесу закупорювання [389], значення критерію герметизації затворів в кінці процесу закупорювання відоме і для мінімізованого значення герметизувального зусилля в затворі становить $A = 1,87 \cdot 10^{-6}$.

Після порівняння начення критеріїв герметизації затворів в кінці процесу закупорювання та після теплового оброблення продукції встановлено, що величина A_2 відчутно перевищує величину A . Це означає, що, незважаючи на зменшення ступеня безпеки закупорювання скляної тари після стерилізації продукції, викликане протискуванням ущільнювальної прокладки кришки торцевою поверхнею тари і пов'язаним із цим послабленням напруженого стану затвору, герметизація затвору банки, закупореної з дотриманням необхідних вимог процесу закупорювання, загалом покращується.

Покращення герметизації затворів після теплової обробки та охолодження

продукції порівняно з етапом завершенням процесу закупорювання, за умови коректно здійснених закупорювання та теплового оброблення, наочно підтверджується тим, що банку стає відчутно важче відкрити, а це у свою чергу інколи викликає нарікання споживачів.

Висновки.

1. Критерій герметизації затворів дає можливість оцінювати та порівнювати стан герметизації системи закупорювання скляної тари на різних етапах зміни навантажень в затворах

2. Герметизація затворів скляної тари покращується після теплового оброблення продукції, про що свідчить зростання значення критерію герметизації затворів.

3. Покращення герметизації затворів відбувається внаслідок переходу на сухе тертя в затворі під час відкриття тари та в результаті зміни умов контакту в ущільненні затвору після теплового оброблення через збільшення загальної площі контакту прокладки з вінцем тари.

11.3.2 Особливості закупорювання скляної тари

На сьогодні в Україні функціонує досить велика кількість невеликих підприємств з виробництва консервної продукції в скляній тарі типу III. Маючи невелику продуктивність такі підприємства часто приємно відрізняються високою якістю та різноманітним смаком своєї продукції. Вони розташовані, як правило у сільській місцевості на значних відстанях від великих промислових та наукових центрів. Інженерний склад цих підприємств укомплектований переважно з місцевих жителів.

Найскладнішою у технічному плані операцією при виробництві консервів у скляній тарі типу III є закупорювання наповненої тари кришкою. Закупорювання здійснюється паровакуумним способом. Постачальниками кришок і скляної тари та виробниками закупорювального обладнання можуть бути різні підприємства, як закордонні так і вітчизняні.

Саме в процесі закупування на невеликих, відносно віддалених підприємствах можуть виникати ускладнення і перебої, які призводять до браку продукції та вимушених простоїв технологічних ліній. Причини таких ускладнень можуть бути різними: некоректне налагодження закупувальних машин, зношування їх деталей та вузлів, неякісна скляна тара або закупувальні засоби, незнання особливостей процесу закупування тощо.

Закупування скляної тари типу III здійснюється фрикційними робочими органами під дією сил тертя. Фактори, що впливають на коефіцієнт зовнішнього тертя добре викладені в монографії [392]. В роботі [393] наводяться теоретичні основи тертя, в тому числі в нарізних з'єднаннях. Більш близькими до розглядуваного випадку є дослідження наведені в роботах [394-396]. У роботі [394] показано, що вузол тертя в затворі складається з внутрішніх та зовнішніх кінематичних пар тертя, описано експериментальну установку для визначення сил тертя в умовах, наближених до паровакуумного способу закупування, а також сформульовано методику визначення коефіцієнтів тертя у внутрішніх парах. У роботі [395] наведено методику визначення коефіцієнтів тертя в зовнішніх парах тертя. У роботі [396] наведено результати експериментальних досліджень коефіцієнтів тертя в процесі закупування скляної тари гвинтовим способом.

Як показує досвід, деякі аспекти взаємодії елементів затвора в процесі закупування потребують подальшого дослідження, уточнення та роз'яснення. Зокрема має місце протиріччя між експериментальними значеннями деяких коефіцієнтів тертя та їх очікуваними, відповідно до фізичних законів тертя, значеннями. Ця робота має за мету детальне дослідження характеру взаємодії в парі тертя «паси-кришка» та пояснити зазначене протиріччя.

Найпоширенішим типом закупувальних машин відповідно до конструкції робочих органів є машини пасового типу (рис. 1). На цих машинах загвинчування кришки здійснюється двома гумовими пласкими пасами 3, 4. У результаті силової взаємодії пасів з кришкою та різниці в швидкості пасів між

собою та банкою виникає крутний момент тертя, за рахунок якого кришка загвинчується на банку.

Щодо виду тертя, то в цьому разі в усіх парах тертя: «паси – кришка», «прокладка кришки – торцева поверхня банки» та «нарізні упори кришки – нарізка банки» маємо тертя ковзання. Теоретично цей вид тертя з достатньою для даного випадку точністю описується законом Кулона. Максимальне значення коефіцієнт тертя матиме, коли в результаті прикладення сили до тіла, яке притиснуто до іншого тіла, це тіло не може зрушити з місця. В цьому випадку матимемо тертя спокою.

Коли ж тіло під дією прикладених сил зрушило з місця і рухається по поверхні іншого тіла, тертя спокою переходить у тертя ковзання. Коефіцієнт тертя при цьому зменшиться порівняно з тертям спокою. Зі збільшенням відносної швидкості руху в парі тертя коефіцієнт тертя і надалі зменшуватиметься.

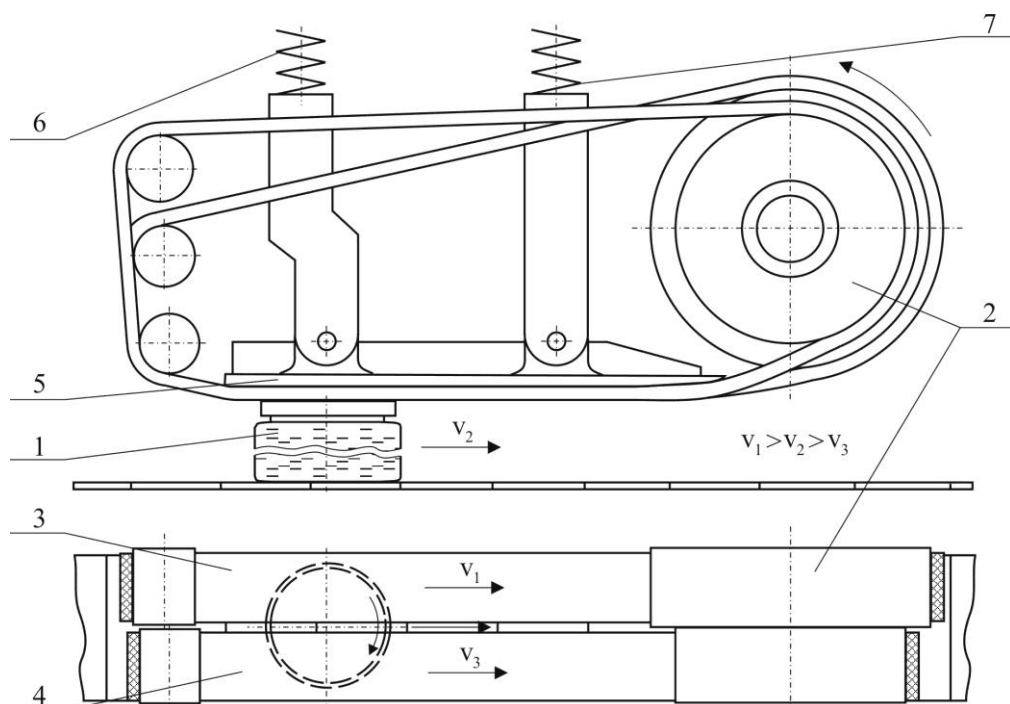


Рис. 1. Схема механізму закупорювання машини пасового типу. 1 – банка з кришкою; 2 – привідний шків; 3, 4 – відповідно пас більшого шківа та пас меншого шківа; 5 – натискна плита; 6, 7 – регулюючі пружини.

Якщо розглянути процес закупорювання скляної тари гвинтовим способом, то як показав експеримент у парах тертя «прокладка кришки – торцева поверхня банки» та «нарізні упори кришки – нарізка банки», у наявних діапазонах відносних швидкостей та зусиль стискування сила тертя істотно не залежить ні від швидкостей руху ні від контактних зусиль [396]. Отже коефіцієнт тертя практично буде сталим.

У парі тертя «закупорювальні паси – кришка» експериментальні дослідження показали, що в наявних діапазонах відносних швидкостей та зусиль стискування сила тертя істотно не залежить від контактних зусиль, проте залежить від швидкості руху в парі тертя. Причому зі збільшенням швидкості сила тертя збільшується, отже, зростатиме і коефіцієнт тертя (рис. 2, 3). Однак це суперечить вище зазначеним загальноприйнятим положенням, згідно яких коефіцієнт тертя спокою має максимальне значення. Коефіцієнт тертя визначався з залежності $k = \frac{F}{F_{\sigma}}$, де F – сила тертя ковзання; F_{σ} – стискуюче зусилля.

Щоб встановити причину такого зростання сили тертя, спочатку треба розібратися з особливостями матеріалів пари тертя. Матеріал зовнішньої поверхні пасів, яка контактує з кришкою, це зносостійка гума з підвищеним коефіцієнтом тертя. Матеріал внутрішньої поверхні пасів, яка контактує з натискною плитою 5 механізму закупорювання, – це зносостійка гума зі зниженим коефіцієнтом тертя. У середині паси армовані кордом для надання міцності на розрив.

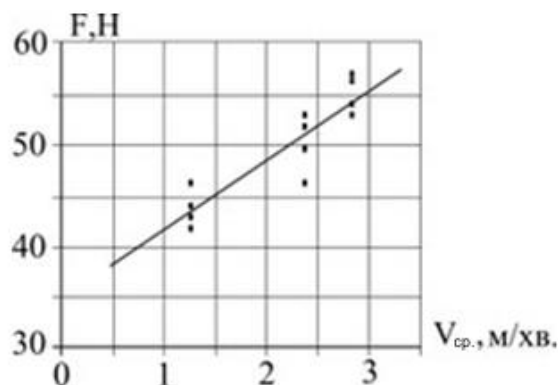


Рис. 2. Залежність сили тертя від швидкості руху в парі «кришка – паси».

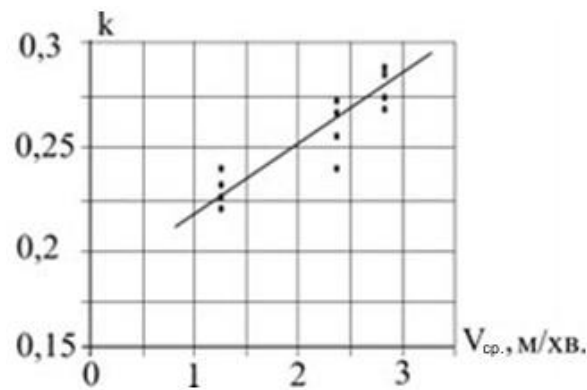


Рис. 3. Залежність коефіцієнта тертя від швидкості руху в парі “кришка – паси”.

Зовнішня поверхня пасу служить для ефективного загвинчування кришки на горловину банки. Внутрішня поверхня, навпаки, має без зайвих зусиль прослизати по поверхні натискної плити, яка створює вертикальне зусилля герметизації на кришку для ущільнення затвора. Оскільки пас гумовий, то його поверхня має невисоку твердість і значну пружність, що властиво всім еластомерам. Кришка типу III або системи твіст-офф виготовляється з білої бляхи, тобто є сталевую. Відповідно вона має значну твердість і, порівняно з гумовим пасом, невелику пружність.

Детально розглянемо місце контакту закупорювальних пасів з кришкою в процесі закупорювання. Під час проходження банки з кришкою під закупорювальною платформою кришка взаємодіє з закупорювальними пасами, які щільно притискаються до неї натискною плитою, створюючи вертикальне зусилля закупорювальної платформи. Кришка взаємодіє з пасами зовнішньою поверхнею кільцевого каналу для ущільнювальної прокладки, який має кільцеву горбкувату форму (рис. 4, вид В та Г). Завдяки горбкуватій формі, будучи сталевим, кільцевий канал буде заглиблюватись у відносно м'яку поверхню пасів, протискуючи її під дією вертикального зусилля.

У цей же час паси безперервно рухаються по поверхні кришки, обертаючи її в бік загвинчування. Таким чином, заглиблення на поверхні пасів будуть безперервно зміщуватись вздовж їхньої довжини. Якщо розглянути місце контакту пасів з кришкою в динаміці, то як показано на рис. 4, вид В та Г, в напрямку руху пасу відносно кришки, на поверхні паса, який випереджає кришку на межі заглиблення, буде виникати бугорчатий наплив у вигляді хвилі. З

протилежного боку від місця контакту на межі заглиблення кришки навпаки виникатиме деяка западина.

Хвиля на поверхні пасу створюватиме додатковий опір для його руху в процесі закупорювання. Зі збільшенням швидкості руху в парі тертя цей опір зростатиме, оскільки хвиля збільшуватиметься. Таким чином сила, яка виникає на поверхні паса і обертає кришку фактично є не силою тертя, а силою пружного опору середовища, в цьому разі стисненої гуми. Сила пружного опору середовища складається із сили пружного опору паса та сили тертя паса по кришці. Лінії виникнення хвиль 1 та 2 показані на рис. 4.

Сила пружного опору середовища зі збільшенням швидкості зростає на відміну від сили тертя. Саме цим пояснюється зростання коефіцієнту тертя, встановлене експериментальним дослідженням. Крім того, у цьому разі це буде не коефіцієнт тертя, а коефіцієнт опору. Цей коефіцієнт k входить в математичну модель затвору, яка виражає зусилля герметизації в ущільненні затвора

$$T = \frac{N \cdot k \cdot \frac{D_3 + D_6}{4}}{r \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha) + \mu \cdot \frac{D_3 + D_6}{4}}.$$

де N - вертикальне зусилля закупорювальної платформи;

D_3 та D_6 – відповідно зовнішній та внутрішній діаметр торцевої поверхні вінця банки;

r – середній радіус витків нарізки банки;

$\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)$ – коефіцієнт тертя в нарізці; де φ – зведений кут тертя у витках нарізки; α – кут підйому витків нарізки;

μ – коефіцієнт тертя прокладки кришки по поверхні вінця банки.

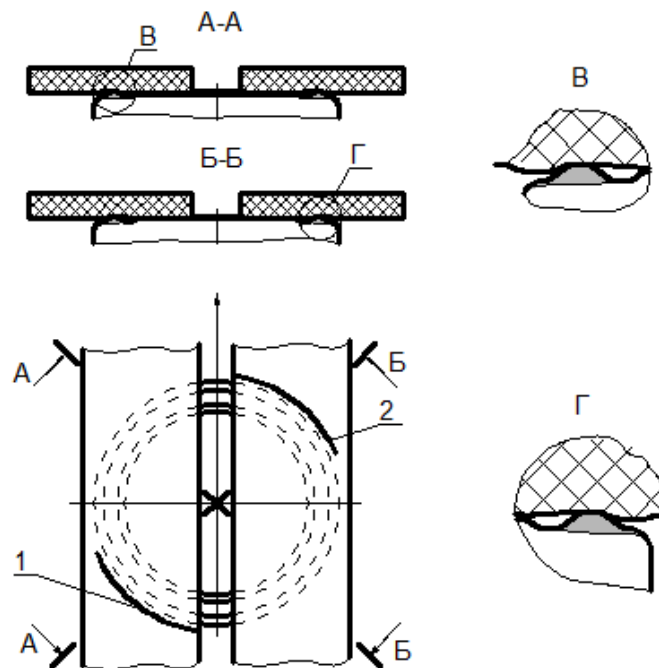


Рис. 4. Місце контакту закупорювальних пасів з кришкою в процесі закупорювання. 1, 2 – лінії на яких виникає хвиля.

Модель показує що зі збільшенням коефіцієнта k зусилля герметизації, а отже і контактний тиск у затворі також будуть збільшуватись. Одночасно збільшуватиметься навантаження на нарізні упори кришки, що є небезпечним, оскільки виникає загроза їх пластичної деформації. Крім того зростає ризик зривання лакофарбового покриття кришок у місці їх контакту з закупорювальними пасами. У цьому разі потрібно пропорційно до збільшення k зменшувати вертикальне зусилля механізму закупорювання.

Висновки.

1. Сила, що виникає на поверхні контакту пасів і кришки в процесі закупорювання і яка обертає кришку є не силою тертя, а силою пружного опору середовища, у цьому разі стисненої гуми. Тобто кришка загвинчується не під дією крутного моменту сил тертя, а під дією крутного моменту сил опору середовища.

2. Величина хвилі, яка виникає на поверхні паса, залежить від вертикального зусилля закупорювальної платформи, швидкості в парі тертя та твердості поверхні паса. Саме ці фактори впливатимуть на величину коефіцієнта опору.

3. Як показує експеримент, коефіцієнт опору середовища за інших сталих умов зростає зі збільшенням швидкості руху в парі тертя, тобто продуктивності машини.

4. Вертикальне зусилля заупорювальної платформи необхідно регулювати зі зміною продуктивності машини, а також зі зміною виробника пасів, для запобігання пластичній деформації нарізних упорів кришок, або пошкодження їх захисного покриття.

11.3.3 Мембран кришок консервної скляної тари. Обґрунтування їх роботи

Вимоги ринку і тенденції розвитку сучасної харчової промисловості тісно пов'язані з ресурсозбереженням та зменшенням матеріалоемності упаковки. Однак, поряд з цим, реалії сучасного ринку породжують проблему підвищення захисних властивостей упаковки. Нерідко зазначені тенденції і проблеми цілком або частково суперечать одна одній.

Для підтвердження гарантії початкового відкриття упаковки, яка передбачає повторне закриття тари, та герметичності системи заупорювання скляної тари використовуються різні гарантійні засоби. У консервній промисловості дуже поширеним є такий засіб як “контрольна кнопка” на металевих кришках, яка є пружною мембраною, розташованою в центрі поля кришки. Належне функціонування таких мембран пов'язане з правильним вибором і чітким дотриманням їх геометричних параметрів, товщини та властивостей жерсті для виготовлення кришок. Саме товщина матеріалу є одним з визначальних чинників ресурсозбереження.

Більшість кришок з мембранами на ринок України постачають закордонні виробники, які мають значний досвід їхнього виробництва. Вітчизняні виробники кришок типу III, намагаючись задовольнити потреби ринку, також розпочали або будуть змушені розпочати виробництво кришок з мембранами. Однак наявність мембрани ускладнює виробництво кришок через незначний досвід такого виробництва або його відсутність. Загалом цей напрямок досліджень пов'язаний з удосконаленням технологій пакування, що

забезпечують тривалий термін зберігання високої біологічної цінності продуктів харчування. Хоча загалом слід зазначити, що конструкція гнучкої мембрани може бути використана, наприклад, як безконтактний датчик вакууму у різних галузях промисловості.

Питання розрахунку гнучких металевих пластинок розглядаються в теорії пластин і оболонки. Зокрема, описано роботу круглих гнучких пластинок з початковим прогином, закріплених у різний спосіб, за різних, відносно прогину, напрямків дії навантаження [397]. Для використання у виробництві консервних кришок різних типів були проведені дослідження стійкості їхнього поля. Так, здійснено аналітичне та експериментальне дослідження стійкості поля кришок типу I з жерсті зменшеної товщини [398]. Проведено аналітичне дослідження стійкості поля кришок типу III, отримані данні якого можна використовувати для розрахунку поля кришок на втрату стійкості під час стерилізації продукції [399]. Також розглянуто питання стійкості поля кришок типу III-82, пов'язане зі зменшенням товщини жерсті. Розраховано критичний тиск на поле для різної товщини та твердості жерсті. Перевірено стійкість кришок для найбільш несприятливих випадків у процесі стерилізації консервів [400].

Зазначені дослідження стосуються роботи у різний спосіб закріплених гнучких пластин загалом, або полів кришок різних затворів скляної тари, що в плані конструкції є майже ідентичним. Проте, конструкція поля кришок з “контрольною кнопкою” має певні особливості, адже поле кришки на горловині тари розглядається як гнучка пластина або мембрана, закріплена залежно від типу затвору, а “кнопка” є мембраною закріпленою безпосередньо на мембрані, тобто додатковою мембраною. В дослідженнях проведених автором раніше [399, 400], поле кришки типу III розглядалося у варіанті без “контрольної кнопки”, або її наявності нехтували. Конструкція кришок типу I є застарілою і взагалі не передбачає наявності додаткової мембрани.

Робота безпосередньо гнучких мембран кришок консервної тари значною мірою не досліджена, не має достатнього теоретичного обґрунтування. Тому мета досліджень полягає у створенні математичної моделі роботи мембран

кришок консервної тари залежно від зміни перепаду тиску, геометричних параметрів та товщини жерсті.

Гнучкі мембрани на металевих і комбінованих кришках застосовуються майже на всіх сучасних системах закупорювання консервної скляної тари. Зокрема таких як Twist-Off (ТО, український аналог – тип III), Press-on Twist-off (PT), Ideal Closure, Preson, Band-Guard, Continuous Thread. Кришки системи ТО стосовно конструкції поля виготовляються у двох модифікаціях: з “кнопкою” та без “кнопки”, відповідно до замовлення. Надалі “кнопку” називатимемо мембраною.

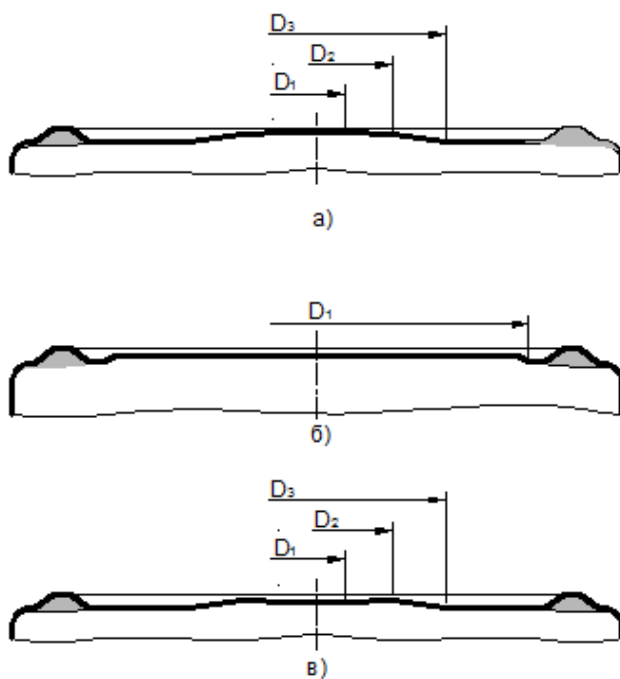


Рис.1 – Поле кришки системи ТО: а) з мембраною; б) без мембрани; в) з мембраною у втягнутому стані.

Розглянемо конструкцію поля кришки з мембраною та без неї. Для відповідності розмірів і пропорцій розглянемо кришки однакового типорозміру, наприклад III-82, (рис.1). Як видно на полі кришки з мембраною, від каналу для прокладки до центру поля розташована пласка ділянка, на якій в центрі поля знаходиться мембрана (рис. 1а). Робочою частиною мембрани є пласка кругова ділянка діаметром D_1 та кільцева конічна ділянка з малим кутом нахилу твірної діаметром D_2 . Робоча частина є найбільш чутливою до перепаду тиску і зазнає найбільших деформацій. Зовні від робочої частини розташована інша кільцева конічна ділянка з більшим кутом нахилу твірної діаметром D_3 , яка в процесі роботи мембрани є менш активною і менш чутливою, тобто менше змінює свою форму і служить, головним чином, опорою для робочої частини.

Виходячи з виконуваних функцій ділянку між діаметрами D_1 і D_2 називатимемо робочим конусом, а конус з діаметром основи D_3 – опорним.

На полі кришки без мембрани (рис. 1б) фактично також є опорний конус, але діаметр його основи D_1 значно більший ніж у поля з мембраною, а пласка ділянка між каналом для прокладки і ним – вузька. Від початку така конструкція поля була пов'язана з наданням жорсткості пласкій ділянці поля, адже в процесі зберігання продукції ємкість, як правило, знаходиться під вакуумом.

У випадках, коли продукт закупорюється без створення вакууму або вручну, використовується гарантійний засіб у вигляді паперових смужок, які проходять через затвор, тобто наклеюються на кришку та корпус банки, а зверху на смужку наклеюють корпусну етикетку. Розглянемо роботу мембрани. У ненавантаженому стані (рис. 1а) мембрана є опуклою. Після закупорювання продукції, під дією вакууму в тарі, на поле кришки починає діяти зусилля від різниці тисків навколишнього та всередині тари. Під дією рівномірно розподіленого по зовнішній поверхні мембрани тиску P , робоча частина мембрани здатна втратити стійкість (рис. 1в). Завдяки малій товщині та високій границі пружності жерсті мембрана зберігає пружні властивості і за границями критичних зусиль.

Подамо роботу мембрани у графічному вигляді як залежність між тиском P та прогином центру мембрани f (рис. 2). При деякому критичному тиску P_1 відбувається стрибкоподібний перехід на іншу гілку залежності $P(f)$. В цей момент спрацьовує більш чутлива робоча частина мембрани. Практично це означатиме, що в тарі утворився належний вакуум і вона герметична. Подальше зростання тиску супроводжується ростом деформацій, який відбувається за деяким новим законом, відмінним від початкового. На цьому етапі поряд з робочою частиною починає деформуватися опорний конус.

При розвантаженні мембрани, повернення на початкову гілку відбувається знову стрибкоподібно, але при дещо новому критичному тиску розвантаження P_2 , меншому за перший. Це означатиме, що тара негерметична. Повернення мембрани у початковий стан має супроводжуватися характерним звуковим

сигналом – клацанням, яке при відкритті тари, поряд з увігнутих станом мембрани до відкриття, доводить споживачеві, що упаковка герметична і відкривається вперше. Звуковий сигнал з'являється завдяки миттєвому відновленню початкової форми робочої частини мембрани, а його гучність залежить від швидкості відновлення форми. В теорії пластин і оболонок та приладобудуванні такі мембрани відомі як мембрани, що ляскають [397]. Для системи закупорювання ТО фірмою Silgan White Cap незалежно від типорозміру затвору надаються такі величини критичних тисків $P_1=0,03$ МПа і $P_2=0,005$ МПа.

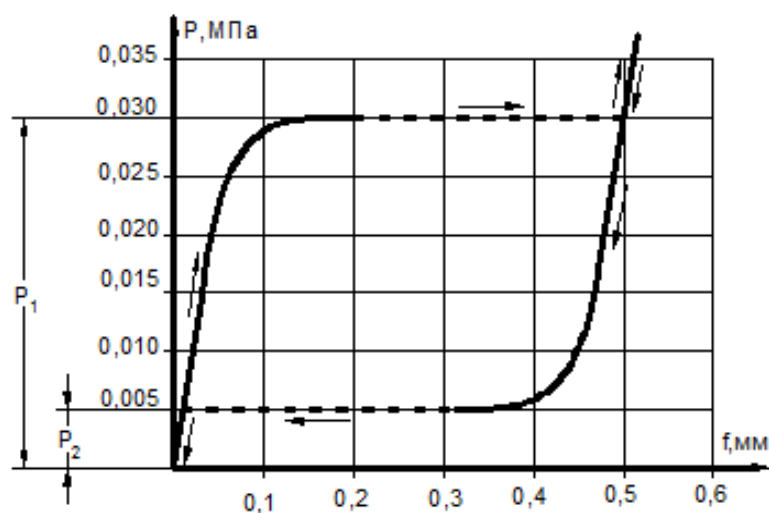


Рис. 2. Залежність між тиском P та прогином центру мембрани f .

Отже мембрана працює за принципом контрольованої втрати стійкості з наступним відновлення початкової форми, яке супроводжується звуковим сигналом. Відповідно мембрана може перебувати у двох станах рівноваги. Перший відповідає опуклому стану, коли навантаження знаходиться в межах від 0 до P_2 , другий – стану втрати стійкості, коли навантаження в межах критичних значень від P_1 і більше до P_2 .

Дамо наближений розрахунок роботи мембрани для симетричного навантаження, яке має місце в даному випадку, використовуючи математичний апарат з теорії гнучких пластин та оболонок та теорії пружності. У першому наближенні обмежимося описом найбільш важливої, з огляду виконуваних функцій, робочої частини мембрани. Мембрана разом з полем є суцільною круглою тонколистовою пластинкою однакової товщини. Будемо дотримуватись

розрахункової схеми, в якій робочий конус зацмлений по контуру з вільним радіальним зміщенням точок контуру (рис. 3).

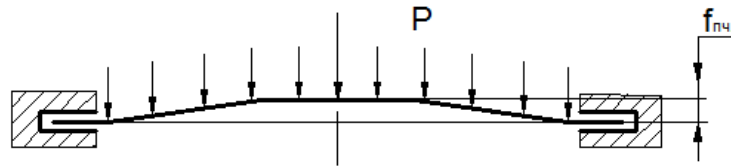


Рис. 3. Схема закріплення мембрани.

У випадку пружної деформації поля, наближені вирази для початкових та додаткових прогинів виберемо однаковими у вигляді, який відповідає розв'язанню аналогічної задачі у випадку пластини малого прогину [401], відповідно

$$\omega_{nc} = f_{nc} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2, \quad \omega = f \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2, \quad (1)$$

де r – деякий радіус, що відповідає прогинам ω_{nc} та ω ;

f_{nc} , f – початковий та додатковий прогини центра мембрани;

R – радіус контуру мембрани.

Основна система диференціальних рівнянь для мембрани кришки, як круглої гнучкої пластини з початковим прогином, згідно теорії гнучких пластин та оболонок [401], має вигляд:

$$D \frac{d}{dr} (\nabla^2 \omega) = \psi + \frac{\delta}{r} \frac{d\Phi}{dr} \left(\frac{d\omega}{dr} + \frac{d\omega_{nc}}{dr} \right), \quad (2)$$

$$\frac{d}{dr} (\nabla^2 \Phi) = -\frac{E}{r} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{d\omega}{dr} \right)^2 + \frac{d\omega_{nc}}{dr} \frac{d\omega}{dr} \right], \quad (3)$$

де $D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$ – циліндрична жорсткість мембрани [386];

$\nabla^2 (*) = \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{d}{dr} (*) \right)$ – оператор Лапласа в полярній системі координат (при

величині $(*)$, що не залежить від полярного кута φ);

ψ – функція навантаження;

Φ – функція напруження;

E – модуль нормальної пружності матеріалу мембрани;

δ – товщина мембрани;

μ – коефіцієнт Пуассона матеріалу мембрани.

Підставляючи вирази (1) в рівняння (3), отримаємо

$$\frac{d}{dr}(\nabla^2\Phi) = -\frac{8E}{R^3}(f^2 + 2f_{nc}f)\left(\frac{r}{R} - 2\frac{r^3}{R^3} + \frac{r^5}{R^5}\right). \quad (4)$$

Знайдемо похідну $\frac{d\Phi}{dr}$, для цього інтегруємо (4), помножимо його на r та інтегруємо ще раз, отримаємо

$$\frac{d\Phi}{dr} = \frac{E(f^2 + 2f_{nc}f)}{6R}\left(3\frac{r}{R} - 6\frac{r^3}{R^3} + 4\frac{r^5}{R^5} - \frac{r^7}{R^7}\right). \quad (5)$$

Скористаємось для інтегрування рівняння (2) методом Бубнова-Гальоркіна.

Для цього подамо його у вигляді

$$X = D\frac{d}{dr}(\nabla^2\omega) - \psi - \frac{\delta}{r}\frac{d\Phi}{dr}\left(\frac{d\omega}{dr} + \frac{d\omega_{nc}}{dr}\right). \quad (6)$$

Обчислимо кожний з членів рівняння (6).

Оскільки $\nabla^2\omega = -\frac{8f}{R^2}\left(1 - 2\frac{r^2}{R^2}\right)$,

відповідно

$$D\frac{d}{dr}(\nabla^2\omega) = D\frac{32fr}{R^4}. \quad (7)$$

Функція навантаження має вигляд $\psi = \frac{1}{r}\int_0^r Prdr$, а при $P = const$

$$\psi = \frac{rP}{2}. \quad (8)$$

Наступна складова рівняння (6)

$$-\frac{\delta}{r}\frac{d\Phi}{dr}\left(\frac{d\omega}{dr} + \frac{d\omega_{nc}}{dr}\right) = \frac{\delta}{r}\frac{E(f^2 + 2f_{nc}f)}{6R}\left(3\frac{r}{R} - 6\frac{r^3}{R^3} + 4\frac{r^5}{R^5} - \frac{r^7}{R^7}\right)\left(\frac{4f_{nc} + 4f}{R}\right)\left(\frac{r}{R} - \frac{r^3}{R^3}\right). \quad (9)$$

Об'єднуючи ці результати в рівнянні Бубнова-Гальоркіна $\int_0^R X \frac{d}{dr}\eta_i r dr = 0$, де

функція $\eta_1 = \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2$ [386], враховуючи, що мембрана є опуклою, навантаження

спрямоване проти початкового прогину і змінюючи через це знак при f_{nc} на мінус

та вводячи безрозмірний параметр $\rho = \frac{r}{R}$ отримаємо це рівняння у вигляді

$$\int_0^1 \left[32Df\rho - \frac{1}{2}P\rho R^4 - \frac{E\delta}{\rho} \frac{2}{3}(f^3 - 3f^2 f_{nc} + 2f_{nc}^2 f) \right] (3\rho - 6\rho^3 + 4\rho^5 - \rho^7) (\rho - \rho^3) \times (\rho - \rho^3) \rho d\rho = 0. \quad (10)$$

Після розв'язання, рівняння (10) матиме вигляд

$$\frac{8}{3}Df - \frac{PR^4}{24} + \frac{1}{28}E\delta(f^3 - 3f^2 f_{nc} + 2f_{nc}^2 f) = 0. \quad (11)$$

Рівняння (11) може бути прийнято за базову математичну модель для комп'ютерного моделювання роботи мембран кришок консервної тари в залежності від зміни тиску, геометричних параметрів та товщини жерсті. Надалі планується на базі рівняння (11) створити комп'ютерну програму графічного аналізу роботи різних мембран для обґрунтування вибору їх геометричних параметрів та необхідних характеристик жерсті.

11.3.4 Мембрани вакуумних кришок. Моделювання їх роботи

Питання розрахунку гнучких металевих пластинок розглядаються в теорії пружності. Зокрема в роботі [402] описана робота круглих гнучких пластинок з початковим прогином, закріплених у різний спосіб, за різних, відносно прогину, напрямків дії навантаження. Є роботи закордонних авторів, зокрема робота [403], де розрахунки гнучких пластин здійснюються методом скінченних елементів, що суттєво ускладнює розрахунки, хоча може дати досить точні результати. Стосовно консервної галузі були здійснені дослідження стійкості поля типу III. В роботі [404] розглянуто питання стійкості поля кришок типу III-82, пов'язане зі зменшенням товщини жерсті. Розраховано критичний тиск на поле для різної товщини та твердості жерсті. Перевірено стійкість кришок для найбільш несприятливих випадків у процесі стерилізації консервів.

В роботі [403] здійснено розрахунки та аналіз гнучких пластин з великими переміщеннями. У випадку мембран кришок мають місце невеликі порівняно з товщиною переміщення. В дослідженнях проведених автором раніше [404], поле кришки типу III розглядалося у варіанті без “контрольної кнопки” або її наявністю нехтували. В статті [405] надано опис конструкції та принципу роботи мембран вакуумних металевих кришок для скляної тари. На базі математичного апарату теорії пластин та оболонок з використанням методів інтегрування наведена методика наближеного розрахунку робочої частини мембрани та отримано рівняння взаємозв’язку тиску, геометричних параметрів та товщини мембрани.

Однак моделювання деформацій мембран в залежності від зміни їх геометричних параметрів та оцінки роботи математичної моделі по відношенню до реальних об’єктів виконано не було.

Мета даної статті полягає у визначенні характеристик деформації мембран залежно від зміни діаметру робочого конуса, з’ясуванні її впливу на належне функціонування мембран та оцінці роботи математичної моделі, за допомогою якої здійснювалося моделювання.

Кришки системи ТО за конструкцією поля виготовляються у двох модифікаціях

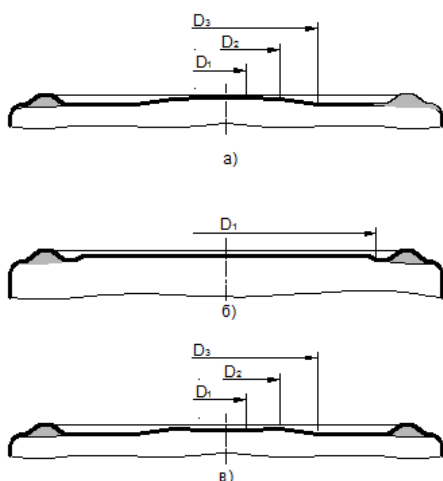


Рис.1 – Поле кришки системи ТО: а) мембрана в ненавантаженому стані; б) без мембрани; в) мембрана у стані втрати стійкості.

з “кнопкою” та без “кнопки”, відповідно до замовлення, рис. 1а, б. Надалі “кнопку” називатимемо мембраною.

У процесі закупорювання та оброблення харчової продукції в скляній упаковці та в процесі зберігання готової продукції кришки сприймають зусилля, обумовлені різними факторами. Якщо

закупорювання здійснюється під паром, то як наслідок в упаковці створюється початковий вакуум. На рис. 2. показано схему затвора по завершенні процесу закупорювання паровакуумним способом та сили, які при цьому діють.

У процесі теплової обробки продукції виникають інші сили, що діють на поле кришок затворів, рис. 3. Тут можливі два випадки: перший, коли тиск в системі перевищує тиск всередині упаковки, рис. 3а, та другий, коли внутрішній тиск в упаковці перевищує тиск в системі рис. 3б.

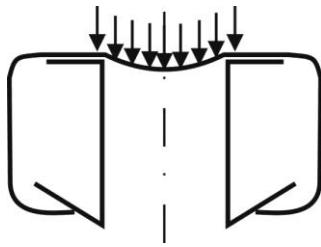


Рис.2. – Схеми затвора по завершенні процесу паровакуумного закупорювання.

Теплова обробка продукції може суттєво впливати на роботу мембран. На створення внутрішнього тиску в тарі під час

теплової обробки, поряд із температурою наповнення, незаповненим простором у верхній частині упаковки та початковим вакуумом в упаковці, впливає температура наступної теплової обробки продукції. Зі зменшенням температур наповнення та незаповненого простору внутрішній тиск в тарі під час стерилізації збільшується. Тому, для запобігання відкриттю затвора на етапах теплової обробки продукції (нагрівання та витримка), у більшості випадків необхідне відповідне регулювання протитиску системи.

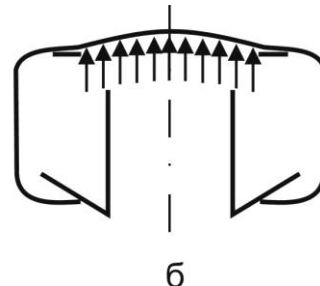
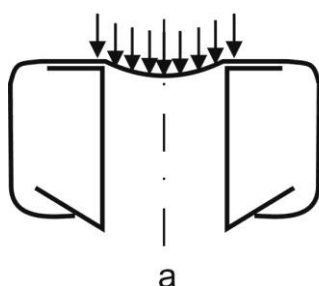


Рис. 3. Схеми затвора в процесі теплової обробки продукції.

У цілому в процесі теплової обробки продукції для кришок більш сприятливим є стале перевищення протитиску. Отже, через залежність

внутрішнього тиску в упаковці від умов наповнення та методу теплової обробки між протитиском в системі та внутрішнім тиском в упаковці повинен витримуватися певний сталий перепад.

І нарешті, упродовж всього терміну зберігання готової продукції кришки також сприймають певні зусилля, які виникають в результаті паровакуумного способу закупорювання. На рис. 4 показано схему нарізного затвора в процесі зберігання продукції, коли в упаковці утворюється кінцевий вакуум.

Очевидно, що із схем, наведених на рис. 2, 3 та 4, величина перепаду між тиском в системі чи в навколишньому середовищі та внутрішнім тиском в упаковці може досягти максимальної величини під час теплової обробки продукції.

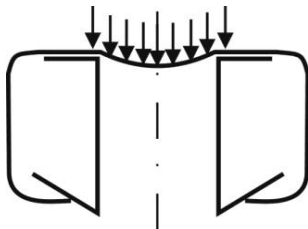


Рис.4. – Схеми затвора в процесі зберігання продукції.

Показники критичних тисків втрати стійкості та відновлення початкової форми, які визначають робочий інтервал

функціонування сучасних мембран, загалом відомі і надаються фірмами - виробниками кришок.

Робочий конус мембрани стрибкоподібно переходить з одного стану рівноваги (рис. 1а) в інший (рис. 1б). З візуальних спостережень за деформуванням мембран видно, що в момент стрибкоподібного переходу контур з'єднання робочого та опорного конусів на діаметрі D_2 не є абсолютно жорстким. Тому дотримуватимемось розрахункової схеми в якій робочий конус защемлений по контуру, з вільним радіальним зміщенням точок контуру (рис. 5).

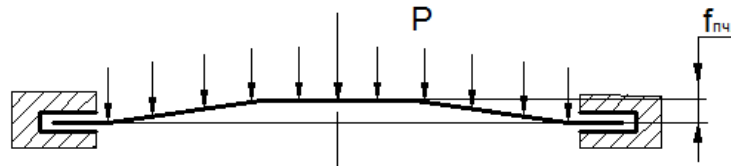


Рис. 5. Схема закріплення мембрани.

Базова математична модель для аналізу роботи мембран, отримана на основі математичного апарату теорії пластин та оболонок з використанням методів інтегрування [405], має вигляд

$$\frac{8}{3}Df - \frac{PR^4}{24} + \frac{1}{28}E\delta(f^3 - 3f^2f_{пч} + 2f_{пч}^2f) = 0; \quad (1)$$

де $D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$ – циліндрична жорсткість мембрани;

$f_{пч}$, f – початковий та додатковий прогини центра мембрани;

P – тиск (навантаження) на мембрану;

R – радіус контуру мембрани ($D/2$, рис. 1);

E – модуль нормальної пружності матеріалу мембрани;

δ – товщина мембрани (жерсті);

μ – коефіцієнт Пуассона матеріалу мембрани.

Після перетворень основне розрахункове рівняння (1) було подано в загальній формі кубічного рівняння, тобто формули Кардано, і набуло вигляду прийнятного для програмування і комп'ютерного моделювання

$$\zeta^3 - 3\zeta_{пч}\zeta^2 + 2\left(\zeta_{пч}^2 + \frac{28}{9} \frac{1}{1-\mu^2}\right)\zeta - \frac{7}{6}P^* = 0; \quad (2)$$

де $\zeta_{пч} = \frac{f_{пч}}{\delta}$ та $\zeta = \frac{f}{\delta}$ – початковий та додатковий безрозмірні прогини центра мембрани;

$P^* = \frac{PR^4}{E\delta^4}$ – безрозмірний тиск на мембрану.

На основі формули Кардано було розроблено комп'ютерну програму для розрахунку ζ та P^* і подальшого зображення залежності «тиск – прогин» ($P^*(\zeta)$) в графічному вигляді. В результаті розв'язання кубічного рівняння

використовувались лише дійсні корені.

Спочатку розглянемо характеристики роботи мембран кришки ТО-82 для деяких можливих значень початкових безрозмірних прогинів $f_{nc1} = 0,20$ мм, $\zeta_{nc1} = 1,11$; $f_{nc2} = 0,25$ мм, $\zeta_{nc2} = 1,39$; $f_{nc3} = 0,30$ мм, $\zeta_{nc3} = 1,67$, зображені на рис. 6. Інші геометричні та механічні параметри: $\delta = 0,18$ мм; $R = 12$ мм; $\mu = 0,35$; $E = 190 \cdot 10^9$ Па. Вони відповідають параметрам для маловуглецевої сталі. В цих мембранах f_{nc} малий по відношенню до δ , тому їх відносять до мембран з малим прогином.

Рівняння (2) можна виписати також в такій формі

$$\zeta^3 - 3\zeta_{nc}\zeta^2 + 2\zeta_{nc}^2\zeta + \frac{16}{3} \frac{1}{1-\mu^2} \zeta = \frac{7}{6} P^*. \quad (3)$$

Тоді після перетворень отримаємо рівняння (2) в іншій загальній формі

$$A(\zeta^3 - 3\zeta_{nc}\zeta^2 + 2\zeta_{nc}^2\zeta) + B\zeta = P^* \quad (4)$$

де A та B — коефіцієнти.

Двічі диференціюємо (4)

$$\frac{d^2 P^*}{d\zeta^2} = 6(\zeta - \zeta_{nc}) \quad (5)$$

З рис. 6. видно, що крива 1, яка відповідає $\zeta_{nc} = 0$, являє собою відому характеристику пласкої мембрани. Подібну характеристику буде мати поле кришки без мембрани (рис. 1б). Збільшення початкового прогину від ζ_{nc2} до ζ_{nc4} викликає порушення монотонності ходу кривої. Для точки $\zeta = \zeta_{nc}$ згідно (5) кожна крива, яка має порушення монотонності ходу, матиме точку перегину.

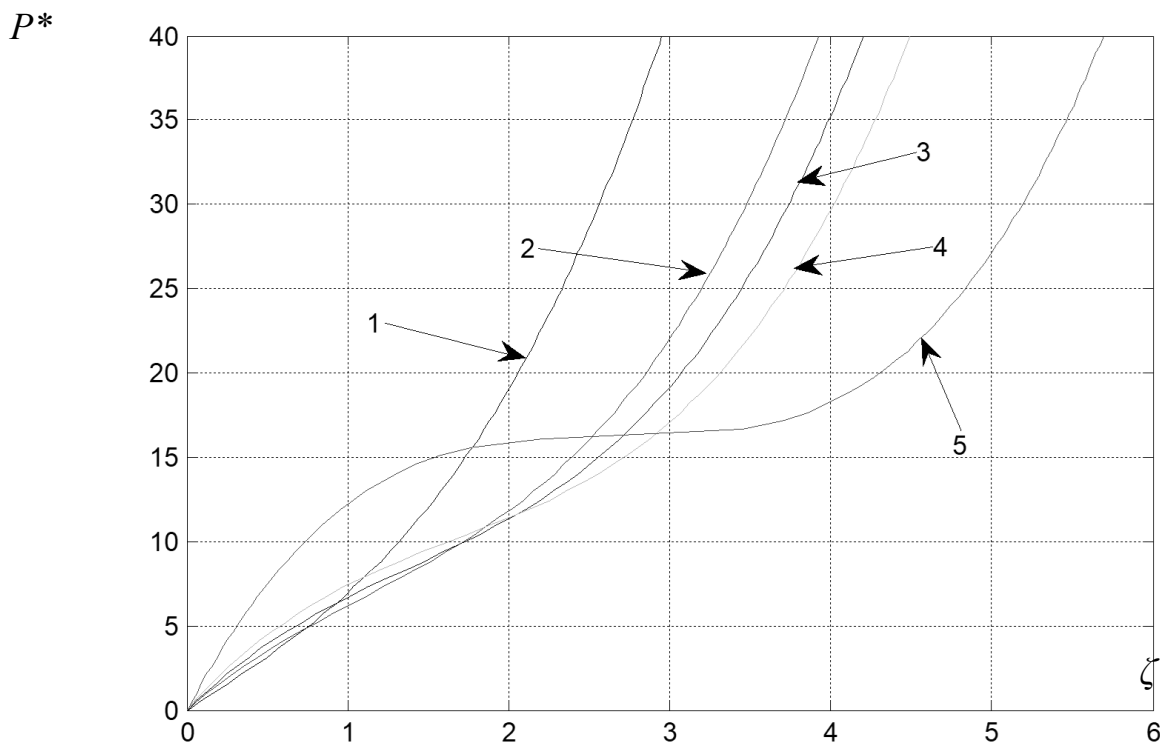


Рис. 6. Залежність між тиском та прогином для мембран металевих кришок з початковими прогинами: 1 – $\zeta_{пч1} = 0$; 2 – $\zeta_{пч2} = 1,11$; 3 – $\zeta_{пч3} = 1,39$; 4 – $\zeta_{пч4} = 1,67$; 5 – $\zeta_{пч5} \approx 2,67$.

Зі зростанням початкового прогину порушення монотонності ходу кривої зростає. Порушення монотонності свідчить про наявність ділянки нестійкого режиму роботи мембрани. Цей режим роботи має місце в певному інтервалі, а саме між критичними тисками P_1^* (тиск втрати стійкості) та P_2^* (тиск розвантаження), рис. 7. Він і є режимом контрольованої втрати стійкості.

При збільшенні початкового прогину понад $f_{пч5} = 0,48$ мм, $\zeta_{пч5} \approx 2,67$ (рис. 6, крива 5) на кривій з'явиться петля. В строго математичному плані ділянка нестійкого режиму роботи, згідно з розглядуваною моделлю, з'являється за умови появи на кривій ділянки від'ємної похідної, розташованої між двома екстремальними точками (перша – початок, друга – закінчення петлі), які відповідають критичним тискам. На цій ділянці зростання прогину ζ відбуватиметься при зменшенні навантаження P^* .

P^*

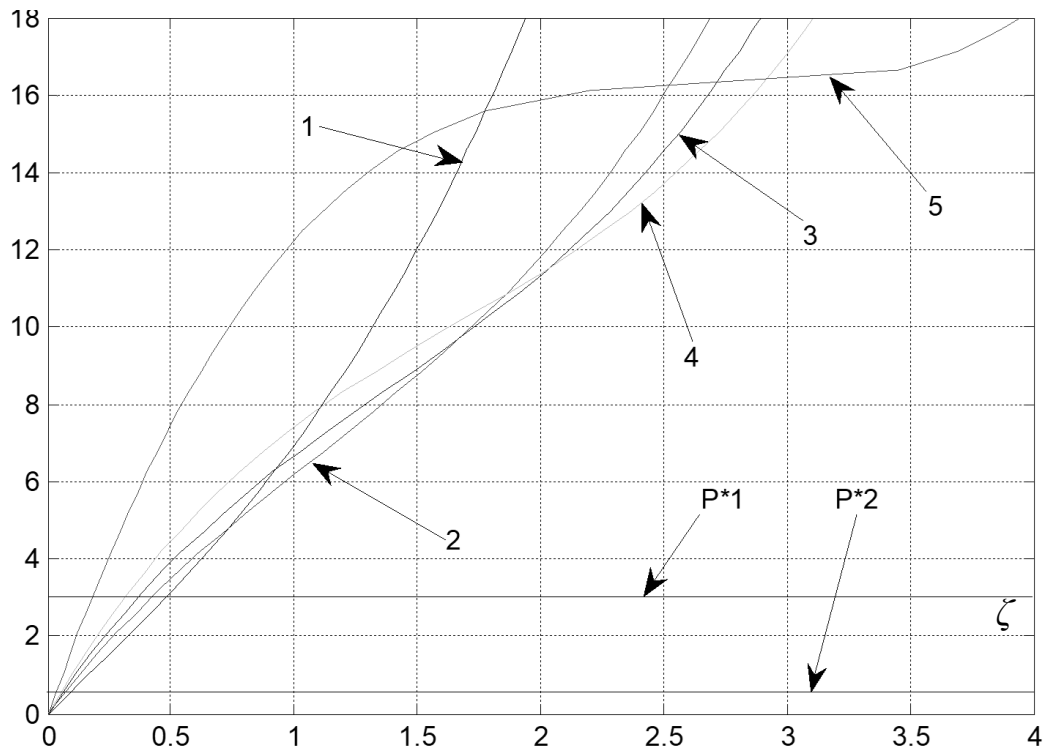


Рис 7. Робочий інтервал тиску мембран металевих кришок. P_1^* – критичний тиск втрати стійкості; P_2^* – критичний тиск розвантаження.

Однак, як показує практика для розглядуваних мембран нестійкий режим роботи має місце значно раніше, вже при $\zeta_{nc2} = 1,11$, причому в режимі контрольованої втрати стійкості Отже, порушення монотонності ходу кривої чітко вказує на наявність ділянки нестійкого режиму.

Розглянемо далі деформаційні характеристики мембрани кришки ТО-82 для деяких можливих значень товщини жерсті $\delta_1 = 0,14$ мм; $\delta_2 = 0,16$ мм; $\delta_3 = 0,18$ мм; $\delta_4 = 0,20$ мм. Інші геометричні та механічні параметри: $f_{nc} = 0,25$ мм; $R = 12$ мм; $\mu = 0,35$; $E = 190 \cdot 10^9$ Па.

З рис. 8 видно, що криві мають порушення монотонності ходу кривої, яке залежить від товщини жерсті. Зі зменшенням товщини порушення монотонності зростає. Загалом зростання порушення монотонності кривої $P^*(\zeta)$ означає зростання ζ_{nc} , це видно також з рис. 3. І дійсно, кожну мембрану залежно від товщини можна охарактеризувати безрозмірним початковим прогином: $\delta_1 = 0,14$ мм, $\zeta_{nc1} = 1,78$; $\delta_2 = 0,16$ мм, $\zeta_{nc2} = 1,56$; $\delta_3 = 0,18$ мм, $\zeta_{nc3} = 1,39$; $\delta_4 = 0,20$ мм,

$\zeta_{нч}=1,25$. Хоча абсолютний початковий прогин $f_{нч} = 0,25$ мм при цьому залишається сталим.

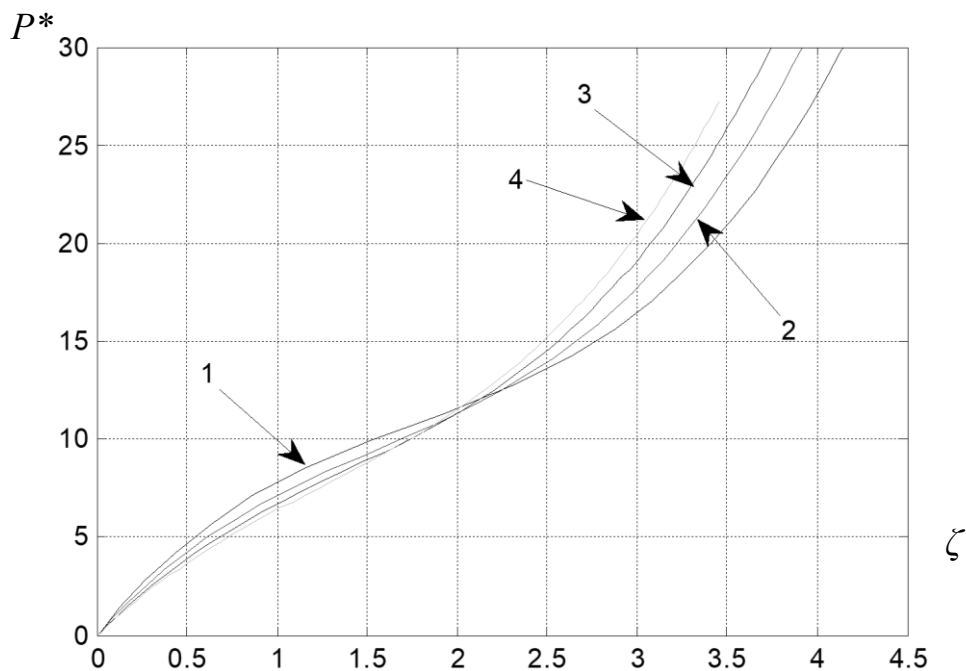


Рис 8. Залежність між тиском та прогином для мембран металевих кришок. 1 – $\delta_1 = 0,14$ мм; 2 – $\delta_2 = 0,16$ мм; 3 – $\delta_3 = 0,18$ мм; 4 – $\delta_4 = 0,20$ мм.

Загалом можна констатувати, що в даному випадку нестійкий режим роботи є необхідною умовою функціонування мембран, заради цього він власне і потрібен, тобто явищем корисним. Однак зі збільшенням $\zeta_{нч}$ інтервал між критичними тисками P_1^* та P_2^* по осі ординат буде розширюватися. Це означає, що нижній тиск, тобто тиск розвантаження, P_2^* може досягти значення 0 і перетнути вісь абсцис, тоді мембрана після втрати стійкості і розвантаження в початкове положення не повернеться і збереже пружний залишковий прогин.

Тиск розвантаження P_2^* пов'язаний з глибиною вакууму в тарі. Якщо вакуум буде падати і досягне нуля, як правило це означатиме, що тара негерметична. Але, якщо тара при цьому все ж герметична, а отже продукт якісний, але в тарі відсутній вакуум, то мембрана цього сигналізувати не буде, що є неприпустимим, оскільки наявність вакууму є однією з головних умов утримання кришки на банці при транспортуванні скляної тари з нарізними затворами.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Отже, якщо тиск P_2^* зрівняється з 0 або перетне нульову лінію мембрана припинить фіксувати (шляхом відновлення початкової форми) відсутність вакууму в тарі. Таким чином збільшувати f_{nc} або зменшувати δ (що є ідентичним) можна лише до певної межі інакше мембрана втратить функціональність.

Розглянемо далі деформаційні характеристики мембрани кришки ТО-82 для деяких можливих значень зовнішнього діаметру робочого конуса D_2 , тобто радіусів закріплення контуру мембрани, згідно розрахункової схеми (рис. 5), $R_1 = 12$ мм, $R_2 = 13$ мм, $R_3 = 14$ мм. Інші геометричні та механічні параметри: $f_{nc} = 0,25$ мм; $\delta = 0,18$ мм; $\mu = 0,35$; $E = 190 \cdot 10^9$ Па.

З рис. 9 бачимо, що в зазначеному діапазоні зміни діаметру закріплення контуру мембрани, за сталої товщини жерсті та початкового прогину центра мембрани, характеристики роботи мембран практично не змінюються. Спостерігається однакове для всіх трьох випадків порушення монотонності ходу кривих. На відміну від попереднього випадку (рис. 6) динаміка роботи мембран не зазнає змін.

Загалом функціонування мембрани тісно пов'язане з жорсткістю опорного конуса. Припустимо, що опорний конус починає втрачати стійкість одночасно з робочим, тоді фактично він стає частиною робочого конусу. При цьому f_{nc} такого складеного робочого конусу різко зростає (більш ніж у 2 рази) і мембрана з класу мембран з малим прогином переходить у клас мембран з великим прогином [386].

В цьому випадку порушення монотонності ходу кривої $P^*(\zeta)$ кардинально збільшиться і на кривій з'явиться петля. Інтервал між критичними тисками P_1^* та P_2^* розшириться. Тиск P_1^* зросте, а тиск P_2^* зменшиться. Зменшившись тиск розвантаження P_2^* може досягти значення 0, перетнути вісь абсцис і перейти в зону від'ємних значень, тоді мембрана після втрати стійкості і розвантаження початкову форму не відновить і збереже пружний залишковий прогин. Така мембрана в існуючому робочому інтервалі тисків P_1 та P_2 функціонувати не буде.

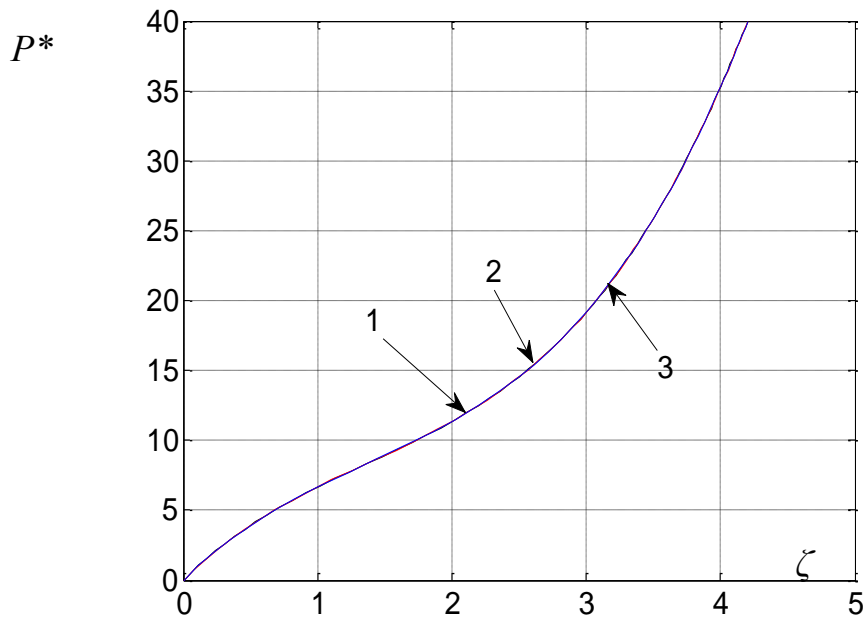


Рис. 9. Залежність між тиском та прогином для мембран металевих кришок радіусами: 1 – $R_1 = 12$ мм; 2 – $R_2 = 13$ мм; 3 – $R_3 = 14$ мм.

Висновки

1. Деформаційні характеристики мембран показують, що порушення монотонності ходу кривої означає появу нестійкого режиму роботи, який є режимом контрольованої втрати стійкості.

2. Порушення монотонності ходу кривої вказує на наявність режиму контрольованої втрати стійкості задовго до появи на ній петлі.

3. Для надійного функціонування мембран в режимі контрольованої втрати стійкості збільшувати f_{nc} слід дуже обережно, оскільки після втрати стійкості мембрана може перейти в режим пластичних деформацій і зберегти пружний залишковий прогин, втративши функціональність.

4. Деформаційні характеристики мембран показують, що зменшення товщини мембрани δ впливає на її властивості аналогічно до збільшення безрозмірного початкового прогину ζ_{nc} .

5. На відміну від робочого опорний конус в жодному випадку не повинен входити в режим контрольованої втрати стійкості інакше мембрана втратить функціональність.

6. Математична модель в якісному плані відповідає загальній картині роботи мембран і може використовуватись для удосконалення мембран та пояснення їх роботи.

11.3.5 Vacuum-caps membranes' equilibrium state forms based on the energy criterion

Modern capping elements for glass containers of various capping systems contain membranes specific with a small initial deflection and, depending on their positively or negatively convex state indicate the vacuum presence or absence in the packed container, and, consequently, its tightness [406].

Depending on the glass container size and the mode of heat treatment, the caps are made of different thickness and hardness tin, i.e. tin of different energy levels [407]. In modern science, there are several methods for calculating thin plates. They are presented in [408, 409, 410]. The authors calculate mainly thin flat plates under different types of load. However, thin plates with an initial deflection due to the load applied, making this study subject, have not been considered in those sources.

The thin plates calculation energy method exposed by numerous authors, is widely known and effectively used [411, 412, 413]. The article [414] uses the energy method to solve the local bending problem for a thin-walled cylindrical steel tube with elastic filling under the concentric axial load applied. The problems of calculating thin plates that bear an initial deflection to counteract the load are not reflected in those works.

The study of Volmir A. [415] describes the operation of initially deflected round flexible plates, fixed in various ways, at different, relative to the initial deflection, directions of applied load action. However, it is presented in general form and is not supported with a complete scientific calculation that would describe and explain the membranes operation including the consideration of basic material energy component.

In the study by Timoshenko S. et al. [416], approximate formulas for calculating an uniformly loaded round plate with significant deflections are given. In [417], the

general Lagrangian formulation for flexible plates is considered accordingly to the finite element method for plates under large displacement and rotation applied. The round plates with small displacement studied in our research were not considered therein.

Regarding the metal packaging containers, the vacuum cap membranes operation studies have been carried out. In [406], an equation for the relationship between pressure, geometric parameters, and membrane thickness has been obtained. In [418], described is a simulation as to the deformation behavior of the canned glass containers metal caps membranes during storage and processing of packaged products. On the basis of the obtained scope equation, a computer program has been developed for building the "pressure – deflection" relationship model. Obtained are the membranes deformation characteristics depending on changes in the tin sheet initial deflection and thickness [418]. However, the membrane total energy change during the deformation process, and primarily in the equilibrium states, has not been studied thus implying such study necessity. As a result, certain difficulties arise regarding the elastic plate functional reliability and its design.

This study is purposed to describe the initially deflected round plate's energy change that causes the membranes' stable operation in a given mode.

This study objectives:

1. To solve the equations of local energy effects on the membrane during its operation and to get the membrane system total energy scope equation.
2. To assess experimentally the membrane additional deflection in the working position.
3. To check the obtained equation adequacy for the operation of glass containers metal caps real membranes.
4. To build graphs of the membrane energy levels according to its characteristic equilibrium states.

For experimental studies, we used caps with a "safety button" according to the "twist-off " system [407] with a diameter of 82 mm, produced by the German company Silgan White cap, and used by the EU and Ukrainian canning enterprises.

Structurally, the membranes are designed to operate in a controlled stability loss mode, Figure 1a. The membranes include a support cone of D_3 outer diameter, a working cone of D_2 outer diameter, and a flat section of D_1 diameter. They lose their stability due to the vacuum occurring in the container that causes a pressure drop on the cap field. Further we refer to this pressure drop as to the pressure (applied).

Next to the stability loss, the membrane moves to the stable equilibrium state, Figure 1b. The values of stability loss and shape restoring critical pressure which determine the existing membranes operation interval are generally known and some companies-manufacturers of glassware caps do specify those values

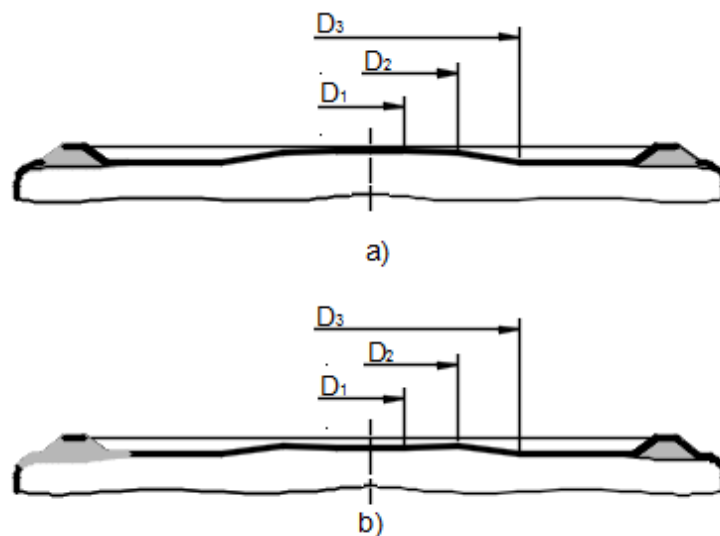


Figure 1. Cap field:

a – membrane non-loaded state; b – membrane stability loss state.

Accordingly, this research object is a glass packaging container with vacuum cap. The research subject represents the flexible membranes of metal caps.

The membrane center additional deflection in the stability loss state was determined experimentally.

The packaging samples have been prepared in production enterprise conditions. The caps were fed to a steam-vacuum capping machine, where they were used to seal glass jars with products in the operating mode. Then the product was cooled reaching the ambient temperature to create a vacuum in the empty container volume, after that the tested sample was ready for experiment.

The round plate potential energy depends on the geometry of its cross-section

(configuration). In the analytical study of the membrane equilibrium state kinds we will adhere to the design scheme, when the membrane working cone is pinched along the contour with a free radial displacement of the contour points, since it is closest to reality (Figure 2). The membrane has an initial deflection f_{in} .

The measurement of membrane center additional deflection in the stability loss state followed such sequential steps.

1. After cooling the product, the capped jar was placed on the indicator device control plate that instrument being adjusted ready for measurements (see paragraph 1-3 below).

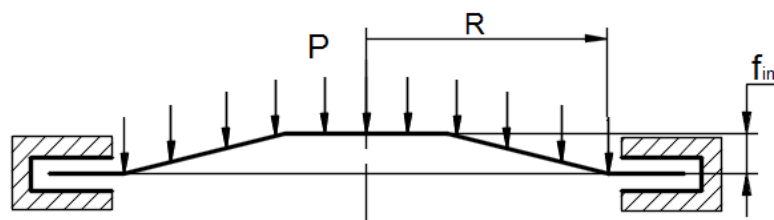


Figure 2. Position fixing diagram: membrane non-loaded state.

2. Using a sharp awl, a hole was pierced in the cap field (not on the membrane). The pressure in the container was compared with atmospheric pressure and the membrane did stepwise return to its original state of equilibrium. At that the indicator arrow deviated from the zero position. The instrumental readings were recorded.

3. Additional deflection of the membrane center in the stability loss state f , measured from the fixing contour plane, Figure 3, was found as the difference between the indicator reading and the membrane center initial deflection.

The membrane fixing contour possible deflection due to the action of vacuum in the container was neglected with respect to its insignificant value in comparison with the functional travel of the membrane center.

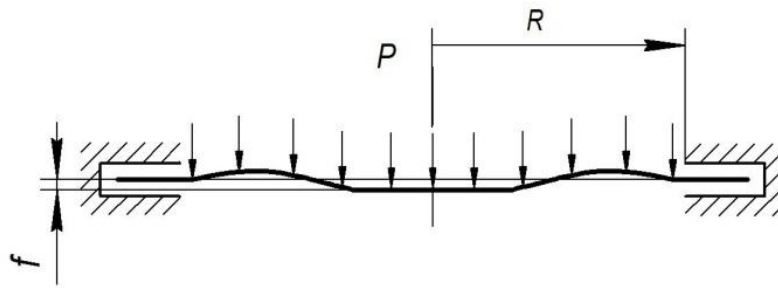


Figure 3. Position fixing diagram: membrane stability loss state

Additional deflection and thickness of the membrane sheet were determined by instrumental methods on real glassware with a cap.

The deflection was measured using an indicator device Figure 4. The metering device consists of a tripod for measuring heads 1, fixed on a horizontal control plate 2 bearing holes for arresters, a clock-type indicator 3, (measurement error 0,01 mm), and two locking arresters 4.

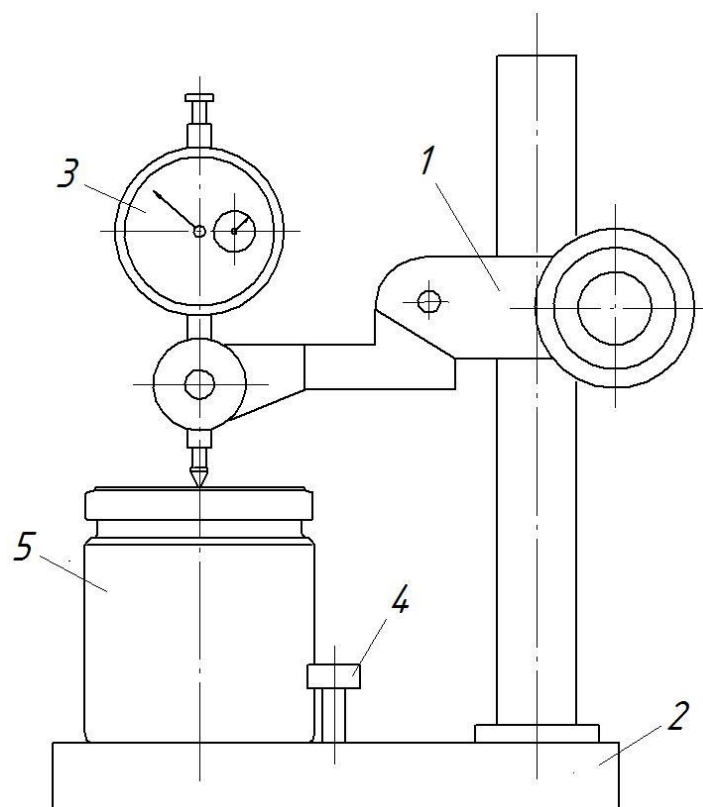


Figure 4. Indicator device. 1 – tripod; 2 - control plate; 3 - dial gauge; 4 - locking stops; 5 – tested sample.

Preparing the device for measurements followed such sequential steps.

1. The tested sample placed its bottom on the control plate, the indicator measuring rod was raised thus the sample was wound up under the measuring head.

2. The indicator tip being brought into contact with the membrane flat section center after that the container position was fixed using two locking arresters, previously installed in the control plate holes suitable for the given container body dimensions.

3. The indicator clip terminal on the tripod released, the indicator measuring tip was adjusted to contact the cap membrane center so that the arrow on its small scale deviated from zero by an integer number of millimeters, but not less than the membrane's initial deflection twice value. Next the indicator was set to zero with fixing its position on a tripod.

Since the tested sample consists of several parts (jar, cap, sealing gasket of the cap) that have their own height tolerance, each sample will have its own height. Suffice to say is that only the glass containers height tolerance can vary between 1-3 mm. Therefore, for each tested sample measurement required is an individual presetting of the device according to procedure preparing the experimental sample.

The tin caps thickness was measured by a micrometer with an error of 0,01 mm.

The membrane equilibrium state kinds' mathematical simulation was performed using the plates and shells theory energy method described by numerous authors [391, 392, 393]. The membranes' operation in the mode of controlled stability loss is closely related to their material energy component, so it is most appropriate to use namely this method. According to the method above, the round plate total energy is represented as the sum of the zero-torque stress state energy, the bending energy, and the work of external pressure.

The membrane energy levels diagrams were built by mathematical modeling using computational methods in the Scilab environment [419, 420].

The experiment used a membrane with parameters $f_{in}=0,25$ mm; tin thickness $\delta=0.18$ mm; membrane fixing contour radius $R=12$ mm, made of low-carbon steel. The measurements results showed that in the stability loss state, the membrane center additional deflection was $f=0,07$ mm, that is significantly less than the membrane center initial deflection $f_{in}=0,25$ mm, Figure 3. That is, as a result of stability loss membrane working cone mirror deformation does not occur.

For a visual interpretation of the membrane operation, the membrane energy levels diagrams were built for its characteristic equilibrium states: loss of stability and load releasing. The energy levels diagrams allowed us to check the research results compliance with the main provisions of theoretical mechanics, in particular the Lagrange-Dirichlet theorem [421].

For calculating the system energy we use the initial equations from the plates and shells theory. The membrane system total energy is found similarly to the axisymmetric bend energy for a circular plate [395]

$$E_t = E_m + E_b - W, \quad (1)$$

where E_m is the stress energy in the membrane middle surface,

$$E_m = \frac{E\delta}{2} \int_0^R \left[\left(\frac{d^2\Phi}{dr^2} \right)^2 + \left(\frac{1}{r} \frac{d\Phi}{dr} \right)^2 - \frac{2\mu}{r} \frac{d\Phi}{dr} \frac{d^2\Phi}{dr^2} \right] 2\pi r dr; \quad (2)$$

E_b is the bending energy,

$$E_b = \frac{D}{2} \int_0^R \left[\left(\frac{d^2\omega}{dr^2} \right)^2 + \left(\frac{1}{r} \frac{d\omega}{dr} \right)^2 - \frac{2\mu}{r} \frac{d\omega}{dr} \frac{d^2\omega}{dr^2} \right] 2\pi r dr; \quad (3)$$

W is the external load work,

$$W = \int_0^R P\omega 2\pi r dr = 2\pi P \int_0^R \omega r dr, \quad (4)$$

where E is the modulus of membrane material normal elasticity;

δ is the membrane (tinplate) thickness;

R is the membrane fixing contour radius;

Φ is the stress function;

r is the membrane current radius;

μ is the membrane material Poisson's ratio;

$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$ is the cylindrical stiffness of the membrane;

ω is the membrane additional current deflection;

P is the pressure (load) applied to the membrane.

Write an expression for $\frac{d\Phi}{dr}$ [415]

$$\frac{d\Phi}{dr} = \frac{Ef^2}{6R} \left(3\frac{r}{R} - 6\frac{r^3}{R^3} + 4\frac{r^5}{R^5} - \frac{r^7}{R^7} \right), \quad (5)$$

where f is the membrane center additional deflection.

We introduce the dimensionless current radius $r_1 = \frac{r}{R}$, then $dr_1 = \frac{dr}{R}$; $\frac{d\Phi}{dr} = \frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dr_1}$;

$$\frac{d^2\Phi}{dr^2} = \frac{1}{R^2} \frac{d^2\Phi}{dr_1^2}.$$

After substituting these references in (5), we get

$$\frac{d\Phi}{dr_1} = \frac{Ef^2}{6} (3r_1 - 6r_1^3 + 4r_1^5 - r_1^7). \quad (6)$$

Respectively

$$\frac{d^2\Phi}{dr_1^2} = \frac{Ef^2}{6} (3 - 18r_1^2 + 20r_1^4 - 7r_1^6). \quad (7)$$

Entering the $R(r_1) = 3r_1 - 6r_1^3 + 4r_1^5 - r_1^7$, we get (6) and (7) respectively in the form

$$\frac{d\Phi}{dr_1} = \frac{Ef^2}{6} R(r_1) \quad \text{and} \quad \frac{d^2\Phi}{dr_1^2} = \frac{Ef^2}{6} \frac{dR}{dr_1}. \quad (8)$$

Write (2) for the dimensionless current radius r_1 , given that for $r=0 \rightarrow r_1 \rightarrow 0$, and for $r=R \rightarrow r_1=1$

$$E_m = \frac{2\pi E\delta}{2} \int_0^1 \left[\frac{1}{R^4} \left(\frac{d^2\Phi}{dr_1^2} \right)^2 + \frac{1}{R^4} \left(\frac{1}{r_1} \frac{d\Phi}{dr_1} \right)^2 - \frac{1}{R^4} \frac{2\mu}{r_1} \frac{d\Phi}{dr_1} \frac{d^2\Phi}{dr_1^2} \right] R^2 r_1 dr_1. \quad (9)$$

After transformations and substitutions of expressions (8), the equation (9) takes the form

$$E_m = \frac{\pi E^3 f^4 \delta}{36R^2} \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dR}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_1} R^2(r_1) - 2\mu R(r_1) \frac{dR}{dr_1} \right] dr_1. \quad (10)$$

Denote the integral part of the equation (10)

$$I_1 = \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dR}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_1} R^2(r_1) - 2\mu R(r_1) \frac{dR}{dr_1} \right] dr_1.$$

Then the equation of membrane middle surface stress energy is

$$E_m = \frac{\pi E^3 f^4 \delta}{36R^2} I_1. \quad (11)$$

Now we consider the bending energy E_b equation (3).

In the case of plate elastic deformation, the approximate expression for additional deflections corresponds to the similar problem solution in the case of a small deflection plate [416],

$$\omega = f \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)^2. \quad (12)$$

Write (12) for the dimensionless current radius r_l

$$\omega = f (1 - r_1^2)^2 = f (1 - 2r_1^2 + r_1^4), \quad (13)$$

$$\frac{d\omega}{dr_1} = 4fr_1(r_1^2 - 1). \quad (14)$$

Entering the $W_1(r_1) = r_1(r_1^2 - 1)$, we get (14) taking the form

$$\frac{d\omega}{dr_1} = 4fW_1(r_1), \quad (15)$$

respectively

$$\frac{d^2\omega}{dr_1^2} = 4f \frac{dW_1}{dr_1}. \quad (16)$$

We write (3) for, the dimensionless current radius r_l , given that for $r=0 \rightarrow r_l \rightarrow 0$, and for $r=R \rightarrow r_l=1$

$$E_b = \pi D \int_0^1 \left[\frac{1}{R^4} \left(\frac{d^2\omega}{dr_1^2} \right)^2 + \frac{1}{R^4} \left(\frac{1}{r_1} \frac{d\omega}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{R^4} \frac{2\mu}{r_1} \frac{d\omega}{dr_1} \frac{d^2\omega}{dr_1^2} \right] R^2 r_1 dr_1. \quad (17)$$

After transformations and substitutions (15) and (16), the equation (17) takes the form

$$E_b = \frac{16f^2\pi D}{R^2} \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dW_1}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_1} W_1^2(r_1) + 2\mu W_1(r_1) \frac{dW_1}{dr_1} \right] dr_1. \quad (18)$$

We denote the integral part of the equation (18)

$$I_2 = \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dW_1}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_{1r}} W_1^2(r_1) + 2\mu W_1(r_1) \frac{dW_1}{dr_1} \right] dr_1.$$

Then the bending energy equation is

$$E_b = \frac{16f^2\pi D}{R^2} I_2. \quad (19)$$

Now we consider the external load work W equation (4).

We write (4) for, the dimensionless current radius r_1 , given that for $r=0 \rightarrow r_1 \rightarrow 0$, and for $r=R \rightarrow r_1=1$, so after substituting (13) and transformations

$$W = 2\pi PfR^2 \int_0^1 (r_1 - 2r_1^3 + r_1^5) dr_1. \quad (20)$$

Then, integrating performed, the external load work equation is

$$W = \frac{\pi PfR^2}{3}. \quad (21)$$

After substituting (11), (19) and (21) into the equation (1)

$$E_t = \frac{\pi E^3 f^4 \delta}{36R^2} I_1 + \frac{16f^2\pi D}{R^2} I_2 - \frac{\pi PfR^2}{3}. \quad (22)$$

We introduce a dimensionless additional deflection of the membrane center $\zeta = \frac{f}{\delta}$ and

a dimensionless pressure (load) on the membrane $P^* = \frac{PR^4}{\delta^4 E}$.

After substituting them in (22) and transformations, we get

$$E_t = \frac{\pi}{R^2} \left[E\delta^5 \frac{\zeta^4}{36} I_1 + 16\delta^2 D \zeta^2 I_2 - E\delta^5 \frac{\zeta P^*}{3} \right]. \quad (23)$$

Now we find integrals I_1 and I_2 . Poisson's ratio for steel $\mu=0.35$.

Integrating I_1 we get

$$I_1 = 48,8167 + 1,7047 + 1,4 = 51,9214.$$

Integrating I_2 we get

$$I_2 = 0,5 + 0,1667 + 0 = 0,6667.$$

To graphically compare the membrane different equilibrium states energy levels we introduce the dimensionless total energy

$$E_t^* = \frac{E_n R^2}{E \delta^5} . \quad (24)$$

After substituting (23) in (24) and calculation carried out, we get

$$E_t^* = 1,4423\zeta^4 + 1,013\zeta^2 - 0,3333P^* \zeta . \quad (25)$$

We reduce equation (25) to the equilibrium equation form. We differentiate equation (25) by $d\zeta$ and equate it to 0. As a result, we get

$$\zeta^3 + 0,3512\zeta - 0,0578P^* = 0 . \quad (26)$$

Substituting the experimentally obtained value of f after stability loss in the equilibrium equation (26), we can obtain the corresponding critical pressure value.

If $f=0,07$ mm, the corresponding dimensionless deflection is $\zeta=0,39$. Expressing from (26) P^* we get

$$P^* = \frac{\zeta^3 + 0,3512\zeta}{0,0578} ,$$

where, for the case under consideration, we get $P_1^*=3,3958$. Accordingly we find P_I from

$$P = \frac{P^* \delta^4 E}{R^4} ,$$

where from, for the case under consideration, we get $P_I=0.0326 \cdot 10^6$ Pa.

The calculated value of P_I is close to the value of cap membranes pressure stability loss $P_I=0,03$ MPa , specified by the jar caps manufacturer [422]. The calculated pressure value P_I deviation from the experimental one may be due to the hardness class of the tin plate used to produce the membrane-equipped cap.

After the stability loss, the membrane shifts to the stable equilibrium state. The measurement results showed that in the stability loss state, the additional deflection of the membrane center $f = 0,07$ mm, significantly less than the initial deflection of the membrane center $f_{in} = 0,25$ mm, Figure 3. That is, as a result of stability loss membrane working cone mirror deformation does not occur.

These additional deflection parameters guarantee the membrane's performance over a wide range of drop between the system's back pressure (in the autoclave) and

the container's internal pressure throughout the entire product heat treatment process. As P_1 hazardous value usually considered is this one greater than 0,07 MPa. Then during sterilization (thermal exposure or cooling start stages), there may be a malfunction of the control button due to the metal elastic deformation transition into plastic one.

The degree of tin hardness is increased to improve its rigidity. Through hardness increasing compensated is the decrease in tin strength which inevitably occurs in the case of the rolled steel thickness decrease. In the range of tin thickness used for caps, the range of hardness changes is constant and narrow.

We shall consider the energy levels of different membrane equilibrium states under two different loads that correspond to critical pressures: stability loss P_1^* and load release P_2^* . They are shown in Figure 5, and are built using the graphically interpreted equation (26) for pressures P_1^* and P_2^* . At values $P_1^* = 3,12$ and $P_2^* = 0,52$, corresponding to $P_1 = 0,03 \cdot 10^6$ Pa and $P_2 = 0,005 \cdot 10^6$ Pa, for the membrane center initial dimensionless deflection $\zeta_{in} = 1,39$, which is defined as $\zeta_{in} = \frac{f_{in}}{\delta}$, and the membrane parameters given above. Other design parameters $\mu = 0,35$; $E = 190 \cdot 10^9$ Pa. Here E and μ correspond to low-carbon steel.

The diagrams show that there is a minimum energy value for both pressures. The pressure P_{1min}^* corresponds to the moment when it causes the center's certain additional deflection, which reached the membrane abruptly loses stability, passing into another, opposite, state of equilibrium (Figure 3). This state corresponds to the center's additional deflection which value was measured using an indicator device.

The pressure P_{2min}^* corresponds to the moment when the membrane, being unloaded, abruptly resumes its shape under its internal energy action, but it does not yet reach the initial state of equilibrium, since $P_{2min}^* \neq 0$.

This type of energy criterion curves for critical pressures fully corresponds to the well-known Lagrange-Dirichlet theorem [421], according to which the main stable

equilibrium state is the plate state corresponding to the pressure P_1^* , since the pressure $P_{1\min}^*$ corresponds to the energy level, minimum relative to other adjacent states.

The membrane initial state when no external load applied, i.e. $P^*=0$, and it is in a state of equilibrium, is taken as zero energy value level. This state is the same for both pressures, since after load full release, the membrane returns to the initial state of equilibrium when the controlled stability loss mode maintained.

Conclusions

1. The equation (26), obtained by solving the local energy effects equations, is a scope equation that characterizes and represents the energy transformations in the membrane body.
2. It is experimentally found that the membrane additional deflection when operational state is significantly less than its initial deflection.

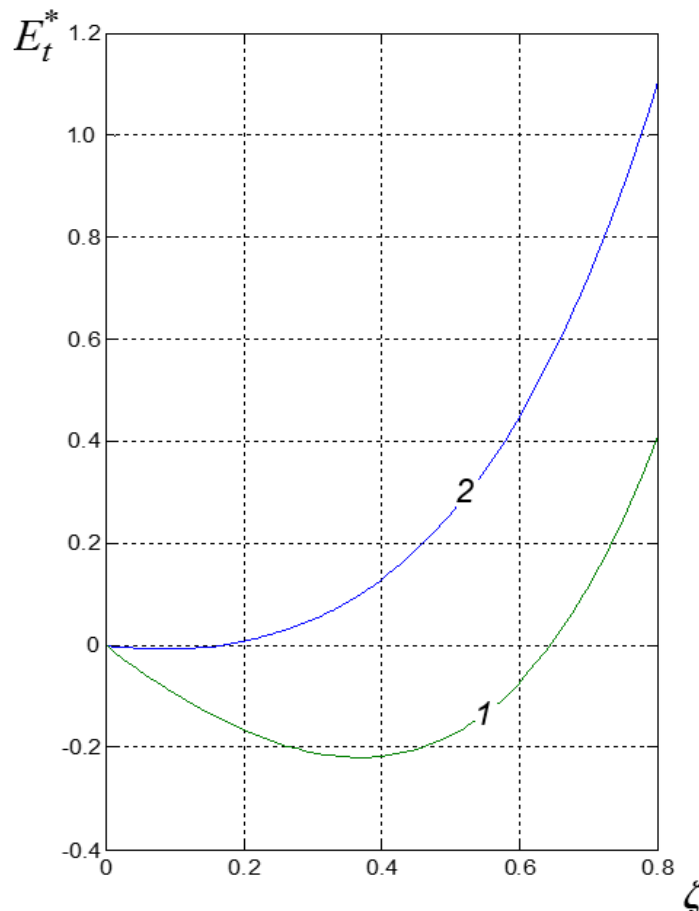


Figure 5. Diagrams of the membrane energy levels: 1 - for the stability loss pressure P_1^* ; 2 - for the load release pressure P_2^* .

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

3. The quoted calculation demonstrates the resulting scope equation's adequacy to the initially bent real metal plates in case of load counteracting the initial deflection, in particular for glass canning containers' metal caps membranes

4. The membrane energy levels diagrams obtained using equation (26) for characteristic equilibrium states are correct and agree with the Lagrange-Dirichlet theorem. Therefore, the equation (26) can be used in the industry manufacturing the canned food products metal packaging materials, as well as in the instrument building industry.

5. The round elastic plate controlled stability loss computational mode has been build, checked and developed.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.1.12.1

12.1 Вирощування ремонтних телиць м'ясних порід

Одним з найважливіших завдань агропромислового комплексу України є збільшення виробництва м'яса. У загальному балансі м'яса провідне місце займає яловичина, на частку якої доводиться близько 50 %. Вирішенню проблеми забезпечення потреб населення України у високоякісній яловичині важлива роль належить спеціалізованому м'ясному скотарству [423, 425, 427]. Однак чисельність худоби м'ясних порід залишається незначною і подальшого її зростання не спостерігається. Однією із причин є екстенсивна технологія вирощування ремонтних телиць, які досягають парувального віку у 2-3 роки, що уповільнює ріст поголів'я м'ясної худоби. Ефективність же галузі у значній мірі залежить від системи вирощування ремонтного молодняка і комплектування стада [428, 429, 430, 431].

Одним з головних резервів підвищення ефективності м'ясного скотарства є інтенсифікація відтворення стада.

У м'ясному скотарстві встановлено, що оптимальним строком парування цих телиць є вік у межах 22-27 місяці, що знижує ефективність м'ясного скотарства [432, 433]. Щодо середньскоростиглих і скоростиглих порід, як абердин-ангуська, герефордська, знам'янський внутріпородний тип поліської м'ясної породи, то їх відтворювальна здатність є мало дослідженою [424, 434, 435-437]. Донині немає єдиної думки і економічного обґрунтування доцільності інтенсивного вирощування телиць цих порід і типу від відлучення і до парування. Тому проблема прискореного розвитку м'ясного скотарства за рахунок раціонального вирощування і використання ремонтних телиць м'ясних порід є актуальною, а її рішення має велике народно-господарче значення.

Дослід було проведено на 4 групах ремонтних телиць знам'янського внутріпородного типу поліської м'ясної породи - 12 голів у кожній. За період (до 8 місяців) телиці знаходилися на підсосі. З 3-4 місячного віку телят

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

підгодовували концентрованими кормами (до 1 кг на голову). Влітку тварини знаходилися на пасовищі, а взимку у раціонах тварин максимально використовувалися дешеві місцеві корми: сіно, пшенична солома, а також комбікорми.

Телиці всіх дослідних груп після відлучення вирощувалися за рівнем інтенсивності: I контрольної групи - 1,57; II - 1,46; III - 1,75; IV - 1,64: коефіцієнт, отриманий на базі експериментальних даних. Раціон телиць у всіх групах, як за набором кормів, так і за їх якістю був ідентичним і збалансованим за всіма поживними речовинами, згідно нормам годівлі молодняка і був розрахований на отримання середньодобового приросту живої маси від телиць I групи - 400 г, II - 300 г, III - 700 г і IV – 600 г.

Використання енергії корму в організмі телиць. Найвищі показники доступної обмінної енергії (ДОЄ) на підтримку встановлені в III і IV групах 43,0 МДж і 41,9 МДж, а найменші - у першій і другій – 40,6 і 39,6 МДж, але з виходом на пасовище ці показники в I, II і IV групах зросли на 11, 7,9, 11,8 МДж відповідно.

Аналогічним чином змінювалася і величина чистої енергії підтримки. У III і IV групах вона склала 12,4 і 10,0 МДж, що перевищувало значення даного показника в зимовий період тварин I групи на 3,5 і 1,1 МДж. На підставі цих показників обчислена кількість енергії корму, необхідної для підтримуючого обміну. Найвища кількість енергії корму в зимовий період спостерігалася у III і IV групах - 1,75 і 1,67, тоді як у I – 1,64 і II – 1,62, оскільки тварини цих груп у перший зимовий період споживали менше доступної для обміну енергії на добу. При цьому інтенсивність вирощування у цих же груп і була відповідно нижчою.

Схожа тенденція за кількістю енергії корму, необхідної для підтримуючого обміну і ефективності використання енергії у ремонтних телиць виявлялася і в літній період, але у меншій мірі, що очевидно, обумовлено невеликою різницею в споживанні ДОЄ і сухої речовини кормів тваринами контрольної і дослідних груп, у зв'язку з високою біологічною цінністю і споживанням зелених кормів.

За період від 8 місяців і до парування висока кількість енергії корму,

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

необхідної для підтримуючого обміну, була у тварин III і IV груп, – 1,75 і 1,64, тоді як в I – 1,57, в II – 1,46, що більше на 11,4 і 4,6%, а в II групі, навпроти, менше на 7,0%, ніж у I групі.

Таким чином, аналіз витрачених кормів свідчить про ефективність запропонованої системи високо- і помірно- інтенсивного вирощування телиць знам'янського типу, за умови якої значно знижується витрата кормів і у більш повній мірі використовуються генетичні можливості тварин.

Ріст і розвиток телиць. Телиці з різною інтенсивністю вирощування мали неоднакову живу масу, найбільший цей показник був у телиць III і IV груп (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка живої маси телиць, кг $\bar{X} \pm S\bar{x} \pm Sx$

Вік, міс.	Група			
	I	II	III	IV
На час народження	28,8±0,41	28,7±0,14	28,9±0,57	28,8±0,73
8	237,0±0,96	239,1±0,63	240,0±1,28	238,1±0,71
12	290,4±1,33	280,2±1,20***	330,0±2,18***	315,0±2,88***
15	335,0±3,94	320,2±3,61**	385,0±4,04***	365,0±4,45***
18	363,0±4,35	338,7±6,12**	421,8±5,33***	399,3±6,00***
20	384,0±6,29	357,9±7,10***	448,0±6,73***	423,0±6,40***
23	410,6±6,58	381,7±7,16**	480,5±7,33***	453,0±6,70***
Коефіцієнт росту				
0-15	11,96	11,15	13,32	12,67
0-23	14,26	13,30	16,62	15,73

Жива маса телиць на час народження не відрізнялася, але підгодівля у період підсису і наступне їх інтенсивне вирощування обумовило отримання високої живої маси тварин III і IV груп. Так, у 15-місячному віці перевага телиць III групи за цим показником порівняно з контрольною (I) становила 50 кг (14,9%, $P \geq 0,999$), IV - відповідно 30 кг (8,9%, $P \geq 0,999$), а II група, напроти, була меншою на 14,8 кг ((4,4%, $P \geq 0,99$). Це підтверджується показниками коефіцієнта росту. Від народження до 15 місячного віку за цим показником телиці III і IV груп перевершували аналогів контрольної на 11,4 і 5,94%. Перевагу по живій масі

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

інтенсивно вирощені телиці зберігали до 23 – місячного віку і переважали ровесниць контрольної групи на 16,5 і 10,3%.

У всі вікові періоди за абсолютними приростами телиці III і IV дослідних груп перевершували аналогів контрольної групи. Найзначніше зростання абсолютних приростів відзначалося до 8- місячного віку. За весь період вирощування тварини III і IV дослідних груп за цим показником переважали ровесниць контрольної групи на 70,4 і 43,0 кг (18,5 і 11,3 %, $P \geq 0,999$). Друга група, навпроти, була менше на 28,2 кг (7,4%, $P \geq 0,999$).

Високі середньодобові прирости в усіх дослідних групах були в молочний період вирощування: від народження і до відлучення (853,3-865,0 г). У цей період телята знаходилися на підсисі і вирощувалися за технологією м'ясного скотарства. В післямолочний період у всіх групах прирости знизилися. Але відмічається перевага у тварин III і IV груп. Так, у період 8-12 місяців, вони перевершували аналогів I контрольної групи на 300,2 і 192,7 г (68,6 і 44,0%, $P \geq 0,999$). Також прирости знизилися і в період 15-18 місяців у тварин усіх груп, який збігається зі статевою активністю телиць.

За період вирощування, від народження і до парування, інтенсивно вирощені телиці III і IV груп мали середньодобовий приріст -780,0 і 731,0 г, що на 197 г (34%, $P \geq 0,999$) и 148 г (25,4%, $P \geq 0,999$), більше приростів аналогів контрольної групи.

Телиці III і IV дослідних груп відрізнялися від аналогів I та II груп за висотними промірами, а за формою будови тіла відповідали вимогам типу м'ясних тварин. Порівняно з телицями I і II груп у них краще були розвинуті груди, спина, попереки. За величиною промірів між групами відзначена різниця, яка з віком збільшувалася. У 15-місячному віці дослідні телиці III і IV груп за більшістю промірів переважали ровесниць I і II груп і були крупнішими, мали більш широкий і глибокий тулуб.

Індекси довгоногості, перерослості з віком зменшувалися, а розтягнутості, масивності та тазо-грудний – збільшувалися у телиць всіх груп. Телиці ставали більш компактними, з розвинутим кістяком і подовженим тулубом. Індекс

костистості, який характеризує розвиток кістяка і, зокрема, ступінь міцності кінцівок, був вищим у телиць III і IV дослідних груп, порівняно з I контрольною групою на 0,9-0,6%. Менша величина цього індексу в II-й групі вказує на нижній кістяк і перерозвиненість тварин.

Комплексна оцінка телиць. З отриманих даних бонітування інтенсивно вирощені дослідні тварини III і IV груп належали до комплексного класу еліта і еліта-рекорд. Телиці цих груп мали високу бальну оцінку - 88,1 і 79,1, що перевершує ровесниць контрольної групи на 20,8 і 11,8 бала (30,9 і 17,5%).

Телиці III групи за показниками живої маси у 15-місячному віці перебільшували вимоги класу еліта-рекорд на 7%. Така висока жива маса телиць у молодому віці свідчить про скоростиглість тварин знам'янського внутріпородного типу поліської м'ясної породи при відповідних умовах годівлі і утримання.

Характеристика відтворної здатності телиць і первісток. Встановлено, що телиці III і IV дослідних груп на 4-5 місяців були молодшими, ніж I контрольна, і на - 7-8 місяців, ніж II-га дослідна група на час плідного парування, що свідчить про вищу скоростиглість інтенсивно вирощених телиць. Між телицями, вирощеними за умови різної інтенсивності спостерігаються деякі відмінності за показниками відтворювальної здатності (табл. 2).

Жива маса телиць на час плідного парування була практично однаковою, але телиці III і IV груп за умови більш інтенсивного вирощування досягли її раніше. І відповідно, від них значно раніше був одержаний приплід. Так, телиці I контрольної групи досягли такої живої маси у 20 місяців і були запліднені. Парування телиць II групи було здійснено у віці 23 місяці з живою масою 382,0 кг. Найвищою заплідненістю від першого парування характеризувалися телиці III та IV групи у порівнянні з контрольною на 6 і 2,9%. Належної різниці у тривалості тільності між тваринами різних груп не виявлено. Жива маса на час отелення була також вищою в інтенсивно вирощених телиць на 23,3 кг (5%, $P \geq 0,95$) і 4,6 кг (1%).

Показники відтворювальної здатності телиць
у залежності від різної інтенсивності вирощування, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Показник	Група			
	I	II	III	IV
Жива маса (кг): на час виявлення першої охоти	227,3±1,20	231,5±1,47	222,3±1,65	228,4±1,63
при плідному паруванні	384,0±6,29	382,0±7,72	386,0±3,21	385,3±4,05
Заплідненість від першого парування, %	70,0	66,0	76,0	72,9
Середньодобовий приріст від відлучення до парування, г	402,0±16,28	312,0±16,23**	684,0±11,96***	603,0±13,95***
Тривалість тільності, діб	282,0±0,25	283,0±0,52	282,0±0,55	280,0±1,36
Жива маса на час отелення, кг	465,8±6,26	445,8±7,56*	489,1±6,29*	470,4±6,35

Як показало порівняльне вивчення материнських якостей первісток, які вирощувалися за умови різної інтенсивності, збереженість телят була високою у всіх групах, але у інтенсивно вирощених дослідних групах вона була вищою на 1-0,5% (табл. 3).

За виходом телят на час відлучення з розрахунку на 100 корів, тварини інтенсивно вирощених III і IV дослідних груп переважали ровесниць контрольної групи на 2,5 і 2,1%. Жива маса телят у 8-місячному віці також була найбільшою у первісток III і IV груп. Так, молодняк за цим показником перевершував аналогів I контрольної групи на 16,6 і 15,1 кг (7,15 і 6,5%, $P \geq 0,95$).

Таблиця 3

Характеристика материнських якостей первісток

Показник	Група			
	I	II	III	IV
Збереження телят у перший місяць життя, %	94,5	92,0	95,5	95,0
Вихід телят на 100 корів, %	93,5	91,0	96,0	95,6
Відмова від теляти, голів	-	1	-	-
Жива маса телят у 8-місячному віці, кг	232,3±5,13	230,6±4,68	248,9±5,01*	246,2±5,08*

У м'ясному скотарстві основним завданням є одержання від кожної корови та статевозрілої телиці одного теляти за рік у визначений сезон з інтервалом між отеленнями не більше 365 діб. Дані, які характеризують відтворювальну здатність первісток за різної інтенсивності вирощування, наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Характеристика відтворювальної здатності первісток за різної інтенсивності вирощування

Показник	Група			
	I	II	III	IV
Перебіг отелень, %: легких (без допомоги), гол	10,0	9,0	12,0	12,0
%	91,0	90,0	100	100
важких(з наданням допомоги), гол	1	1	-	-
%	9,0	10,0	-	-
Жива маса на час народження, кг	29,0±0,66	28,5±0,63	31,0±0,49	29,8±0,64

Первістки з різною інтенсивністю вирощування всіх груп характеризувалися більшою кількістю легких отелень. Переважна більшість легких отелень у первісток знам'янського м'ясного типу, очевидно, пов'язана з використанням абердин-ангуської породи, яка характеризується легкістю

отелень. Більш вищою живою масою на час народження відмічалися телята, отримані від первісток третьої та четвертої груп. Суттєвої різниці за цим показником не встановлено. Гибель під час отелення приплоду або матері не виявлено.

Таким чином, за всіма показниками відтворювальної здатності первістки, вирощені за умови високої і помірної інтенсивності, дослідних (III і IV) груп мали значну перевагу над групами, які знаходилися на нормованій і низькій інтенсивності вирощування.

Молочність первісток. Первістки з різною інтенсивністю вирощування збільшували молочність до третього місяця лактації. Помісячна молочність була високою у первісток всіх дослідних груп. За 8 місяців лактації високо- і помірно-інтенсивно вирощені телиці III і IV груп за цим показником переважали ровесниць I-ї групи на 68,3 кг (5,9%) і 33,4 кг (2,9%). Найвищу добову молочність спостерігали у первісток цих же груп (209,5 і 207,0 кг) на третьому місяці лактації.

Інтенсивне вирощування позитивно впливає на молочність первісток, так вона була на 5,93 и 2,90% більше, ніж у ровесниць, котрі знаходилися на низькому рівні вирощування і коливалась у межах 1190 - 1220 кг, що позитивно вплинуло на інтенсивність росту їх приплоду.

Лінійна оцінка екстер'єру первісток. За шкалою оцінки конституції та екстер'єру первістки III і IV груп належали до класу еліта-рекорд и перевершували ровесниць контрольної групи на 16,26 (20,3%, $P \geq 0,95$) і 10,01 бала (12,5%).

Таким чином, інтенсивне вирощування і раннє парування негативно не вплинули на екстер'єрно-конституційні особливості первісток.

Встановлена ефективність інтенсивного вирощування ремонтних телиць м'ясних порід, яка дозволяє скоротити вік плідного парування і отелення на 7-8 міс, ніж практикується у господарствах. Визначені оптимальні строки парування ремонтних телиць м'ясних порід. Так, інтенсивне вирощування телиць дозволяє проводити парування в 15-16 місяців за умов досягнення живої маси 385 кг.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND AGRICULTURE

Отримані результати є значним внеском в удосконалення теорії і практики вирощування ремонтних телиць м'ясних порід.

Результати проведених досліджень свідчать, що застосування високої (1,75) і помірної (1,64) інтенсивності вирощування телиць після відлучення прискорює зміну поколінь і темпи селекції, покращує відтворювальну здатність і продуктивність корів. Інтенсивне вирощування телиць дозволяє введення їх в основне стадо на 7-8 місяців раніше строків, що практикуються, і це значно підвищує ефективність ведення м'ясного скотарства. Отримані дані можуть бути використані у процесі створення високопродуктивних стад знам'янської худоби.

REFERENCES

1. Нетужилова Н. В. Особливості реструктуризації та перепланування промислових будівель і споруд у містах Західної України (на прикладі м. Львова) // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2011. – Вип. 27. – С. 250-256.
2. Базюк Д.Б., Баб'як В.І., Вознюк Л.І. Реконструкція недіючих промислових об'єктів та зміна їхнього функціонального призначення // Науковий огляд. – 2020. – Вип. 3 (66). – С. 37-47.
3. Швець В. В. Реновація виробничих, промислово-складських зон з метою їх ефективного використання / В. В. Швець, Ю. В. Гордійчук // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р.
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ, ДП „УкрНДНЦ”, 2017.
5. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. – Київ, Мінрегіон України, 2014.
6. Kornylo, I., O. Gnyp, and M. Lemeshev. "Scientific foundations in research in Engineering." (2022).
7. Beresjuk, O., M. Lemeschew, and M. Stadnijschuk. "Prognose des volumens von gebäudeabfällen." Theoretical and scientific foundations in research in Engineering. 1.1: 13–19. (2022).
8. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and K. Sivak. "Features of the use of industrial waste in the field of building materials." Scientific foundations in research in Engineering. 1.2: 25–32. (2022).
9. Kornylo, I., O. Gnyp, and M. Lemeshev. "Scientific foundations in research in Engineering." (2022).
10. Boiko, T., et al. Theoretical foundations of engineering. Tasks and problems. Vol. 3. International Science Group, 2021.
11. Wójcik, Waldemar, and Małgorzata Pawłowska, eds. Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals. Routledge, 2021.
12. Bereziuk, O., M. Lemeshev, and D. Cherepakha. "Forecasting the volume of construction waste." (2021).
13. Demchyna, B., et al. Scientific foundations of solving engineering tasks and problems. Vol. 2. International Science Group, 2021.
14. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
15. Hnes, L., S. Kunytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).

16. Bereziuk, O., M. Lemeshev, and A. Cherepakha. "Ukrainian prospects for landfill gas production at landfills." *Theoretical aspects of modern engineering*: 58-65. (2020).
17. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsiannykova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
18. Lemeshev, M., O. Khrystych, and D. Cherepakha. "Perspective direction of recycling of industrial waste in the technology of production of building materials." (2020).
19. Березюк О.В. Визначення параметрів машин для поводження з твердими відходами : монографія /О.В. Березюк, М.С. Лемешев // Omni Scriptum Publishing Group, 2020. – 61 с.
20. Лемешев М.С., Сівак К.К., Стаднійчук М.Ю. Особливості використання промислових техногенних відходів в галузі будівельних матеріалів // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2020. № 2. С. 24-34.
21. Лемішко К. К. Жаростійке в'яжуче з використанням відходів промисловості. / Лемішко К. К., Лемешев М. С. // *Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених science on civil protection as a way of becoming young scientists*, 2019, 154.
22. Сердюк, В. Р. "Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва." (2009).
23. Лемешев М. С. Ніздрюваті бетони з використанням промислових відходів / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // *Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2017 : материалы международной научно-практической Интернет-конференции*. – Москва : SWorld, 2017.
24. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Передумови активації золи-винесення відходами глиноземного виробництва // *Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта 2005”*. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – Том 55. – С. 31-32.
25. Лемешев М. С. Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // *Сборник научных трудов SWorld*. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – № 1 (38). Том 13. Искусствоведение, архитектура и строительство. – С. 111-114.
26. Ковальський В.П. Застосування червоного бокситового шламу у виробництві будівельних матеріалів // *Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури*. – 2005. – № 1 (49). – С. 55-60.
27. Сердюк, В. Р. "Об'ємна гідрофобізація важких бетонів." (2009).
28. Лемешев, М. С., and О. В. Березюк. "Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання." *Вісник Сумського національного аграрного університету*.№ 10: 57-62. (2015).

29. Сердюк, В. Р. "Радіозахисні покриття варіатропної структури із бетела-м." (2008).
30. Лемешев М.С., Березюк О.В. Антистатичні покриття із електропровідного бетону // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2017. № 2. С. 26-30.
31. Сердюк, В. Р. "Формування структури анодних заземлювачів з бетелу-м для систем катодного захисту." Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Вип. 35: 99-104. (2010).
32. Лемешев, М. С. "Формування структури електропровідного бетону під впливом електричного струму." Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науковотехнічний збірник.–Вінниця: УНІВЕРСУМ (2006): 36-41
33. Сердюк, В. Р. "Технологические приемы повышения радиопоглощающих свойств изделий из бетэлам." Строительные материалы и изделия. № 5: 2-6. (2005)
34. Лемешев М.С., Березюк О.В. Електротехнічний бетон для виготовлення анодних заземлювачів // Інтелектуальний потенціал ХХІ століття '2017: матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 14-21 листопада 2017 р. – Одеса: SWorld, 2017.
35. Лемешев, М. С. "Розробка радіозахисних будівельних матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: ВНТУ, 2006, 244-250.
36. Лемешев, М. С. "Теоретические предпосылки создания радиопоглощающего бетона бетэла-м." Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури 1: 60-64. (2005)
37. Сердюк, В. Р. "Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона." Строительные материалы и изделия 4 (2005): 8-12.
38. Лемешев, М. С. "Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки." Череповецкий государственный университет, 2014.
39. Лемешев М.С. Електропровідні бетони для захисту від статичної електрики // Перспективні досягнення сучасних вчених: матер. наук. симп., 19-20 вер. 2017 р. Одеса. 5 с.
40. Сердюк, В. Р., "Радіопоглинаючі покриття з бетелу-м." Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. № 12: 62-68. (2005).
41. Лемешев, М. С. "Антистатичні покриття із бетелу-м." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: 217-223. (2004).
42. Сологуб, В. В. "Использование отходов металлообработки в бетонах специального назначения." Череповецкий государственный университет, 2012.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

43. Лемешев, М. С. "Электропроводные металлонасыщенные бетоны полифункционального назначения." Тюменский индустриальный университет, 2016.
44. Мороз, Л. В. "Электропроводный бетон для антикоррозионной защиты трубопроводов." Тюменский индустриальный университет, 2010.
45. Лемешев, М. С., Сівак, К. К., Стаднійчук, М. Ю. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44
46. Титов, В. В. "Композиционные электропроводные материалы для изготовления строительных изделий специального назначения." Тюменский индустриальный университет, 2015.
47. Лемешев, М. С. Радиозащитные металлонасыщенные бетоны. Одесская государственная академия строительства и архитектуры, 2005.
48. Черепаха, Д. В. Електротехнічний бетон спеціального призначення. ВНТУ, 2020.
49. Фесенко, Д. Е. Теория архитектурного процесса: контуры новой парадигмы / Д. Е. Фесенко. – М.: «Журнал «Архитектурный вестник». – 2010. – 240 с.
50. Лаврик Г.И. Методологические основы районной планировки. Введение в демоэкологию: Учебник для вузов / Г.И. Лаврик. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – 118 с.: ил.
51. Лаврик Г.І. Основи системного аналізу в архітектурних дослідженнях і проектуванні: підручник для студ. вищ. навч. закладів / Г.І. Лаврик; Українська академія архітектури. – К.: КНУБА, 2002. – 138 с.
52. Михайлов Б.П. Некоторые вопросы теории архитектурной композиции // Новые архитектурные решения зданий и комплексов: Сб. статей под общ. ред. проф. Б.П. Михайлова. – М. «Высшая школа», 1964. – С. 4 – 17.
53. Оболенский Н.В. Светотехнические аспекты инсоляции и солнцезащиты в строительстве: Дис... докт. техн. наук. – М., 1983.
54. Оболенский Н.В. Световая среда и архитектурная композиция // Светотехника. – 1974, № 9. – С. 7 – 12.
55. <https://ourworldindata.org/water-use-stress#freshwater-use-by-region>
56. Managing Urban Stormwater: Harvesting and reuse (PDF) (Report). Sydney, Australia: New South Wales Department of Environment and Conservation. 1 April 2006. ISBN 1-74137-875-3.
57. Bagel, Ravi; Stepan, Lea; Hill, Joseph K.W. (2017). Water, knowledge and the environment in Asia : epistemologies, practices and locales. London. ISBN 9781315543161.

58. "Rainwater Harvesting for Livestock". www.ntotank.com. Retrieved 2018-11-21.
59. Zhu, Qiang; et al. (2015). Rainwater Harvesting for Agriculture and Water Supply. Beijing: Springer. p. 20. ISBN 978-981-287-964-6.
60. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / Rybalova, O. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies. 2018. № 2(10 (92)). P.p. 4-17.
61. Nanbakhsh H., Kazemi-Yazdi S., Scholz M. Design comparison of experimental storm water detention system treating concentrated road runoff. Science of the Total Environment. 2001. Vol. 380. P.p. 220–228.
62. Kinkade-Levario, Heather (2007). Design for Water : Rainwater Harvesting, Stormwater Catchment, and Alternate Water Reuse. Gabriola Island, B.C.: New Society Publishers. p. 27. ISBN 978-0-86571-580-6.
63. Brannvall E. Improvement of storm water runoff treatment system with natural mineral sorbent. Geologija. Vilnius. 2007. Vol. 59. P.p. 72–76.
64. Impact assessment of highway drainage on surface water quality / M. Bruen, [etal.]. Wexford, Environmental Protection Agency. 2006. 272 p.
65. Rural Water Supply Network. "Rural Water Supply Network Self-supply site". www.rural-water-supply.net/en/self-supply. Retrieved 2017-03-19.
66. Гелетуха Г.Г., Т.А. Железна Т.А. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні . Промышленная теплотехника. 2017. Т. 39, № 2, С. 60-64.
67. Бегун С.В. Розвиток біоенергетики в Україні: застосування досвіду ЄС. Енергетична та техногенна безпека. Серія «Національна безпека». 2020. № 28. С. 1-19.
68. Kaletnik G., Pryshliak N. Bioenergy potential development of the agrarian sector as a component of sustainable development of Ukraine. Management mechanisms and development strategies of economic entities in conditions of institutional transformations of the global environment: collective monograph. Edited by M. Bezpartochnyi, in 2 volumes. 2019. P. 96-104.
69. Kaletnik H., Pryshliak V., Pryshliak N. Public Policy and Biofuels: Energy, Environment and Food Trilemma. Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. Volume X, 3 (35). P. 479-487..
70. Лутковська С. М., Зеленчук Н. В. Розвиток біоенергетики в Україні – енергетична та економічна безпека в умовах сталого розвитку. Ефективна економіка. 2021. № 12, С. 46-53.
71. Казак В. М. Надійність та діагностика електрообладнання: навч. посіб. / В. М. Казак, Б. І. Доценко, В. П. Кузьмін. – Київ: НАУ, 2013. – 280 с.
72. Куценко Г. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок: практическое пособие / Г. Ф. Куценко. – Мн.: Дизайн ПРО, 2006. – 472 с.

73. Алтухова Т. В. Обґрунтування раціональної структури діагностування електромеханічного обладнання вугледобувних підприємств та визначення його оптимальної оцінки залишкового ресурсу / Т. В. Алтухова // Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського». Серія «Технічні науки». – 2018. – Том 29 (68), № 1 (Частина 3). – С. 1-6.
74. Захаров О. Г. Поиск дефектов в релейно-контакторных схемах / О. Г. Захаров. – М.: НТФ «Энергопресс», 2010. – 96 с..
75. Сви П. М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения / П. М. Сви. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
76. Смагин С. В. Методы оценки значений параметров модели медицинской диагностики: автореф. дис. канд. наук: 05.13.18 / Смагин С. В. – Владивосток, 2012 г. – 20 с.
77. Хальясмаа А. И. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 64 с.
78. Randall R. B. Vibration-based condition monitoring: industrial, aerospace and automotive applications / R. B. Randall. – Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2011.
79. Корнев Д. А. Исследование алгоритмов работы информационной системы с использованием математического аппарата сетей Петри / Д. А. Корнев, Е. Ю. Логинова // Электронный журнал Cloud of Science. – 2014. – Т. 1. № 2. – С. 318-326
80. Шестаков А. М. Моделирование программы таксономии технологий изготовления деталей машиностроительного профиля с помощью сетей Петри / А. М. Шестаков // Программные продукты и системы. – 2014. – №2 – С. 161-164
81. Громов Ю. Ю. Моделирование протокола взаимодействия TLS на основе сети Петри при реализации защищенных соединений / Ю. Ю. Громов, А. В. Яковлев, Ю. В. Минин, Е. О. Васюкова // Вестник ВГТУ. – 2014. – Том 10, №2. – С. 19-23
82. Колоденкова А. Е. Моделирование процессов создания и оценки реализуемости информационно-управляющих систем мехатронных комплексов / А. Е. Колоденкова, В. В. Коробкин, А. П. Кухаренко // Известия ЮФУ. Серия «Технические науки». – 2015. – №10 (171). – С. 117-128.
83. Еремеев Б. Н. Разработка программного комплекса для моделирования параллельных процессов работы сердца / Б. Н. Еремеев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014 г. – 4/9 (70). – С. 42-46.
84. Смагин С. В. Методы оценки значений параметров модели медицинской диагностики: автореф. дис. канд. наук: 05.13.18 / С. В. Смагин // Владивосток, 2012 г. – 20 с.

85. Новикова Е. И. Анализ и алгоритмизация процесса диагностики острого панкреатита на основе имитационного моделирования / Е. И. Новикова // Вестник ВГТУ. – 2011 г. – Том 7, №1. – С. 117-120.
86. Ханова А. А. Моделирование конфигурации сложных систем на основе сетей Петри / А. А. Ханова, А. А. Мунтянова, К. И. Аверьянова // Научный вестник НГТУ. – 2018. – Том 71, № 2. – С. 39-58. DOI: 10.17212/1814-1196-2018-2-39-58
87. Ломазова И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой / И. А. Ломазова. – М.: Научный мир, 2004. – 208с.
88. Трухин М. П. Моделирование сигналов и систем. Сетевые модели: учебное пособие / М. П. Трухин. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 204 с.
89. Котов В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – М.: Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1984. – 160 с.
90. Питер Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. / Дж. Питер. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
91. Лескин А. А. Сети Петри в моделировании и управлении / А. А. Лескин, П. А. Мальцев, А. М. Спиридонов. – Л.: Наука, 1989. – 133 с.
92. Lavi U. The Influence of Visualization of Sorts on Computer Science Students' Formal Understanding Using Timed Browser (*TB). *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015. 209. pp. 290–296.
93. Leger P., Bergel A., Alcocer J.P.S., Merino L. Introduction to Special Issue on Visualization Applied to Software Engineering. *Information and Software Technology*. 2023. 155. 107118.
94. Yohannis A., Prabowo Y. Sort Attack: Visualization and Gamification of Sorting Algorithm Learning. 7th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS–Games), 16-18 September 2015. Skovde, Sweden, 2015. pp. 1–8.
95. Ozana S., Slanina Z. STD Approach for Simulation, Control and Visualization of Color-sorting Machine. *IFAC Proceedings Volumes*. 2010. 43(24). pp. 276–279.
96. Towards a better understanding of the role of visualization in online learning: A review / Zhang G. et al. *Visual Informatics*. 2022. 6(4). pp. 22–33.
97. Nagar D., Ramu P., Deb K. Visualization and analysis of Pareto-optimal fronts using interpretable self-organizing map (iSOM). *Swarm and Evolutionary Computation*. 2023. 76. 101202.
98. Tušar T., Filipič B. Visualization of Pareto Front Approximations in Evolutionary Multiobjective Optimization: A Critical Review and the Projection Method. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 2015. 19(2). pp. 225–245.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

99. He Z., Yen G.G. Visualization and Performance Metric in Many-Objective Optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 2016. 20(3). pp. 386–402.
100. Medeiros R., Martinez J., Díaz O., Falleri J.-R. Visualizations for the evolution of Variant-Rich Systems: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*. 2023. 154. 107084.
101. Visual requirements analytics: a framework and case study / Reddivari S. et al. *Requirements Engineering*. 2014. 19. pp. 257–279.
102. Fregnan E., Fröhlich J., Spadini D., Bacchelli A. Graph-based visualization of merge requests for code review. *Journal of Systems and Software*. 2023. 195. 111506.
103. Software visualization today: Systematic literature review / Mattila A.L. et al. *Academic Mindtrek '16: Proceedings of the 20th International Academic Mindtrek Conference, October 17-18 2016. Tampere, Finland, 2016*. pp. 262–271.
104. Diehl S. Software visualization. *Conference: 27th International Conference on Software Engineering (May 15-21, 2005). St. Louis, Missouri, USA*. pp.718-719.
105. Cook K.A., Thomas J.J. Illuminating the path: The research and development agenda for visual analytics. *Pacific Northwest National Lab., Richland, WA (United States)*. 2005.
106. Mens T., Demeyer S. *Software Evolution*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2008. 347 p.
107. A novel method for improvement of visualization of power spectra for sorting cryo-electron micrographs and their local areas / Jonić S. et al. *Journal of Structural Biology*. 2007. 157(1). pp. 156–167.
108. Sutopo H. Selection sorting algorithm visualization using flash. *The International Journal of Multimedia & Its Applications*. 2011. 3(1). pp. 22–35.
109. Faria B. *Visualizing sorting algorithms*. Rhode Island College. 2017. 73 p.
110. Dreef K., Palepu V.K., Jones J.A. Exploring granular test coverage and its evolution with matrix visualizations. *Information and Software Technology*. 2023. 155. 107085.
111. Kuzmin D., Tkachenko M., Nikolaienko A. Visualization and analysis of sorting algorithms. *The 1th International scientific and practical conference “Current issues of science and integrated technologies” (January 10-13, 2023) Milan, Italy*. International Science Group. 2023. pp. 537–540.
112. Kuzmin D., Tkachenko M., Nikolaienko A. Analysis of sorting algorithm. *The 2th International scientific and practical conference “Modern education using the latest technologies” (January 17-20, 2023) Lisbon, Portugal*. International Science Group. 2023. pp. 358–361.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

113. Bobalo Y. Ya. Information security: education. manual / Yu. Ya. Bobalo, I. V. Horbaty, M. D. Kiselichnyk [and others]. - Lviv: View of Lviv. polytechnics, 2019. - 580 p.
114. Volkhonskyi V.V. Systems of control and access control / V.V. Volkhonskyi. - St. Petersburg : ITMO University, 2015.
115. Hnilitsky V.V., Orekhov E.H. Information protection: Study guide for students of technical specialties. - Zhytomyr: 2019. - 164 p.
116. Hnatiuk, S. O. Cyberterrorism: history of development, modern trends and countermeasures / S. O. Hnatiuk// Information security, 2013. – 118 – 129 p.
117. Grebenyuk A. M. Fundamentals of information security management: training. manual / A. M. Grebenyuk, L. V. Rybalchenko // Dnipro: Dniprop. state inside of affairs, 2020. 144 p.
118. Dubov D. V. Cyber security: global trends and challenges for Ukraine / D. V. Dubov, M. A. Ozhevan. - K.: NISD, 2011. - 30 p.
119. Zgurovsky M. Information security problems in Ukraine, ways to solve them // Legal, regulatory and metrological support of the information protection system in Ukraine. - Kyiv. – 2018. – P. 10-14.
120. Kuznetsov O. O. Protection of information in information systems: training. manual Kh.: Khneu, 2018. – 510 p.
121. Maidanyuk, V.P. Fundamentals of information theory and coding: an electronic textbook for combined (local and network) use [Electronic resource] / Maidanyuk, V.P., Romanyuk, O.N., Tuzhanskyi, S.E. – Vinnytsia: VNTU , 2022. – 133 p.
122. Ostroukhov V. V. Information security. Textbook / V. V. Ostroukhov, M. M. Prysiazhnyuk, O. I. Farmagey, M. M. Chekhovska, etc.; under the editorship VV Ostroukhova. K.: Lira-K Publishing House, 2021. 412 p.
123. Tarnavskyi Yu. A. Information protection technologies / Yu. A. Tarnavskyi. – Kyiv: KPI named after Igor Sikorskyi, 2018. – 162 p.
124. Yevseev S.P. Information protection technologies. Multimedia interactive electronic edition of combined use / comp. S. P. Yevseev, O. G. Korol, S. E. Ostapov, G. P. Kots - Kh. S. Kuznetsia, 2016. – 1013. Mb. ISBN 978-966-676-624-6
125. Томенко В. І., Сачанюк-Кавецька Н. В., Дмитрієнко О. О. Інтелектуальний аналіз даних // Вісник Хмельницького національного університету. – 2020. – №3(285). – С. 77-88.
126. Сачанюк-Кавецька Н. В., Прозор О. П. Елементи математичного опису логіко-часових функцій багатозначної логіки та окремих операцій над ними // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2022–Том 53 (№1).– С. 111-118.

127. Leonid Tymchenko, Natalia Kokriatska, Volodymyr Tverdome, Natalia Sachaniuk-Kavets'ka, Liudmyla Semenova, etc. Pyramidal method of generalized spatially-connected preparation and an example for its implementation image for processing, Proceeding of SPIE, Vol. 12467 (2022), Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments, USA, 15–17 September 2022. – 7 pages, <https://doi.org/10.1117/12.2659202>.
128. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики. Навчальний посібник / уклад.: Ю. О. Ушенко, М. С. Гавриляк, М. В. Талах, В. В. Дворжак. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. – 308 с.
129. Базилевский Ю. Я. Вопросы теории временных логических функций. В кн.: Вопросы теории математических машин, сб. 1. М., 1958, 30 с.
130. Поспелов Д. А., Синтез схем, работа которых описывается временными булевыми функциями, Автоматика и телемеханика, 1960, том 21, выпуск 10.
131. Рабинович З.Л. Векторно-временные переключательные функции (ВП-функции) как язык для описания схем и процессов переработки информации // Кибернетика. – 1968. - № 3, 4.
132. Рабинович З.Л. Операторное представление логических схем в вычислительных машинах на основе векторных переключательных функций //Теория конечных и вероятностных автоматов: Труды международ. симпозиума по теории релейных устройств и теории конечных автоматов. – М.: Наука, 1965, С. 215-219.
133. D. Bochmann, C. Posthoff Binare dynamische systeme. – Akademie-Verlag, Berlin. – 1981. –400 p.
134. Кожемяко В.П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды. – Тбилиси, 1984. – 357 с.
135. Лысенко Г.Л. Логико-временные функции – язык для описания и переработки информации //Оптоэлектронные устройства в приборостроении и информатике. Матер. Всесоюзн. сем. – Тбилиси, 1985. – С. 168-171.
136. Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., Лысенко Г.Л., Кутаев Ю.Ф. Функциональные элементы и устройства оптоэлектроники. – К.: УМК ВО, 1990. – 251 с.
137. Сачанюк-Кавецька Н. В., Кожем'яко В. П. Елементи око-процесорної обробки зображень в логіко-часовому середовищі. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2004. – 135 с.
138. Кожем'яко В.П., Сачанюк Н.В., Понура О.І. Поняття та застосування похідної ЛЧФ // Вісник ВПІ. - 2000. - № 4. - С. 80-84.

139. Сачанюк-Кавецька Н. В., Бондаренко І.О. Ідентифікація суб'єктів в системах контролю доступу за допомогою ідентифікаційної логіко-часової функції, як ефективний метод комплексного захисту інформації // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. –2018. – №1(35). – С. 14-23.
140. Сачанюк-Кавецька Н. В. Кодування як засіб захисту інформації у системах контролю доступу з використанням логіко-часових функцій у формі поліномів і біометричних даних суб'єктів //Реєстрація, зберігання і обробка даних. – Інститут проблем реєстрації інформації НАН України. – 2018. – Том 20. – №2. – С. 60-68.
141. Сачанюк-Кавецька Н. В., Прозор О. П., Хом'юк В. В., Бондаренко І. О. Математичний опис операції нерівнозначності в логіко-часовому середовищі // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2022–Том 54 (№2).– С. 124-130 (<https://doi.org/10.31649/1999-9941-2022-54-2-124-130>).
142. Анатычук Л.И. Термоэлектрические преобразователи энергии. Термоэлементы. Элементная база термоэлектричества. Т. 2.: монография / ред. Л.Н. Вихор, О.Я. Лусте. – Киев-Черновцы: Институт термоэлектричества, 2003. – 376 с.
143. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник. – К.: Наукова думка, 1979. – 768 с.
144. Андруник В.А. Чисельні методи в комп'ютерних науках. Т. 1 / В.А. Андруник, В.А. Висоцька, В.В. Пасічник, Л.Б. Чирун, Л.В. Чирун. – Львів: вид-во «Новий світ – 2000», 2017. – 470 с.
145. Буряк А.А. Термоэлектричество: вчера, сегодня, завтра / А.А. Буряк, Н.Б. Карпова. – Кишинев: из-во «Штиинца», 1987. – 74 с.
146. Вислоух С.П. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи / С.П. Вислоух, О.В. Волошко, Г.С. Тимчик, М.В. Філіпова. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 228 с.
147. Карвацький А.Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 391 с.
148. Кириченко О.С. Модернізований термоелектричний елемент з компенсованою комутаційною пластиною для транспортного електрообладнання. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Дніпровські читання-2022». – К.: вид-во Київського інституту водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного ДУІТ, 2022. – С. 99-101.

149. Кириченко О.С. Термоелектричний елемент з напівпровідниками у формі кубоїдів і компенсованою комутаційною пластиною для транспортного електроустаткування / О.С. Кириченко. – Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції "RECENT ADVANCES IN GLOBAL SCIENCE". – Вільнюс: Vaiga. – 2023.
150. Кириченко О.С. Порівняльний аналіз термоелектричних елементів з різною геометричною формою напівпровідникового матеріалу / О.С. Кириченко // Матеріали XII міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2021. – С. 390-392.
151. Кириченко О.С. Порівняльний аналіз характеристик термоелектричних модулів з різними геометричними формами напівпровідників для електрообладнання транспорту / О.С. Кириченко // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – Київ: ТНУ ім. В.І. Вернадського, 2023. – Том 34 (73). № 1.
152. Кириченко О.С. Чисельне тримірне моделювання термоелектричного охолоджувача вимірювального електроустаткування автоматичних систем / О.С. Кириченко, І.С. Білюк, Д.Ю. Шарейко, А.М. Фоменко, С.О. Гаврилов, Л.І. Бугрім // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. К.: ТНУ ім. В.І. Вернадського, 2018. Том 29 (68). Ч.1. №6. – С. 58-63.
153. Костюшко І.А. Методи обчислень / І.А. Костюшко, Н.Д. Любашенко, В.В. Третиник. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 243.
154. Кулон Жан-Луї, Сабоннадьер Жан-Клод. САПР в електротехніці. М.: Мир, 1988. – 208 с.
155. Манасян Ю.Г. Судовые термоэлектрические устройства. Л.: Судостроение, 1968. – 283 с.
156. Леонтьев В.О. Електротехнічні матеріали / В.О. Леонтьев, С.В. Бевз, В.А. Видмиш. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 122 с.
157. Сабоннадьер Жан-Клод, Кулон Жан-Луї. Метод конечных элементов и САПР. – М.: Мир, 1989. 192 с.
158. Тараненко С.В. Термоелектричний елемент з компенсованою комутаційною пластиною для установок і пристроїв суднової енергетики / С.В. Тараненко, О.С. Кириченко О.С., В.В. Колесник, С.В. Пріступа, О.В. Пастух // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Дніпровські читання-2021». К.: вид-во Київського інституту водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного ДУІТ, 2021. – С. 88-92.
159. Охоткин А.С. Термоэлектрические генераторы / А.С. Охоткин, А.А. Ефремов, В.С. Охоткин, А.С. Пушкарский. – М.: Атомиздат, 1971. – 288.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

160. Фельдман Л.П. Чисельні методи в інформатиці / Л.П. Фельдман, А.І. Петренко, О.А. Дмитрієва. – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 480 с.
161. Artysh V. I. Upravlinski aspekty rozvytku vyrobnytstva ekolohichno chystoi produktsii v silskomu hospodarstvi Ukrainy / V. I. Artysh // Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarynogo universytetu. – 2006. – № 102. – S. 242-247. (in Ukrainian)
162. Berlach N.A. Rozvytok orhanichnoho napriamu u silskomu hospodarstvi Ukrainy (administratyvnopravovi osnovy): avtoreferat dys. na zdobuttia stupenia doktora yurydychnykh nauk: 12.00.07 «Administratyvne pravo i protses; finansove pravo; informatsiine pravo» / N.A. Berlach. – K., 2010. – 34 s. (in Ukrainian)
163. Dudkina H.A. Diia lokalnoho vnesennia orhano-mineralnykh dobryv na shchilnist hruntu, yii vodnyi rezhy m i produktyvnist kultur / H. A. Dudkina // Biul. Vseros. nauk.-doslid. in-tu dobryv i ahrohruntoznavstva .- 2001 .- № 114 .- S.83 (in Ukrainian)
164. Kolontaiv V.M. Problemy ahroekolohii ta otrymannia vysokyykh stabilnykh urozhaiv / V. M. Kolontaiv, L. M. Drobysheva // Heohrafiia. Biolohiia. Khimiia.- Tambov, 1996 .- S.20 (in Ukrainian)
165. Leonets V. O. Ekolohichni naslidky suchasnoi dehradatsii pryrodnykh i antropohennykh landshaftiv ta osnovni napriamky okhorony zemel // Zemlevporiadnyi visnyk, № 3,1998. – S. 26-30. (in Ukrainian)
166. Lunieiev L. Orhanichni produkty: komertsiiia chy zdorovia? / Leonid Lunieiev [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: URL: <http://www.potrebitel.net.ua./print/2284> (in Ukrainian)
167. Sokol L.M. Ekolohichne (orhanichne) zemlerobstvo – skladova staloho silskoho hospodarstva / Sokol L. M., Stefanovska T. R., Pidlisniuk V. V.// Ekolohichna bezpeka № 3-4. – 2008. - S. 102-109. (in Ukrainian)
168. Pysarenko V.M. Systema orhanichnoho zemlerobstva ahroekoloha S.S. Antontsia / V.V. Pysarenko, A.S. Antonets, H.V. Lukianenko, P.V.Pysarenko. – Poltava. – 2016. – 131s. (in Ukrainian)
169. Federatsiia orhanichnoho rukhu Ukrainy [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu:<http://www.organic.com.ua> (in Ukrainian)
170. FAQ - ORGANIC UA [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: URL: <http://organic.ua/uk/organicworld/faq> (in Ukrainian)
171. Saiko Volodymyr, Narytnyk Teodor. High-reliability 5G / IoT mobile communication method when using the terahertz wavelength range // Theoretical and scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Saiko V., Narytnyk T. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. pp..477-497.. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1
URL: <https://isg-konf.com/theoretical-and-scientific-foundations-in-research-in-engineering/>

172. Saiko Volodymyr, Narytnyk Teodor. 5G WIRELESS METHOD WITH INCREASED RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY USING TERAHERTZ FREQUENCY RANGE. Scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Kornylo I., Gnyp O. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. 609-625 pp. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.2

URL: <https://isg-konf.com/scientific-foundations-in-research-in-engineering/.2>.

173. D. Moltchanov, A. Samuylov, V. Petrov. Improving Session Continuity with Bandwidth Reservation in mmWave Communications. IEEE Wireless Communications Letters. 2018. no. 7. p. 1–4.

174. Гольштейн Б.С. Инфокоммуникационные сети и системы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 208 с.

175. Сайко, В.Г., Одарченко, Р.С. & Баховський, П.Ф. Мережі мобільного зв'язку нового покоління 4G/5G/6G: монографія. Київ: ТОВ «Про формат». – 2021. – 200 с. ISBN 978-617-7894-40-6.

176. Скиена С. Наука о данных. Киев.: Диалектика, 2020. – 544 с.

177. Грас Д. Data Sciensa. Наука о данных с нуля. – СПб.: БХВ-Петербург, 2022. – 416 с.

178. Постолиит А.В. Основы искусственного интеллекта в примерах на Python. Самоучитель. – СПб.: БХВ-Петербург, 2022. – 448 с.

179. Куренчук В.М. Поисковая адаптация. Теория и практика. М.: Физматлит, 2006. – 240с.

180. Лебедев Б.К. Размещение на основе метода пчелиной колонии // Известия ЮФУ. – 2010 . - № 12. – с. 12-18.

181. Малоземов В.Н. Полиномиальные сплайны. Л.: Из-во Ленингр. ун-та, 1986. – 120 с.

182. Шелевицький І.В., Шутко М.О., Шутко В.М., Колганова О.О. Сплайни в цифровій обробці даних і сигналів. Кривий Ріг: Видавничий дім . – 2008. – 234 с.

183. Калюжный Н.М., Системная методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга на основе пространственно-частотно-временного подхода / И.М. Николаев, В.А. Ковшарь // Прикладная радиоэлектроника- 2013, Т.12, № 3, С. 375-386.

184. Слободянюк П. В., Благодарный В. Г. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра. (Теория и практика построения системы радиомониторинга) / Под общ. ред. П. В. Слободянюка // Прилуки: «Издательство «Air – Поліграф», - 2010. – 296 с.

185. Калюжный Н.М., Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 1 / А.М. Попов, В.А. Ковшарь // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. –2013, №172, С. 160-169.
186. Калюжный Н.М., Методика оценивания эффективности функционирования системы мониторинга общих пользователей радиочастотного ресурса на основе пространственно-частотно-временного подхода. Часть 2 / А.М. Попов, В.А. Ковшарь // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб.–2013, №173, С. 101-109.
187. Закон України „Про радіочастотний ресурс України" від 24.06.2004 № 1876-IV із змінами, внесеними згідно із Законом № 2119-IV від 21.10.2004.
188. Конституція України // Верхована Рада України. - 28 червня 1996 р. в редакції від 07 лютого 2019 року, N 2680-VIII. - 48 с.
189. План використання радіочастотного ресурсу України /Постанова кабінету Міністрів України // Бюлетень Національної комісії з питань регулювання зв'язку України (Офіційне видання).. № 815 // К.: - № 6(7) - 09 червня 2006., -174 с.
190. Положення про радіочастотний моніторинг у смугах радіочастот загального користування", затвердженого рішенням НКРЗ від 16.07.2009 № 1599 // Міністерство юстиції України. - № 741/16757– 07 серпня 2009. – 59 с.
191. Порядок виконання робіт з виявлення та усунення дії джерел радіозавад у смугах радіочастот загального користування / Рішення НКРЗ від 19.04.2007 № 695 // Міністерство юстиції України. № 829/14096. – 19 червня 2007. – 125 с.
192. Методичні рекомендації щодо планування розвитку системи технічного радіоконтролю УДЦР / ДП «УДЦР»// Наказ. - № 15., - 28 січня 2008. – 60 с.
193. Система управління якістю. Виконання робіт з технічного радіоконтролю параметрів випромінювання РЕЗ (ВП)/ Інструкція І-3.4.3/01-09. Редакція 01. ДП «УДЦР»// Наказ. - № 522 . – 19 листопаду 2009.– 45 с.
194. Закон України "Про телекомунікації" від 18.11.03 №1280-IV.
195. Рекомендація ITU-RP.1546-2 Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz. // МСЭ – Женева, [Електронний ресурс] Режим доступу до документу: https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/workshops/RRS-15-Eastern-Europe/Documents/MondayOpening/K_Bogens_02_RR_RoP_ru.pdf
196. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. // М: «Высшая школа», - 1989. – 361с.
197. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособие. // К.: МАУП, - 2003. - 368 с.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

198. Рекомендация ITU-RSM.1392-1. Essential requirement for a spectrum monitoring station for developing countries. // Женева: МСЭ-Р. [Электронный ресурс] Режим доступа до документу: [http://www.rcc.org.netcat_files/874/1100/h_ca322379983ad030eb27c48255e3b0f2](http://www.itu.int/ITU-R/terrestrial/workshops/RRS-15-Eastern-Europe/Documents/MondayOpening/K_Bogens_02_RR_RoP_ru.pdf)
199. Международная таблица распределения радиочастот // Регламент радиосвязи. // МСЭ – Женева, -2015. С 15-25. [Электронный ресурс] Режим доступа до документу: https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/workshops/RRS-15-Eastern-Europe/Documents/MondayOpening/K_Bogens_02_RR_RoP_ru.pdf
200. Национальная таблица распределения радиочастот // Кабинет міністрів України постановова від 15 грудня 2005 р. № 1208 ків . - про затвердження національної таблиці розподілу смуг радіочастот України. – в редакції № 15 від 15.01.2020. – С. 2-56.
201. Цветков С.А. и др. Проблемы развития радиоконтроля и управления использованием РЧС / Якименко В.С., Черток Д.В., Бобовников В.В. // Электросвязь. – №4. – 2005. – С. 27-31.
202. Калюжный Н.М., Разработка показателей эффективности функционирования региональных подсистем радиочастотного мониторинга по оценке реального состояния использования радиочастотного ресурса / А.И.Задонский, В.А.Ковшар // Съезда наукова конференція «Новітні технології - для захисту повітряного простору» - Україна, Харків, ХУПС ім. І. Кожедуба, 13-14 квітня 2011, С. 232-233.
203. Барсегян А.А., Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И.И. Холод. // СПб.: БХВ–Петербург, - 2004. – 336 с.
204. Рекомендация МСЭ-RSM.182. Автоматичний контроль зайнятості радіочастотного спектру. // МСЭ – Женева, - 3 с. - [Электронный ресурс] Режим доступа до документу: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.182-5-200702-W!!PDF-R.pdf
205. Калюжный Н.М., Методология оценивания эффективности функционирования национальных систем радиочастотного мониторинга / Николаев И.М., Галкин С.А. // 9 Международный Симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии – С.Пб, 2011, - С. 164-167.
206. Cooper W. W., Data Envelopment Analysis / A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software // W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone. – Boston : Kluwer Academic Publishers, - 2000. – 318 p.
207. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford. // Boston : Kluwer Academic Publishers, - 1994. – 513 p.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

208. Coelli T., An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis/ T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese // Boston : Kluwer Academic Publishers, - 1998.– 275 p.
209. Волкова В.Н., Основы теории систем и системного анализа: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Системный анализ и управление» / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. // Изд. 3-е., перераб. и доп. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, - 2005. – 520 с.
210. Виробництво напівфабрикатів високого ступеня готовності <https://thelib.info/tehnologii/99561-virobnictvo-napivfabrikativ-visokogo-stupenju-gotovnost/>
211. Pasty milk processed product and use thereof. [<https://patents.google.com/patent/JP2001086928A/en?q=pasty+milk&oq=pasty+milk>]
212. The method of obtaining pasty milk protein products [<https://patents.google.com/patent/SU558666A1/en?q=pasty+milk&oq=pasty+milk>]
213. Розроблення технології пастоподібного напівфабрикату на основі сушеної тваринної і рослинної сировини.
214. Дьячкова О. в. білім беру процесінде бірлескен ақпараттық технологияларды қолдану / Дьячкова О. в. URL: <http://bit.ly/1WIJvdB>
215. Л.р. Закиева, Ф. и. Хадиева мұғалімнің жобалық қызметі [Мәтін] // Педагогика: дәстүрлер мен инновациялар: III халықаралық конференция материалдары. ғылыми. конф. (Челябинск, сәуір 2013). - Челябинск: БИ Комсомол, 2013.Б.6-7. - URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/69/3674/> / (өтінім беру күні: 29.01.2018).
216. Иванова з. з. болашақ бастауыш сынып мұғалімдерінде сындарлы дағдыларды қалыптастыру әдістемесі // АГУ хабаршысы. 2010. № 2(4). С. 92-96.
217. Иванова Е. м. е. а. Климовтың кәсіби қызметінің субъективті белсенділігінің тұжырымдамасы және оның ғылыми және практикалық маңызы // Мәскеу университетінің хабаршысы. -2010, № 2, 15-22 Б.
218. Митрофанов г. г. кәсіптік білім беруді дамытудың қазіргі кезеңінде оқытудың нәтижесі ретінде болашақ мұғалімдерді жобалық қызметке даярлау // халықаралық ғылыми конференция: XVII Вишняков оқулары университеттік ғылым: аймақтың әлеуметтік-экономикалық және мәдени дамуының тиімділік шарттары. 2014, 131-135 беттер.
219. Носко и. в. жеке тұлғаға бағытталған білім Болон жоғары мектебін реформалаудың негізгі қағидасы ретінде / Носко и.в. // ТМУ ғылымының векторы. 2011. № 1(4). С. 136-138.

220. Перова а. к. кәсіби қызметке дайындық контекстінде мұғалімнің жеке басын Әлеуметтік-мәдени оқыту және тәрбиелеу // халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның мақалалар жинағы: Педагогика және психология саласындағы ғылымның даму перспективалары. 2015, 47-49 беттер.
221. Порошин а.а., Шишков М. в., Стрельцова О. В. жоғары кәсіптік білім беру мекемелері түлектерінің кәсіби қызметке дайындығын бағалау // Санкт-Петербург университетінің хабаршысы, Ресей ТЖМ Мемлекеттік өртке қарсы қызметі. № 1, 2016, 166-173 беттер.
222. Siddiqui, A. A., & Dubey, A. K. (2021). Recent trends in laser cladding and surface alloying. *Optics & Laser Technology*, 134, 106619.
223. Chi, Y., Gu, G., Yu, H., & Chen, C. (2018). Laser surface alloying on aluminum and its alloys: A review. *Optics and Lasers in Engineering*, 100, 23-37.
224. Li, K., Li, Y., Wang, Y., Ge, J., Liu, C., & Xing, W. (2018). Enhanced electrocatalytic performance for the hydrogen evolution reaction through surface enrichment of platinum nanoclusters alloying with ruthenium in situ embedded in carbon. *Energy & Environmental Science*, 11(5), 1232-1239.
225. *Металловедение [Текст] : [учебник для студентов вузов] / [И. И.Новиков, В. С.Золотаревский, В. К. Портной и др.] ; под общей ред. проф. В. С. Золотаревского. – М. : МИСИС, 2009. – Том I : Основы металловедения. – 2009. – 496 с.*
226. Геллер Ю. А. *Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи : [учеб. пособие для вузов] [Текст] / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт . – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1989. – 456 с.*
227. Гуляев А. П. *Металловедение [Текст] / А. П. Гуляев. – 6-е изд. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с.*
228. *Материаловедение: Учебник для ВУЗов. / [Б. Н. Арзамасов,Н. М. Рыжов, В. И. Макарова, Г. Г Мухин и др.] ; Под ред. Б. Н. Арзамасова. –М. : Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 648 с.*
229. Чудина О. В. *Комбинированные технологии поверхностного упрочнения конструкционных сталей [Текст] : Автореферат дис. ... д-ра техн.наук: Специальность 05.02.01 – «Материаловедение» / Чудина Ольга Викторовна // Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т) : Москва, 2003. – 46 с.*
230. Kargapol'tsev, S. K., Shastin, V. I., Gozbenko, V. E., Livshits, A. V., & Filippenko, N. G. (2017). Laser alloying of wear surfaces with metal components. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(17), 6499-6503.
231. Asghar Z. The role of Ni and Fe aluminides on the elevated temperature strength of an AlSi12 alloy [Текст] / Z. Asghar, G. Requena, F. Kubel // *Materials Science and Engineering*. – 2010. – № 527. – P. 5691-5698.

232. The effect of main alloying elements on the physical properties of Al-Si foundry alloys [Текст] / [F. Stadler, H. Antrekowitsch, W. Fragner et al.] // Materials Science and Engineering. – 2013. – № 560. – P. 481-491.
233. Лесюк Е. А. Комбинированное воздействие электропластической прокатки и ультразвуковой обработки на сплав TiNi [Текст] / Е. А. Лесюк, В. В. Столяров // Технология металлов. – 2011. – № 11. – С. 33-38.
234. Влияние легирующих элементов на структуру и износостойкость азотированных сплавов железа [Текст] / [Л. И. Куксенова, М. С. Алексеева, В. Г. Лаптева и др.] // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. – № 11. – С. 10-15.
235. Gray J. E. Protective coatings on magnesium and its alloys – a critical review [Текст] / J. E. Gray, B. Luan // J. Alloys and Compounds. –2006. – № 336. – P. 88-113.
236. Der Einfluss von Nickel auf die Warmfestigkeit von AlSi-Gusslegierungen [Текст] / [F. Stadler, H. Antrekowitsch, W. Fragner et al.] // Giesserei. – 2011. –№ 98. – P. 26-31.
237. Влияние плазменного напыления механоактивированного порошка TiNi на структурно-фазовое состояние и функционально-механические свойства поверхностных слоев [Текст] / [Ж. М. Бледнова, П. О. Русанов, И. С. Мышевский, А. П. Юркова] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2012. – № 11. – С. 30-36.
238. Anandan S. Structure-property-correlation in laser surface alloyed AISI 304 stainless steel with WC + Ni + NiCr [Текст] / S. Anandan, L. Pityana, J. Dutta Majumdar // Materials Science and Engineering. – 2012. – Vol. 536. – P. 159-169.
239. Influence of alloying elements on the corrosion properties of steels during plasma nitriding process [Текст] / [J. Alphonsa, S. K. Tiwari, G. Jhala et al.] // Journal of Metallurgy and Materials Science. – 2005. – № 47 (1). – P. 31-38.
240. Влияние модифицирования, микролегирования и термической обработки на коррозионную стойкость и механические свойства стали 15X5M [Текст] / [Т. В. Тетюева, А. В. Иоффе, М. А. Выбойщик и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2012 . – № 10. – С. 15-22.
241. Influence of alloying elements Ni and Nb on thermal stability and corrosion resistance of Cu-based bulk metallic glasses [Текст] / [C. L. Qin, W. Zhang, K. Asami et al.] // Journal of Materials Research. – 2007. – Volume 22, Issue 06. – P. 1710-1717.
242. Abdel-Hamid, A. A. (1992). Structure Modification of the α' Phase in Zn-Al Cast Alloys by Microalloying/Morphologische Veränderungen der α' -Phase in Zn—Al-Gußlegierungen durch Mikrolegieren. International Journal of Materials Research, 83(5), 314-318.

243. Чернега, С. М., Поляков, І. А., & Медова, І. Ю. (2011). Підвищення зносостійкості поверхневих шарів металів та сплавів боридними покриттями за участю міді. *Journal of Mechanical Engineering NTUU "Kyiv Polytechnic Institute"*, 2(61).
244. Diachenko, Y. G. (2019). Основні напрямки отримання зносостійких покриттів на сталевих виробах при дифузійній металізації. *Обробка матеріалів тиском*, (2 (49)), 189-194.
245. Кондрашова, С. Г., Саприкін, Є. В., & Наумик, В. В. (2019). Вплив складу суміші, що насичує, на формування структури та властивостей дифузійного титанованого шару на сірому чавуні. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*, (2), 24-30.
246. Погребна, Н. Е. Погребна НЕ, Куцова ВЗ, Котова ТВ *Способи зміцнення металів: Навчальний посібник.*—Дніпро: НМетАУ, 2021.-89 с.
247. Киричок, П. О., & Тріщук, Р. Л. (2017). Підвищення експлуатаційних властивостей деталей лінії для виготовлення інтегральних обкладинок з широким клапаном. *Технологія і техніка друкарства*, (3 (57)), 4-19.
248. Ляшенко, Б. А., Маркович, С. І., & Михайлюта, С. С. (2017). Розробка технологічного процесу вакуумного азотування поршнів двигунів в пульсуючому пучку плазми. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип, 47*, 158-166.
249. Гапонова, О., Мисливченко, О., & Дудченко, В. (2021). Оцінка якості Al-C-V-покриттів на сталевих поверхнях, отриманих методом електроіскрового легування. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, (94), 13-13.
250. Buhagiar J. Low temperature plasma surface alloying of medical grade austenitic stainless steel with carbon and nitrogen / J. Buhagiar, H. Dong, T. Bell // *VHM Berg-und Hüttenmännische Monatshefte.* – 2006. – Volume 151, Issue 11. – P. 446-450.
251. Буренков, А. Ф., & Комаров, Ф. Ф. (1988). Высокоэнергетичная ионная имплантация. *Журнал технической физики*, 58(3), 559-566.
252. Григорьянц А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : [учеб. пособие для вузов] [Текст] / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров ; под ред. А. Г. Григорьянца. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.
253. Markelova, O., Koshuro, V., Fomin, A., Aman, A., & Palis, S. (2021, December). Study of hardness and morphology of carbide coatings obtained on complex shaped steel items by electro-spark alloying. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2086, No. 1, p. 012188). IOP Publishing.

254. Ворошнин Л. Г. Теория и технология химико-термической обработки [Текст]: учеб. пособие / Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева, В.А. Сметкин. – Минск : Новое знание, 2010. – 304 с.
255. Гідроприводи об'ємні. Загальні правила застосування (ISO 4413:1998, IDT). – [Чинний с 2002-09-01]. ДСТУ ISO 4413:2002. – Київ : – 2005. – 34 с. – (Держспоживстандарт України).
256. Гидропривод. Основы и компоненты. Учебный курс по гидравлике, том № 1, заказной номер – RRS, издание 3.1. 2003 г. Издание 2 (на русском языке), Издатель : Бош Рексрот АГ Сервис Автоматизация Дидактика 64711, г. Эрбах, Германия. – 322 с.
257. Пимонов И.Г. Энергосбережение в гидроприводах мобильных машин температурным режимом рабочей жидкости. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки - 2014. Випуск 4. – с. 308-312.
258. Аврунін Г.А., Пімонов І.Г., Мороз І.І. Регулирование температуры рабочей жидкости в объемных гидроприводах мобильных машин. Вінницький національний аграрний університет, Асоціація спеціалістів промислової гідравліки і пневматики. Промислова гідравліка і пневматика, 2016. №1
259. Я. Лур'є, В. Б. Самородов, Г.А. Аврунін, Є.Н. Цента // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати: – Х.: – НТУ «ХПІ». – 2019. – № 2 (2019). – С. 68-76.
260. Самородов В. Б. Основные направления совершенствования объемных гидроприводов навесного оборудования сельскохозяйственных тракторов. / В. Б. Самородов, Г. А. Аврунін, И. И. Мороз, Е. С. Пелипенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Автомобіле- та тракторобудування: Зб. наук. пр. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – № 49 (1325). – 2018. – С. 21–31.
261. Orbital Motors Type OMP, OMR and OMH. – Danfoss. – Technical Information. – ENGINEERING TOMORROW. – powersolutions.danfoss.com.– 2 | Danfoss | January 2018. – 520L0262 | BC00000084en- US0402. – 116 p.
262. Burokova, A. V., & Rakhmanov, YU. A. (2014). K voprosu rekuperatsii teploty gazov pechey termoobrabotki metallicheskih izdeliy. Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment», (1), 17. <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-rekuperatsii-teploty-gazov-pechey-termoobrabotki-metallicheskih-izdeliy>
263. Yerofyeyeva, A. A. (2020). Pidvyshchennya efektyvnosti spozhyvannya pryrodnoho hazu promyslovymy kamernymy pechamy. «Stalyy rozvytok: zakhyst navkolyshn'oho seredovyschcha. Enerhooshchadnist'. Zbalansovane pryrodokorystuvannya»: zbirnyk materialiv 6-ho mizhnarodnoho konhresu, L'viv: Zakhidno-Ukrayins'kyu Konsal'tynh Tsent (ZUKTS), 166 <https://science.lpnu.ua/uk/ekokongres-2022/poperedni-zbirnyky-tez>

264. Ganzha, A., Zaiets, O., & Koshelnik, A. (2017). Analysis of efficiency and reliability of blast–furnace process waste heat recovery systems. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(1(33)), 49–54. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.92912>.
265. Fialko, N., Navrodska, R., Sherenkovsky, Ju., Stepanova, A., Sarioglo, A. (2016). *Utilizatsiya teploty otkhodyashchikh gazov steklovarenykh pechey s ispol'zovaniyem membrannykh trub*. K: «Sophia-A». ISBN 978-966-02-7982-7
266. Fialko, N. M., Stepanova, A. I., & Navrodska, R. A. (2016). Effektivnost' teploutilizatorov steklovarenykh pechey v usloviyakh zapylenosti poverkhnostey nagreva. *Yenergetika i avtomatika*, (3), 28-35. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/8323/7875>
267. Fialko, N., Prokopov, V., Navrodska, R., Shevchuk, S., & Stepanova, A. (2022). Results of experimental studies of the heat engineering characteristics of industrial furnace water-heating heat recovery units. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 44(1), 84-91. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2022.10>
268. Fialko, N. M., Prokopov, V. H., Navrodska, R. O., Shevchuk, S. I., & Presich, G. O. (2021). Some features of the heat recovery technologies application for gas-fired glass furnaces. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(4), 109–113. <https://doi.org/10.36930/40310418>
269. Koshelnik, A. V. (1998). Opredeleniye koeffitsiyentov teplootdachi v kanalakh nasadok regeneratov plavil'nykh pechey. *Vestnik KHGPU*, (13), 45–48
270. Kuznetsov N. V., Mitor V. V., Dubovsky I. E. (2011). Thermal calculation of boiler units. Normative method. Moscow, Ekolit.
271. Fialko, N. M., Prokopov, V. H., Navrodska, R. O., Shevchuk, S. I., & Sliusar, A. F. (2021). Research of the composition of exhaust gases of glass-melting furnaces. *International Scientific Journal “Internauka”*. (6). <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-6-7297>
272. Kalinin, E. M. (1997). Uovershenstvovaniye pereklyucheniy regenerativnogo teploutilizatora s nepodvizhnoy nasadkoy. *Promyshlennaya energetika*. (2), 21
273. Mysak Y. Evaluation of energy efficiency of solar roofing using mathematical and experimental research / Y. Mysak, O. Pona, S. Shapoval, M. Kuznetsova, T. Kovalenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkiv, 2017. – 3/8 (87). – P. 26–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103853>.
274. Коваленко Т.П. Перспективи виробництва біогазу в Україні з органічних відходів тваринництва / Коваленко Т.П., Коваленко П.П. // *Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні : Матеріали восьмої Міжнародної науково-практичної конференції : зб. наук. статей. – (Львів, 2-3 квітня 2015 р.). – Л.: ЛВЦНТЕІ, 2015. – С. 69 – 72.*

275. Коваленко Т.П., Романчук А.С. Особливості експлуатації вітроелектростанції “Старий Самбір-2” // Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні : Матеріали десятої Міжнародної науково-практичної конференції : зб. наук. статей. – (Львів, 4-5 квітня 2019 р.). – Л.: НУ "Львівська політехніка, 2019. – С. 150 – 152.
276. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. URL:<https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/250250456>.
277. Вітроенергетичний сектор України 2018 / Під заг. ред. І.В. Плачкова та А.Є. Конеченкова. — К.: Українська вітроенергетична асоціація, 2019. – 76 с.
278. Вітроенергетичні ресурси Українських Карпат/ В.І. Осадчий, О.А. Скриник, О.Я. Скриник, Р.Ю. Радченко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – Вип. 266. – 2014. – С. 3-11.
279. Чумаченко С. М. Впровадження вітроенергетичного потенціалу України для середнього та малого бізнесу АПК / С.М. Чумаченко, Л.А. Пісня, І.А. Черепньов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Вип. 156. – 2015. – С. 626–635.
280. Башинська Ю. І. Особливості регіональних програм з використання відновлюваних джерел енергії / Ю. І. Башинська // Регіональна економіка. – Львів, 2014. – № 1. – С. 165-174.
281. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПА ОП 10.0-1.01-10. - [Дійсні від 22.03.2010]. – Офіційне видання. – Київ: Основа, 2010. – 430с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України. Стандарт).
282. «Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок» и «Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников одноканатных подъемных установок» - Утверждены Минуглепромом СССР 15.01.82 и Госгортехнадзором СССР 22.02.82. – Макеевка - Донбасс: МакНИИ, 1982.
283. Волошин, А.И. Армування вертикальних шахтних стволів і методи його вдосконалення / А.И. Волошин, А.А. Рубель., А.В. Рубель // Геотехнічна механіка: міжвідомчий збірник наукових праць / ІГЕМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2016,. - вип. 126 – С. 137-145.
284. МПК (2016.01), E21D 7/00. Пат. № 117031. Консольно-демпфіруючий розстріл / Рубель А.О.; заявник Рубель А.О.; власник Рубель А.О. – № а2016 03998; заявл. 12.04.2016, опубл. 25.10.2017, бюл. №20.
285. МПК E21D 7/00. Пат. № 115478 «Канатно-профільний провідник армування шахтного стовбура / А.О. Рубель (Україна) – № а 2015 12037 заявлено 04.12.2015, опубл. 10.11.2017 бюл. №21.
286. И.Е. Идельчик «Справочник по гидравлическим сопротивлениям» – Москва, «Машиностроение, 1992 – 672с.

287. Леонов О. Ю. Національні колекції м'якої та твердої пшениць в Україні. Генетичні ресурси рослин: Харків, №1. С. 74–78.
288. Леонов О. Ю. Каталог зразків пшениці за господарсько-цінними ознаками з колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Генетичні ресурси рослин: Харків, 2005. 59 с.
289. Леонов О. Ю., Стрельцова І. Б. Елементи продуктивності колекційних зразків озимої м'якої пшениці у зв'язку з їх походженням. Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН. 2004. Вип. 7. С. 115-120.
290. Ковалишина Г. М. Ефективність донорів стійкості до хвороб для селекції пшениці озимої. Генетичні ресурси рослин: Харків, 2010. №8. С. 80–91.
291. Ковалишина Г. М., Дмитренко Ю. М., Демидов О. А., Муха Т. І., Мурашко Л. А. Селекція пшениці озимої на стійкість проти хвороб. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агронімія. 2017. Вип. 269. С. 99-110.
292. Афанасьєва О. Г., Бойко І. А. та ін. Джерела стійкості пшениці озимої до основних збудників грибних хвороб. Захист і карантин рослин: Київ, 2012. Вип. 58. С. 9–16.
293. Вискуб Р. С. Джерела генів стійкості до збудника бурої іржі генофонду пшениці Устимівської дослідної станції рослинництва. Еколого-генетичні аспекти в селекції польових культур в умовах змін клімату: матер. міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 90-річчю з Дня народження генетика, селекціонера, професора М.М. Чекаліна (Полтава, 18-19 квітня 2019 р.). Полтава, 2019. С. 86–87.
294. Леонов О. Ю. Хвороби пшениці, поширені в Україні: шкідливість, генетичний контроль та результативність селекції на стійкість. Селекція і насінництво, 2016. Вип. 109. С. 53-92.
295. Горбачева Н. П. Видовий склад грибів роду *Septoria* – збудників септоріозу листя озимої пшениці в Лісостепу України. Захист і карантин рослин, 2004. Вип. 50. С. 156-160.
296. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. 321 с.
297. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней: монография. Одесса, 2014. 400 с.
298. Cox T. S., Bequette R. K., Bowden R. L., Sears R. G. Grain yield and breadmaking quality of wheat lines with the leaf rust resistance gene Lr 41. *Crop Science*, 1997. 37 (1). P.154-161.
299. Sun X., Bai G., Carver B.F. Molecular markers for wheat leaf rust resistance gene Lr., 2009. V. 23. P. 311-321.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

300. Patterson F. L., Shaner G. E., Huber D. M et al. Items from the United States. Indiana. Purdue University. Ann. Wheat Newslett, 1981. Vol. 27. P. 90-96.
301. Rabinovich S.V. et al. Genetic basis of bunt resistance in Ukrainian, Russian, and U.S. winter and spring wheats. Ann. Wheat Newslett, 1996. Vol. 42. P. 207-210.
302. Galaev A. V., Sivolap Yu. M. Description of the Soft Wheat Varieties of Ukrainian and Russian Breeding by Alleles of Locus *csLV34* Closely Connected with Multipathogen Resistance Gene *Lr 34/Yr18/Pm38*. Cytology Genetics, 2015. V. 49 (1). P.13-19.
303. Karelov, A.V., Pirko, Ya. V., Kozub, N. A., Sozinov, I. A., Pirko, N. N., Litvinenko, N. A., Lyfenko, S. F., Koliuchii, V. T., Blum, B., & Cozinov, A. A. (2011). Identification of the Allelic State of the *Lr 34* Leaf Rust Resistance Gene in Soft Winter Wheat Cultivars Developed in Ukraine. Cytology and Genetics, 45(5), 271–276.
304. Morgounov A., Ablova I., Babayants O. et al. Genetic protection of wheat from rusts and development of resistant varieties in Russia and Ukraine. BGRI 2010 Technical Workshop. St. Peterburg, 2010. P. 1-21
305. Kokhmetova A., Madenova A., Kampitova G. et al. Identification of Leaf Rust Resistance Genes in Wheat Cultivars Produced in Kazakhstan. Cereal Research Commun, 2016. V. 44(2). P. PP 240-250.
306. Борисенко В. А. Итоги и задачи селекции озимой пшеницы в Западном регионе УССР. Сборник научных трудов "Прогресс в селекции озимой пшеницы как фактор интенсификации производства зерна". Мироновка, 1988. С. 15-17.
307. Zaika, E. V., Karelov, A. V., Kozub, N. O., Sozinov, I. O., Sozinov, O. O. & Starychenko, V. M. (2015). Analysis of Ukrainian Polissya and Forest-steppe winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for the presence of "resistant" allelic state of non-race-specific disease resistance locus *Lr 34/Yr18/Pm38*. Ekin J. Crop Breeding and Genetics, 1 (1), 13-16.
308. Рабинович С. В. Современные сорта пшеницы и их родословные. Киев, 1972. 328 с.
309. Беспалова Л. А., Пузырная О. Ю., Керимов В. Р., Новиков А. В. Безостая 1 в адаптации короткостебельных сортов озимой мягкой пшеницы. Сборник материалов международной конференции. Краснодар, 2005. С. 76-84.
310. Бражко О. А., Омелянчик Л. О., Завгородній М. П., Мартиновський О. О. Хімія та біологічна активність 2(4)-тіохінолінів і 9-тіоакридинів : монографія. Запоріжжя: ЗНУ, 2012. 236 с.
311. Omelyanchik L.O., Brazhko O.A., Labenska I.B., Petrusha Yu.Yu. Biological activity and physicochemical properties N-acid derivatives S-(2-methylquinolin-4-yl)-L-cysteine: monograph. Zaporizhzhia: ZNU, 2018. 210 p.

312. Дерев'янку Н.П., Бражко О.А., Завгородній М.П., Васильєва Т.М. Ефективність та безпечність використання нових стимуляторів росту рослин, створених на основі похідних гетерилкарбонових кислот *Агроекологічний журнал*. Київ. 2016 р. №3. С. 100 – 104.
313. Дерев'янку Н.П. Розвиток кореневої системи квітів під впливом регуляторів росту виготовлених на основі гетерилкарбонових кислот. *Збірник наукових праць Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва «Вісник ХНАУ», Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. Харків. 4/19. с. 51-56.
314. Висоцька Н.Ю., Золотих І.В. Особливості мікроклонального розмноження цінних генотипів роду *Populus L.* *In vitro Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 2019, vol 18, 67-75.
315. Zavorodnii M., Derevianko N., Shkopynska T., Kornet M., Brazhko O. Influence of derivatives of 2-((6-R-quinolin-4-yl))acetic acid on rhizogenesis of Paulownia clones. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 13(3),213-218. doi:10.15421/022227.
316. Калінін Ф.Л. Б Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ: Наукова думка. 1984. 316 с.
317. Агакишев Д. Регуляторы роста и развития растений. Москва: Наука, 1981. С 219-220.
318. Корнет М.М. Рістрегуляторна активність 4-тіопохідних хіноліну / М.М. Корнет, О.А.Бражко, Г.Ф. Дударєва // III Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 25-річчю біологічного факультету: Сучасні проблеми біології, екології та хімії, 11-13 травня 2012 року, Запоріжжя. С. 320.
319. Петруша Ю.Ю. Пошук ростостимуляторів сільськогосподарських культур серед S-гетерилзаміщених природних амінокислот / Ю.Ю. Петруша, Л.О. Омелянчик, О.А. Бражко, М.П. Завгородній // *Матеріали міждун. научн. конф. «Биологически активные вещества и материалы: фундаментальные и прикладные вопросы получения и применения»*, Новый Свет, Крым, 2013. Т.1. С.235-236.
320. Патент України № 67852, МПК C07C 323/58, C07D 213/00. Дигідрохлорид S-(піридин-4-іл)-L-цистеїну, що має ростостимулюючу активність / Петруша Ю.Ю., Омелянчик Л.О., Бражко О.А., Завгородній М.П.; заявник і патентовласник ЗНУ; Заявл. 18.07.11; Опубл. 12.03.12 – Бюл. № 5.
321. Патент України № 67848, МПК A01N43/00, A01N31/00. Спосіб стимуляції пророщування насіння огірків / Петруша Ю.Ю., Омелянчик Л.О., Бражко О.А., Завгородній М.П.; заявник і патентовласник ЗНУ; заявл. 04.07.11; Опубл. 12.03.12 – Бюл. № 5.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

322. Патент України № 100654, МПК C07D213/16; C07C55/10; C07C153/01. Динатрієва сіль 2-(піридин-4-ілтіо)бурштинової кислоти, що має антиоксидантну, антигіпоксичну, антидепресивну та ноотропну активність / Петруша Ю.Ю., Омелянчик Л.О., Беленічев І.Ф.; заявник і патентовласник ЗНУ; Заявл. 20.03.2012; Опубл. 10.01.2013. Бюл. № 17. 11 с.
323. Лабенська І. Б. Бурштинова кислота – потенційний фармакофор при моделюванні нових біорегуляторів на основі азотовмісних гетероциклів. Фармакологія та лікарська токсикологія. 2016. № 2 (48). С. 3-13.
324. Корнет М.М. Біологічна активність похідних S-(хінолін-4-іл)-L-цистеїну та їх структурних аналогів: дис. канд. біол. наук: 02.00.10 / Нац. акад. наук України, Ін-т біоорган. хімії та нафтохімії. Київ, 2012. 220 с.
325. Brazhko O. O. The biological activity of 4-thioquinolines (Review). Вісник Запорізького національного університету. Запоріжжя, 2014. № 2. С. 225–236.
326. Химия и биологическая активность синтетических и природных соединений. Азотистые гетероциклы и алкалоиды / под ред. В. Г. Карцева, Г. А. Толстикова. Москва : Иридиум-пресс, 2001. Т. 1. 602 с.
327. Синтез, фізико-хімічні властивості та біологічна активність N- та S-заміщених шестичленних азотовмісних гетероциклів : монографія / Л. О. Омелянчик та ін. Запоріжжя: ЗНУ, 2015. 226 с.
328. B. S. Matadaa, R. Pattanashettarb, N. G. Yernale. A comprehensive review on the biological interest of quinoline and its derivatives. *Bioorganic Medicinal Chemistry*, Volume 32, 15. 2021.
329. Plant roots: their growth, activity, and interaction with soils / Peter J. Gregory. – Blackwell Publishing Ltd., 2006. – 340 p.
330. Zavorodnii M., Derevianko N., Shkopynska T., Kornet M., Brazhko O. Influence of 3-((6-R-quinolin-4-yl)thio)propanoic acid derivatives on rhizogenesis of pink rose clones (*Rosa Damascena* Mill.). *Jornal of Chemistry and Technologies*, 2022, 30(4), P 502-512.
331. Brazhko O. A., Zavorodniiy M. P. Synthesis and biological activity of derivatives (2-methyl(phenyl)-6-r-quinolin-4-yl-sulphanyl) carboxylic acid. *Science Review*. 2017. Vol. 7(7). P. 8-16
332. Brazhko, O. A., Zavorodniiy, M. P. Modern aspects of creating of drugs based QuS-program development. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2018. 55 с
333. Brazhko, O., Gencheva V., Kornet M., Zavorodniiy, M. Modern aspects of drugs creation based on QuS-program development. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2020. 63 p

334. Zavgorodniy M. P., Brazhko A. A., Veselkov A. V. QuS: A Software for Automated QSAR analysis of Biologically Active Compounds. Chemistry of Nitrogen Containing Heterocycles, CNCH-2015: VII Intern. Conf., 9-13 November, 2015. Book Abstr. Kharkiv : Ekskluziv Publ., 2015. P. 26.
335. Бражко О.А. L – цистеїн – синтон для створення біологічно активних речовин. Актуальні питання біології, екології та хімії: Електор. наук. вид. 2009. Т. 1, № 1. С. 4 – 15.
336. Bergmann, B.A., Whetten, R. In vitro rooting and early greenhouse growth of micropropagated Paulownia elongata shoots. *New Forests* 15, 127–138 1998.
337. Murashige T., Scoog F. A revised medium for rapid, growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. plantarum*. 1962. V.15. N.3. P. 473
338. Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А., Філіпова Л.М. Мікроклональне розмноження окремих видів рослин (протоколи технологій) Науково-практичний посібник. Біла Церква: БНАУ, 2019. 84 с.
339. Клейн Р. М., Клейн Д. Т. Методы исследования растений. Москва : Колос, 1974. 527 с.
340. Бражко О. А. Біологічно активні похідні хіноліну та акридину з азото- та сірковмісними функціональними групами: дис... д-ра біол. наук : 02.00.10 / Ін-т біоорг. хімії та нафтохімії НАН України. Київ, 2005. 456 с.
341. Derevianko, N. P, Brazhko, O. A, Zavgorodniy, M. P, Vasilieva, T. M. Efficiency and safety of new plant growth stimulants based on heterocarboxylic acid derivatives. *Agroecological journal*, 2016, № 3, 100-104. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2016.248874>
342. Бражко О. А., Уліщенко Є. О., Корнет М. М. та ін. Біорегулятори на основі N,S-похідних L-цистеїну. *Вісник ЗНУ. Серія : Біологічні науки*. 2011. № 1. С. 123-132.
343. Суйков С. Ю., Бондаренко А. В., Луцик О. І. Коефіцієнти розподілу октанол–вода малорозчинних у воді сполук. *Фармацевтичний журнал*. 2001. № 6. С. 66–71.
344. Yakovleva-Nosar, S. O., Derevyanko, N. P., Yevlash, A. S., Brazhko, O. A., Zavhorodnii, M. P., Tkach, V. V., Yagodynets, P. I. A search of the efficient s-hetarylsuccinate landscape design plant growth stimulators. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2022, 12 (1), 465–469. DOI: 10.33263/BRIAC121.465469
345. Антипенко Л. М. та ін. Дослідження рістрегулюючої активності ([1,2,4]триазоло[1,5-с]-хіназолін-2-ілсульфаніл)карбонових кислот та естерів. *Акт. проблеми та перспективи розвитку природничих наук всеукр. : наук.-практ. конф. студентів, аспірантів 184 та молодих учених, 28 травня 2010 р. : тези доп. Запоріжжя : ЗНУ, 2010. С. 128-130.*
346. Иванов В. Б. Клеточные основы роста растений Москва: Наука, 1982. 185 с.

347. Бессонова В. П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ :РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
348. Кучерявий В. С. Туя західна та її декоративні форми в озелененні м. Львова: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.01. Львів, 2015. 241 л.
349. Бойко Т., Азарова А., Теленга К. Обґрунтування асортименту декоративних рослин для створення зимового саду в Херсонському державному аграрно-економічному університеті. – 2020.
350. Цитрус. <https://www.wiki-data.uk-ua.nina.az/%D0%A6%D0%B8%D1%82%D1%80%D1%83%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%96.html>
351. Омелянова В.Ю., Котовська Ю.С. Особливості озеленення офісних приміщень Матеріали II-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Наукові читання імені В.М. Виноградова».
352. Дементьева О., Луценко В. Особливості озеленення інтер'єрів загальноосвітніх навчальних закладів //The 6th International scientific and practical conference “European scientific discussions”(April 25-27, 2021) Potere della ragione Editore, Rome, Italy. 2021. 545 p. – 2021. – С. 248.
353. Особистий досвід: як розмножити зеленими живцями трудноукореняємих рослин <https://cash-flow.com.ua/osobistij-dosvid-yak-rozmnozhati-zelenimi-zhivcyami-trudnoukorenyaemix-roslini/>
354. Бойко Т., Бойко П. Аналіз деревних рослин паркових насаджень міста Херсон. – 2021.
355. Омелянова В., Котовська Ю. Використання реліктових рослин для озеленення територій : дис. – ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 2020.
356. Mostafa M.M., Ali E., Gamal M., Farag M.A. How do coffee substitutes compare to coffee? A comprehensive review of its quality characteristics, sensory characters, phytochemicals, health benefits and safety. Food Bioscience. 2021. 43. 101290.
357. Samsonowicz M., Regulska E., Karpowicz D., Leśniewska B. Antioxidant properties of coffee substitutes rich in polyphenols and minerals. Food Chemistry. 2019. 278. pp. 101–109.
358. Švarc-Gajić J., Cvetanović A., Segura-Carretero A., Mašković P., Jakšić A. Functional coffee substitute prepared from ginger by subcritical water. The Journal of Supercritical Fluids. 2017. 128. pp. 32–38.

359. Кузьмін О.В., Польовик В.В., Березова Г.О., Грушевська І.О. Дослідження антиоксидантної здатності настоїв із кавозамінників. Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої до 70-річчя з дня народження професора В.Ф. Доценка, м. Київ, 17 травня 2022 р. / НУХТ. Київ, 2022. С. 59.
360. Композиція інгредієнтів для приготування обробних напівфабрикатів у кондитерському виробництві : пат. 121752 Україна : МПК (2017.01) A21D 13/00. №u201707196; заяв. 10.07.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23.
361. Priluckij V.I. Okislitel'no-vosstanovitel'nyj potencial dlja harakteristiki protivokislitel'noj aktivnosti razlichnyh napitkov i vitaminnyh komponentov, Jelektrohim. aktivacija v medicine, sel. hozjajstve, prom-sti: I Mezhdunar. Simpozium. 1997.
362. Kuzmin O., Kucherenko V., Sylka I., Isaienko V., Furmanova Y., Pavliuchenko E., Hubenia V. Antioxidant capacity of alcoholic beverages based on infusions from non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials. *Ukrainian Food Journal*. 2020. 9(2). pp. 404–424.
363. Kuzmin O., Kucherenko V., Stukalska N., Kuts A., Oliynyk S., Rakhmetov D. Antioxidant ability of alcoholic infusions from vegetable raw materials. *Ukrainian Food Journal*. 2020. 9(4). 795–808.
364. Kuzmin O., Stukalska N., Mykhonik L., Koval O., Polyovyk V., Berezova G. Antioxidant characteristics of tea-herbal compositions. *Ukrainian Food Journal*. 2021. 10(4). pp. 807–827.
365. Bekhit A.E.A., Cheng V.J., McConnell M., Zhao J.H., Sedcole R., Harrison R. Antioxidant activities, sensory and anti-influenza activity of grape skin tea infusion. *Food Chemistry*. 2011. 129(3). pp. 837–845.
366. Pérez-Burillo S., Giménez R., Rufián-Henares J.A., Pastoriza S. Effect of brewing time and temperature on antioxidant capacity and phenols of white tea: Relationship with sensory properties. *Food Chemistry*. 2018. 248. pp. 111–118.
367. Somasundaram R., Choraria A., George S.M., Narayanaswamy K., Vasudevan K., Antonysamy M., Zhang X. A preliminary pilot scale analysis of anti-cariogenic activity of green tea powder extract flavoured with Ginger, Cloves and Mint against clinical oral pathogens. 2019. *Clinical Nutrition Experimental*. 24. pp. 66–71.
368. Chen D., Chen G, Sun Y, Zeng X., Ye H. Physiological genetics, chemical composition, health benefits and toxicology of tea (*Camellia sinensis* L.) flower: A review. *Food Research International*. 2020. 137. 109584.
369. Debnath-Canning M., Unruh S., Vyas P., Daneshtalab N., Igamberdiev A.U., Weber J.T. Fruits and leaves from wild blueberry plants contain diverse polyphenols and decrease neuroinflammatory responses in microglia. *Journal of Functional Foods*. 2020. 68. 103906.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

370. Niemirich A., Petrusha O., Yasyuchenko A., Drozd D. Research of reducing and emulsifying abilities of vegetable and fruit powder. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. 3/10 (75). pp. 26–30.
371. Niemirich A., Tarasenko T., Petrusha O., Vasheka O., Havrysh A., Zayets V. Effect of vegetable powder on the properties of pancake batter and semifinished products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. 2/10 (74). pp. 45–49.
372. Niemirich A., Petrusha O., Vasheka O., Trofymchuk L., Myndrul N. Exploring the color of plant powders using computer colorimetry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. 4/11 (82). pp. 15–20.
373. Niemirich O., Pogozhich M., Petrusha O., Havrysh A., Vasheka O. Restoring and emulsifying properties of the dried meat semi-finished product. *Ukrainian Food Journal*. 2017. 6(2). pp. 302–314.
374. Dainelli D., Gontard N., Spyropoulos D., Zondervan-van den Beuken E., Tobback P. Active and intelligent food packaging: Legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*. 2008. 19(1). pp. S103– S112.
375. Mujumdar A.S., Law C.L. *Drying Technology: Trends and Applications in Postharvest Processing*. Food and Bioprocess Technology. 2010. 3. pp. 843–852.
376. Mayor L., Sereno A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering*. 2004. 61(3). pp. 373–386.
377. Swasdisevi T., Devahastin S., Sa-Adchom P., Soponronnarit S. Mathematical modeling of combined far-infrared and vacuum drying banana slice. *Journal of Food Engineering*. 2009. 92(1). pp. 100–106.
378. Tülek Z., Alaşalvar H., Başığit B., Berktaş S., Salum P., Erbay Z., Telci I., Çam M. Extraction optimization and microencapsulation of phenolic antioxidant compounds from lemon balm (*Melissa officinalis* L.): Instant soluble tea production. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. 45(1). e14995.
379. Kuzmin O., Kucherenko V., Sylka I., Isaienko V., Furmanova Y., Pavliuchenko E., Hubenia V. Antioxidant capacity of alcoholic beverages based on infusions from non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials. *Ukrainian Food Journal*. 2020. 9 (2). pp. 404–424.
380. Chidan Kumar C.S., Mythily R., Venkatachalapathy R., Chandraju S. Bio-mimic conversion of Maida (polysaccharides) to reducing sugars by acid hydrolysis and its estimation using standard methods. *International Food Research Journal*. 2014. 21. pp. 523–526.
381. Karayannis M.I. Kinetic determination of ascorbic acid by the 2,6-dichlorophenolindophenol reaction with a stopped-flow technique. *Analytica Chimica Acta*. 1975. 76(1). pp. 121–130.

382. Kuzmin O., Stukalska N., Mykhonik L., Koval O., Polyovyk V., Berezova G. Antioxidant characteristics of tea-herbal compositions. *Ukrainian Food Journal*. 2021. 10(4). pp. 807–827.
383. Khareba O., Kuzmin O., Khareba O., Marynchenko V., Karputina M., Koretska I. Antioxidant characteristics of non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials for restaurant technology. *Ukrainian Food Journal*. 2021. 10(2). pp. 301–320.
384. Ruan J., Cai Q., Jin S. Impact of COVID-19 and Nationwide Lockdowns on Vegetable Prices: Evidence from Wholesale Markets in China. *American Journal of Agricultural Economics*. 2021. 103. pp. 1574–1594.
385. Pavlyuk R., Pogarskaya V., Cherevko O., Pavliuk V., Radchenko L., Dudnyk E., Radchenko A., Kolomiets T. Studying the complex of biologically active substances in spicy vegetables and designing the nanotechnologies for cryosupplements and nanoproducts with health benefits. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 4/11(94). pp. 6–14.
386. Ватренко, О.В. Герметизація скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровский, О.К. Гладушняк // Упаковка. – 2003. – №3. – С. 28-29.
387. Ватренко, О.В. Етапи зміни навантажень в гвинтових затворах скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровский // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2004. – Вип. 27. – С. 189-192.
388. Ватренко, О.В. Механічна подібність нарізних затворів скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко // Упаковка. – 2005. – №3. – С. 28-30.
389. Ватренко, О.В. Силові параметри процесу закупорювання скляної тари типу ІІІ [Текст] / О.В. Ватренко // Холодильна техніка і технологія. – 2007. – №6. – С. 40-43.
390. Руководство по обработке крышек Твист-офф [Текст]: [пер. с нем.] / Silgan White Cap. – Hannover, 2006. – 42с.
391. Как измерить свойства укупорочьх средств? [Текст] / Упаковка. – 2011. – №3. – С. 60-62.
392. Крагельский, И.В. Коэффициенты трения [Текст]: справ. пособие / И.В. Крагельский, И.Э. Виноградова. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. лит., 1955. – 188с.
393. Крагельский, И.В. Узлы трения машин [Текст]: справочник / И.В. Крагельский, Н.М. Михин. – М.: Машиностроение, 1984. – 280с.
394. Ватренко, О.В. Методики визначення коефіцієнтів тертя при закупорюванні скляної тари гвинтовим способом [Текст] / – О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровский, О.К. Гладушняк // Наук. пр. ОНАХТ. – О., 2003. – Вип. 26. – С. 237-242.

395. Ватренко, О.В. Коефіцієнти тертя при закупорюванні скляної тари пасовими робочими органами [Текст] / О. В. Ватренко // Вібрації в техніці і технологіях. – 2004. – №2. – С. 21-24.
396. Ватренко, О.В. Коефіцієнти тертя при закупорювання скляної тари гвинтовим способом [Текст] / – О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровский // Упаковка. – 2006. – №5. – С. 88-40.
397. Вольмир, А.С. Гибкие пластинки и оболочки [Текст] / А.С. Вольмир. – М.: Изд-во технико-теоретической лит., 1956. – 419с.
398. Котельников, А.Ф. Исследование условий изготовления и применения крышек из тончайшей жести для стеклянной консервной тары [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.14: защищена 27.04.73: / Котельников А.Ф. – О., 1973. – 157с.
399. Ватренко, О.В. Дослідження стійкості поля кришок типу III [Текст] / О.В. Ватренко // Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. пр. / ДонНУЕТ. – Донецьк, 2009. – Вип. 20. – С. 11-17.
400. Ватренко, О.В. Перевірка стійкості поля кришок типу III-82 [Текст] / О.В. Ватренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / ХДУХТ. – Х. 2009. – Вип. 9. – С. 313-318.
401. Тимошенко, С.П. Пластинки и оболочки [Текст] / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер; пер. с англ. – М.: Наука, 1966. – 635с.
402. Вольмир, А.С. Гибкие пластинки и оболочки / А.С. Вольмир. – М.: Изд-во технико-теоретической лит., 1956. – 419с.
403. P. Frank Pai. (April 2007) Total-Lagrangian Formulation and Finite-Element Analysis of Highly Flexible Plates and Shells. Mathematics and Mechanics of Solids, vol. 12, no. 2, 213-250.
404. Ватренко, О.В. Перевірка стійкості поля кришок типу III-82 / О.В. Ватренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / ХДУХТ. – Х. 2009. – Вип. 9. – С. 313-318.
405. Ватренко, О.В. Мембрани кришок консервної скляної тари (обґрунтування їх роботи) / О.В. Ватренко // Упаковка. – 2014. – № 6. – С. 26-29.
406. Vatrenko O. (2014), Membrany kryshok konservnoi sklianoi tary, Upravka, 6, pp. 26-29.
407. Schiester S. (2018), A new twist, Compact steel, 01, p. 22.
408. Ugural A. (2018), Plates and shells: theory and analysis, fourth edition, CRC Press, Taylor & Fransis group, London, New York.
409. Szilard R. (2004), Theories and application of plate analysis: Classical, Numerical and Engineering Methods, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

410. Aleksandrov A., Potapov V. (1990), *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti*, Vysshaia shkola, Moscow.
411. Reddy J. (2007), *Theory and analysis of elastic plates and shells*, second edition, CRC Press, Taylor & Francis group, London, New York.
412. Ventsel E., Krauthammer T. (2001), *Thin plates and shells: Theory, analysis and applications*, Marcel Dekker, Inc., New York, Basel.
413. Ugural A., Fenster S. (2012), *Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity*, 5th ed. Prentice-hall, Upper Saddle River, NJ.
414. Bradford M., Roufegarinejad A., Vrcelj Z. (2006), Elastic buckling of thin-walled circular tubes containing an elastic infill, *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 6(4), pp. 457–474.
415. Volmir A. (1956), *Gibkie plastinki i obolochki*, Izdatelstvo tekhniko-teoreticheskoi literatury, Moscow.
416. Timoshenko S., Voinovskii-Kriger S. (1966), *Plastinki i obolochki*, Nauka, Moskva.
417. Frank Pai P. (April 2007) Total-Lagrangian Formulation and Finite-Element Analysis of Highly Flexible Plates and Shells. *Mathematics and Mechanics of Socaps*, 12(2), pp. 213–250.
418. Vatenko O. (2015), Modeliuvannia roboty membran vakuumnykh kryshok: progyn, tovshchyna, *Naukovi pratsi ONAKT*, 48, pp. 150–154.
419. Eros B. Vieira, Wesley F. Busch, Lizandro S. Santos (2018), Application of Scilab/Xcos for process control applied to chemical engineering educational projects, *Computer Applications in Engineering Education*, 27(1), pp. 154–165.
420. Borutzky W. (2009), *Bond Graph Methodology*, Springer, London.
421. Ishlinskii L. (1985), *Mekhanika. Idei, zadachi, prilozheniia*, Vysshaia shkola, Moscow.
422. (2006), *Rukovodstvo po obrabotke kryshek Twist-off*, Silgan White Cap, Hannover.
423. Почукалін А. Є., Резнікова Ю. М., Прийма С. В., Різун О. В. Селекційне надбання м'ясного скотарства України: знам'янський внутрішньопородний тип поліської м'ясної породи // Розведення і генетика тварин. – 2016. - Вип. 52. - С. 94-108.
424. Vdovychenko, Yu. V., and L. V. Shpak. 2012. Polis'ka m"yasna poroda velykoyi rohatoyi khudoby ta yiyi znam"yans'kyu vnutrishn'oporodnyy typ – Polissian meat cattle breed and interbreed type of Znamensky // *Visnyk aharnoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science*. - 2012. - Volume 9. – P. 30–33.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING
AND AGRICULTURE

425. Гончарова І.І. Відтворні та фізіологічні показники телиць м'ясних порід в умовах степової зони України // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2013, - Вип. №3. - С.106-110.
426. Чумаченко І. П., Маньковський А. Я., Коропець Л. А., Антонюк Т. А. Ефективність використання первісток української чорно-рябої молочної породи, вирощених за різних технологій у молочний період // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014. –Вип. 2/2 (25), -С. 64-67.
427. Гончарова І.І. Формування екстер'єру телиць м'ясних порід при різних рівнях годівлі // Аграрна наука та харчові технології. - 2017. -№2 (96). – С-17-22.
428. Кузів М. І., Федорович Є. І. Залежність молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи від живої маси в період їх вирощування // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014. –Вип. 2/2 (25), -С. 68-72.
429. Ugnivenko A. A prospect of development of the beef cattle breeding in Ukraine // Biological Resources and Nature Management. - 2013. - 5, № 5-6. - P. 76-84.
430. Foksha V., Konstandoglo A., Akbash I., Kurulyuk V. Study on productivity of cows of holstein breed in the dynamics of lactation and correlation between the main economically useful features // Scientific papers. Series D. Animal science. – 2021. - Volume LXIV, No. 2. – P. 45-51
431. Poghosyan D. Comparative characteristics of the growth rate in traditional and feeding calves for beef technologies // Scientific papers. Series D. Animal science. – 2021. - Volume LXIV, No. 2. – P. 281-287.
432. Amerkhanov H., Kayumov F. Znachenie sovremennykh porod myasnogo skota v proizvodstve govyadiny // Bulletin of beef cattle breeding. - 2011. –Volume 4, -P. -19-24.
433. Dunin I.M. Prospects for the development of meat cattle breeding in Russia in modern conditions // Dairy and beef cattle breeding. - 2014. - Volume 5. –P. - 2-5.
434. Galochkina V.P., Agafonova A.V., Lazarenko V.P. Raising dairy bulls for meat using highly concentrated rations in the transition period and during fattening // Problems of Biology of Productive. – 2013. – Animals. – Volume 4. –P. 74-83.
435. Kharitonov E.L., Agafonov A.V. Efficiency of the use of nutrients in feed for bulls of dairy and meat breeds // Sat. proceedings of the conference "Modern problems of veterinary medicine, zootechnology and biotechnology.- 2015. - P. 141-143.
436. Shevkhuzhev A.F., Smakuev D.R. Theeffectiveness of growing and fattening calves of the Simmental and Aberdeen Angus breeds using different technologies // Dairy and beef cattle breeding, - 2015. Volume 1. –С. 22-24.
437. Tikhomirova G.S., Logvinova T.I., Tikhomirov I.A. (2014). Sources of increasing beef production // Sat. scientific. Proceedings of VNIIOK. – 2014. - Volume 7. - P 276-278.